
Manufatura ágil e customização em massa: conceitos, semelhanças e diferenças

Moacir Godinho Filho
Flavio César Faria Fernandes

RESUMO

O presente artigo trata de dois importantes e modernos Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEM): a Manufatura Ágil (MA) e a Customização em Massa (CM). Por meio de uma completa revisão bibliográfica foram identificados e estruturados os principais elementos desses paradigmas: direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos estratégicos da produção relacionados. A partir de tal estruturação, pôde-se estabelecer as principais semelhanças e diferenças entre a MA e a CM, uma vez que esses dois paradigmas são normalmente confundidos na literatura. Os resultados do trabalho mostram que a MA e a CM não são paradigmas voltados a todos os tipos de empresas e apresentam diferenças com relação a três fatores: o mercado para o qual cada um é projetado; os princípios e capacitadores exclusivos de cada um desses paradigmas; e os *outputs* a serem obtidos com esses paradigmas. As principais contribuições deste trabalho são: aumentar o entendimento e a divulgação desses dois paradigmas, uma vez que a literatura brasileira de gestão da produção ainda não contempla tais assuntos em profundidade; tratar com profundidade a questão das semelhanças e diferenças entre a MA e a CM, relacionamento não encontrado na literatura; e servir de base para a escolha e a aplicação prática da MA e da CM em ambientes empresariais.

Palavras-chave: manufatura ágil, customização em massa, revisão bibliográfica.

1. INTRODUÇÃO

A Manufatura Ágil (MA) e a Customização em Massa (CM) são dois dos mais importantes e recentes Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEM) encontrados na moderna literatura de gestão. Para De Vor, Graves e Mills (1997), a MA é entendida nos Estados Unidos como sendo capaz de restabelecer a liderança americana na manufatura. Para Wentz (1999), a CM é uma realidade: empresas que estão adotando esse paradigma estão alcançando

Recebido em 11/agosto/2004
Aprovado em 08/agosto/2005

Moacir Godinho Filho, Doutor e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas, é Professor Adjunto Nível I do Departamento de Engenharia de Produção da UFSCar (CEP 13565-905 — São Carlos/SP, Brasil). E-mail: moacir@dep.ufscar.br
Endereço:
Universidade Federal de São Carlos
Departamento de Engenharia de Produção
Programa de Pós-Graduação
Rodovia Washington Luís, Km 235
13565-905 — São Carlos — SP

Flavio César Faria Fernandes, Pós-Doutor em PCP pela The University of Nottingham, Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Mestre em Engenharia de Produção pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, é Professor Adjunto Nível IV do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (CEP 13565-905 — São Carlos/SP, Brasil). E-mail: dfcf@power.ufscar.br

resultados impressionantes. Ainda não existe um trabalho que mapeie e analise as diferenças e semelhanças entre a MA e a CM, por isso preencher essa lacuna é a maior contribuição deste artigo. Na literatura internacional existem apenas sugestões de relacionamentos entre a MA e a CM. Essas sugestões podem ser resumidas em duas vertentes. A primeira delas, representada por autores da CM, como Da Silveira, Borenstain e Fogliato (2001), dentre outros, sugere que a MA é um capacitador da CM, ou seja, a CM abrange a MA. Já uma segunda vertente entende que a CM é somente um dos aspectos da MA, ou seja, a MA engloba a CM. Essa segunda vertente é representada por autores como Goranson (1999) e Manthou e Vlachopoulou (2001), dentre outros.

No presente trabalho, tem-se por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica completa e, principalmente, analisar comparativamente a MA e a CM. Essa comparação dar-se-á à luz dos quatro elementos-chave que todo moderno paradigma de gestão da manufatura apresenta, como proposto na tese que originou este artigo (GODINHO FILHO, 2004). Esses elementos-chave são: direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos de desempenho relacionados. Tal análise comparativa consegue apresentar o que a literatura mostra atualmente sobre esses dois importantes paradigmas e serve de base para a escolha de qual é o mais adequado a determinada empresa/situação, tornando-se, portanto, um instrumento em prol da aplicabilidade da MA e da CM nas empresas.

Na seção 2 deste artigo, apresenta-se a MA, seu conceito e seus elementos-chave; na seção 3, o conceito e os elementos-chave da CM; na seção 4 são discutidas as semelhanças e diferenças entre esses dois paradigmas. Na seção 5, são tecidas algumas conclusões.

2. A MANUFATURA ÁGIL

2.1. O conceito da manufatura ágil

O termo MA surgiu e foi popularizado em 1991 por um grupo de professores do Instituto Iaccoca da Universidade de Lehigh, nos Estados Unidos, que publicou naquele mesmo ano um relatório (GOLDMAN *et al.*, 1991), envolvendo mais de 150 executivos industriais e descrevendo como a competitividade americana se desenvolveria nos próximos 15 anos. Esse relatório tornou-se logo foco central de estudos na manufatura, pois mostrava que um novo ambiente de manufatura estava surgindo. Esse novo ambiente caracteriza-se pela incerteza e por mudanças constantes. Para Bunce e Gould (1996), os negócios do século 21 terão de superar os desafios de consumidores que buscam produtos de alta qualidade e baixo custo, além de resposta rápida a suas necessidades específicas e em constante transformação. De acordo com Gunasekaran (1999), a MA está exatamente relacionada a novas maneiras de gerenciar as empresas para enfrentar tais desafios.

Existem muitos conceitos de diversos autores sobre MA. Inicialmente esses autores acreditavam que a medida de

desempenho da agilidade era a velocidade de adaptação da manufatura às mudanças do ambiente. Porém isso não é o suficiente para garantir a competitividade, uma vez que significaria um paradigma reativo. Essa opinião é sustentada por diversos autores, dentre eles De Vor, Graves e Mills (1997) e Goldman, Nagel e Preiss (1995). Estes últimos sugerem que empresas ágeis de sucesso são aquelas que conscientemente usam o estado de mudança como uma maneira de serem lucrativas. Essa proatividade é defendida por diversos autores, como Guttman e Graves (1995), De Vor, Graves e Mills (1997) e Sharifi e Zhang (1999). Nas palavras de Sharifi e Zhang (1999, p.9), “[...] agilidade é a habilidade de lidar com mudanças inesperadas, de sobreviver em um ambiente de negócios com ameaças sem precedentes e de tirar vantagens destas mudanças [...]”. Para Da Silveira, Borenstain e Fogliato (2001), o que caracteriza a MA é o comportamento proativo.

Como salientado anteriormente (com base em GODINHO FILHO, 2004), os modernos paradigmas de gestão da manufatura apresentam em comum quatro elementos-chave: os direcionadores, os princípios, os capacitadores e os objetivos estratégicos relacionados. A partir de uma revisão bibliográfica a respeito do tema, são detalhados a seguir cada um desses elementos dentro da MA.

2.2. Os direcionadores da manufatura ágil

Os direcionadores são as condições do mercado que possibilitam, requerem ou facilitam a implantação de determinado paradigma. Para Yusuf, Sarhadi e Gunasekaran (1999), a principal força que leva à agilidade é a mudança. O número de mudanças e seus tipos é muito grande. Diferentes empresas com diferentes características e sob diferentes circunstâncias experimentam diferentes mudanças que são específicas e talvez únicas. Uma mudança que pode ser catastrófica para uma empresa, pode não ser tão ruim para outra, ou até mesmo pode representar uma oportunidade para essa mesma empresa em uma situação diferente. Porém, de acordo com Sharifi e Zhang (1999), existem certas características comuns nas mudanças que podem trazer conseqüências gerais para as empresas. Por essa razão, esses autores sugerem três tipos de classificação para as mudanças. A primeira delas está relacionada à área geral em que a mudança ocorre; a segunda refere-se a uma lista de mudanças como subitens das áreas gerais, as quais são enfrentadas em diferentes graus pelas empresas; a terceira classificação é feita a partir da maneira pela qual a mudança pode afetar a empresa. A MA auxilia a empresa a responder a todos esses tipos de mudanças e a explorá-los.

2.3. Os princípios da manufatura ágil

Vários autores tratam das características essenciais da MA. Para Yusuf, Sarhadi e Gunasekaran (1999), essas características são as seguintes:

- produtos de alta qualidade e altamente customizados (essa característica é também citada por GOLDMAN, NAGEL e PREISS, 1995; HILTON e GILL, 1994; e GOLDMAN e NAGEL, 1993);
- produtos e serviços com conteúdo de alto valor agregado e informativo (característica citada também por GOLDMAN, NAGEL e PREISS, 1995);
- mobilização das competências-chave (também citada em GOLDMAN e NAGEL, 1993);
- compromisso com assuntos sociais e ambientais (também enfatizada por GOLDMAN e NAGEL, 1993);
- síntese de diversas tecnologias (mencionada por BURGESS, 1994);
- resposta a mudanças e incertezas (enfatizada por GOLDMAN, NAGEL e PREISS, 1995);
- integração dentro da empresa e entre empresas (como também defende GORANSON, 1999).

Encontradas nas definições de diversos autores a respeito da MA, essas sete características podem ser resumidas em cinco princípios-chave, citados nos trabalhos de, entre outros, Gunasekaran (1998), Meade e Sarkis (1999), Pine (1993). São eles:

- cooperação para o aumento da competitividade;
- estratégia baseada no valor, a qual deve **enriquecer** o cliente;
- domínio das mudanças e incertezas;
- **alavancagem** do impacto das pessoas e informações;
- redução dos ciclos de vida dos processos e das empresas.

2.4. Os capacitadores (tecnologias, metodologias e ferramentas) da manufatura ágil

Capacitadores da MA são as estratégias, sistemas, tecnologias, metodologias e ferramentas que possibilitam à empresa tornar-se ágil. Para uma melhor compreensão, esses capacitadores são classificados com base em seu foco de atuação, utilizando uma classificação (quadro 1) proposta por Gunasekaran (1999). Esse sistema de classificação agrupa os capacitadores da MA, de acordo com o foco, em quatro categorias: estratégias, tecnologias, sistemas e pessoas. Os capacitadores propostos neste trabalho e mostrados a seguir são uma extensão daqueles citados por Gunasekaran (1999) e baseiam-se em uma completa revisão bibliográfica sobre MA.

2.4.1. Capacitadores com foco de atuação nas estratégias

Empresa virtual / manufatura virtual

Empresa virtual, conforme Goranson (1999), é uma agregação temporária de unidades menores e suas competências centrais e recursos associados, que se juntam para explorar alguma oportunidade de negócio e agem como se fossem uma única grande empresa. No entanto, como uma única empresa, muitas vezes não é capaz de responder prontamente às neces-

Quadro 1

Uma Classificação dos Capacitadores da MA

Classificação Principal: Foco de Atuação do Capacitador	Capacitadores
Estratégias	• Empresa virtual / manufatura virtual • Integração da cadeia de suprimentos • Gestão baseada em competências-chave • Engenharia Simultânea • Gestão baseada na incerteza e na mudança • Gestão baseada no conhecimento
Tecnologia	• <i>Hardware</i> — ferramentas e equipamentos • Tecnologia de Informação — computadores e <i>software</i>
Sistemas	• Sistemas de projeto • Sistemas de planejamento e controle • Integração de sistemas e gerenciamento de banco de dados
Pessoas	• Melhoria contínua • Comprometimento da alta gerência e <i>empowerment</i> • Pessoas multi habilitadas, flexíveis e com conhecimento • Trabalho em equipe e participação • Treinamento e educação contínua

Fonte: Adaptado de Gunasekaran (1999).

sidades do mercado; a empresa virtual trabalha a favor de sua agilidade. O assunto empresas virtuais dentro de um contexto ágil é considerado vital e imprescindível para a MA. De acordo com Gunneson (1996, *apud* RIIS e JOHANSEN, 2001), a agilidade envolve formação de parcerias virtuais para introduzir novos produtos no mercado de maneira antes considerada impossível. Bajgoric (2001), Putnik (2001), Weston, Harrison e West (2001) também tratam desse assunto. Já a manufatura virtual, de acordo com Shukla, Vazquez e Chen (1996), pode ser definida como uma área de pesquisa atual que visa integrar diversas tecnologias relacionadas à manufatura sob um **guarda-chuva** comum, usando tecnologia de realidade virtual (tecnologia que objetiva gerar a percepção de realidade em um ser humano, permitindo sua imersão e interação em um ambiente virtual, caracterizado por uma simulação computacional). Em outras palavras, manufatura virtual é o uso de modelos computacionais e simulações de processos de manufatura para ajudar no projeto e na produção de produtos. A MA necessita da

manufatura virtual para responder de forma mais rápida e eficaz à demanda do mercado (GUNASEKARAN, 1999).

Integração da cadeia de suprimentos

Para Gunasekaran (1999), um gerenciamento apropriado/integrado da cadeia de suprimentos e medidas de desempenho devem ser estabelecidos para melhorar a eficácia na integração da cadeia de suprimentos de uma MA. Sarkis e Talluri (2001) e Smirnov e Chandra (2001) tratam da cadeia de suprimentos dentro da MA.

Gestão baseada em competências-chave

Competências-chave são definidas por Prahalad e Hamel (1990) como o processo de aprendizagem coletivo focado no desenvolvimento e coordenação de uma ampla gama de habilidades e capacidades. Ainda de acordo com esses autores, elas são originadas do processo de aprendizagem corporativo, integração de diversas competências e correntes tecnológicas, organização do trabalho, dentre outros. Segundo Yusuf, Sarhadi e Gunasekaran (1999), para que as competências-chave sejam de importância estratégica e tragam benefícios de longo prazo para a empresa, precisam satisfazer três condições: devem fornecer subsídio para a empresa entrar em uma ampla diversidade de mercados; devem capacitar a empresa a **enriquecer** o cliente, satisfazendo-o plenamente; e, por último, devem ser de difícil cópia por empresas concorrentes.

Engenharia simultânea

Para Gunasekaran (1999), a agilidade na manufatura necessita que sejam formados times de desenvolvimento de produto e processos que incluam representantes de diversas áreas com diferentes competências, tais como: projeto, produção, qualidade, compras, *marketing* etc. Dentre os benefícios dessa abordagem, conhecida como Engenharia Simultânea, citam-se: redução do *time to market*, redução de custos, identificação de falhas em fases mais iniciais do projeto, maior integração entre as áreas, dentre outros (SLACK *et al.*, 1997).

Gestão baseada na incerteza e na mudança

A gestão do risco e da incerteza é o processo de transformação de uma empresa de uma cultura baseada em valores e práticas tradicionais para uma cultura baseada em novas crenças e idéias; portanto, esse modelo é um capacitador crucial na MA (SHARP, IRANI e DESAI, 1999).

Gestão baseada no conhecimento

Para Yusuf, Sarhadi e Gunasekaran (1999), a empresa voltada para o conhecimento admite que o conhecimento e a informação

são os verdadeiros diferenciais das empresas de sucesso. Vários autores trabalham com a gestão do conhecimento na MA, dentre eles Francis (2001) e Thie e Stokic (2001).

2.4.2. Tecnologia

A tecnologia desempenha um papel preponderante e crítico para o sucesso de uma empresa que deseja tornar-se uma MA, fornecendo-lhe flexibilidade e integração (RAO e NAHM, 2001). A tecnologia necessária à MA pode ser dividida em duas categorias — *hardware* e tecnologia e sistemas de informação.

Hardware (inclui os equipamentos e as ferramentas)

Para Gunasekaran (1999), a MA requer rápida troca na montagem de produtos. Isso só é possível com uma estrutura adequada de *hardware* (robôs, alimentadores de partes flexíveis, módulos de montagem, sistemas de inspeção visual automatizados, veículos guiados por computador, dentre outros).

Tecnologia e sistemas de informação (inclui computadores e software)

De acordo com Gunasekaran (1999), a tecnologia e os sistemas de informação devem ser empregados para uma efetiva integração dentro da MA (uma diferenciação entre tecnologia e sistemas de informação pode ser encontrada em GUERRA e ZHANG, 2001). Pode-se dividir a tecnologia e os sistemas de informação utilizados na MA, conforme o propósito a que se destinam, em:

- tecnologia e sistemas voltados ao projeto ágil: CAD, CAM, planejamento do processo auxiliado por computador (CAPP);
- tecnologias e sistemas voltados para a produção ágil: FMS, CIM (MANTHOU e VLACHOPOULOU, 2001, tratam do FMS e do CIM dentro da MA);
- tecnologias e sistemas voltados a comunicação e integração intra/entre empresas (principalmente dedicadas ao estabelecimento de parcerias virtuais): Internet (CHENG, PAN e HARRISON, 2000, apresentam uma abordagem de implementação de projeto e MA baseada na Internet), MRP, ERP, EDI (*Electronic Data Interchange*) e comércio eletrônico. Já outras modernas tecnologias ágeis podem destinar-se a mais de uma área da empresa, como a inteligência artificial (WANG, 2001, mostra como a inteligência artificial pode ser usada no planejamento e controle da produção e no projeto de empresas ágeis), *software* de realidade virtual, *software* baseados em programação orientada a objetos (utilizada nos trabalhos de DRAMAN *et al.*, 2001, e SONG e NAGI, 1997), multimídia (os trabalhos de McGAUGHEY, 2001, e GUNASEKARAN e LOVE, 1999, tratam desse as-

sunto). Outros autores que abordam tecnologia / sistemas de informação na MA são Chung e Chan (2001) e Rao e Nahm (2001).

2.4.3. Sistemas

Sistemas, para a MA, são compostos basicamente de sistemas de apoio à tomada de decisão, na maioria das vezes baseados em *software*, para as várias operações de planejamento e controle, incluindo projeto, produção e gerenciamento de dados e integração de sistemas. Esses sistemas são explicados a seguir.

Sistemas de projeto

Os capacitadores ligados aos sistemas de projeto são aqueles que suportam o objetivo de agilidade em projeto, ou seja, mudanças rápidas no projeto de novos produtos e sua chegada rápida ao mercado. Sharifi e Pawar (2001) tratam do desenvolvimento de novos produtos dentro da MA, propondo um modelo conceitual para o desenvolvimento de novos produtos em empresas ágeis. Vários são os sistemas e técnicas tratados na literatura que apóiam os sistemas de projeto ágeis: CAD/CAM, prototipagem rápida e QFD são alguns exemplos. A respeito de sistemas de apoio ao projeto para a MA, alguns trabalhos merecem destaque: Ginn, Zairi e Ahmed (2001), Jain e Jain (2001), Lee (1998), Feng e Zhang (1998) e Iyer e Nagi (1997).

Sistemas de planejamento e controle da produção (SPCP)

Para Gunasekaran (1999), os tradicionais SPCP não satisfazem a necessidade de planejamento e controle da produção de uma MA. Urgem, portanto, novos sistemas relacionados à MA. Dentre os autores que focam seus estudos em SPCP para a MA, destacam-se Draman *et al.* (2001), Hua e Banerjee (2001), Brennan (2001), Song (2001), Tu (1997) e Song e Nagi (1997).

Sistemas de gerenciamento de dados e de integração

Para Gunasekaran (1999, p.95), a MA impõe certas necessidades suplementares aos sistemas de informação usados para gerir a empresa. Em suas próprias palavras, “[...] além de satisfazer as necessidades tradicionais, os sistemas de informação de uma MA devem ser capazes de reconfigurar-se em um tempo muito rápido e de incluir partes de sistemas de informação de outras empresas, para o caso de uma empresa virtual [...]”. Alguns sistemas de suporte que possibilitam essa flexibilidade e integração são: ERP, EDI, Internet e comércio eletrônico. As integrações intra e entre empresas, bem como as ferramentas necessárias para tais integrações, são tratadas a fundo nos trabalhos de Vernadat (2001), Gonçalves e Garção (2001) e Weston e Hodgson (2001).

2.4.4. Pessoas

O fator humano, representado pelas pessoas, é importante para a MA e bastante citado em trabalhos sobre o assunto (PLONKA, 1997). Francis (2001) estuda a fundo o papel das pessoas na MA. Os principais fatores humanos a serem considerados para um ambiente de MA são: melhoria contínua; comprometimento da alta gerência e *empowerment*; utilização de pessoas multi habilitadas, flexíveis e com conhecimento; trabalho em equipe e participação; treinamento e educação contínua.

2.5. Os objetivos de desempenho relacionados à MA

Godinho Filho (2004) defende que a MA prioriza alguns objetivos de desempenho da manufatura. De acordo com esse autor, a MA tem como objetivo ganhador de pedidos a agilidade, ou seja, a capacidade de tratar ambientes inesperados e em constante mudanças. Esse objetivo é formado por quatro outros objetivos primários de desempenho da produção: adaptabilidade (a habilidade da equipe de projeto lançar novos produtos satisfazendo as necessidades dos consumidores ao longo do tempo); **ciberneticidade** (alto nível de utilização da tecnologia de informação); flexibilidade de longo prazo; e flexibilidade de curto prazo. Outros objetivos de desempenho da produção, como a velocidade, a pontualidade, a produtividade e a qualidade, são qualificadores dentro da MA, uma vez que existem *trade offs* entre esses objetivos e aqueles ganhadores de pedidos citados.

3. A CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

3.1. O conceito da customização em massa

O termo CM surgiu primeiramente em 1987 no famoso livro de Stanley Davis, *Future perfect*. A definição de CM está relacionada basicamente a dois fatores principais: fornecimento de produtos customizados aos clientes e preços não tão altos resultantes dessa customização. Esses elementos podem ser vistos na definição de vários autores:

- Segundo Da Silveira, Boresnstain e Fogliato (2001, p.1) “a CM é a habilidade de uma empresa fornecer aos clientes produtos e serviços customizados, em alto volume, a preços razoáveis, utilizando para isso uma altíssima flexibilidade nos processos”.
- Para Pine (1993), a CM significa fornecer variedade de produtos e serviços de tal forma que os clientes encontrem exatamente o que eles desejam a um preço razoável.

Assim como a MA, a CM também pode ser entendida por meio de seus quatro elementos-chave: direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos estratégicos da manufatura relacionados. Nas seções seguintes, esses aspectos serão discutidos com base em uma completa revisão bibliográfica sobre o assunto.

3.2. Os direcionadores da customização em massa

Na literatura sobre CM são identificados pelo menos três importantes direcionadores.

3.2.1. Clientes que desejam variedade e customização

Significa que, para que a CM possa ser implementada, existe a necessidade de uma demanda de clientes que desejem a customização e que estejam dispostos a pagar por ela. Segundo diversos autores (DA SILVEIRA, BORENSTAIN e FOGLIATO, 2001; KOTHA, 1996a; LAU, 1995; PINE, 1993; PINE, VICTOR e BOYTON, 1993), o sucesso da CM depende do balanceamento de dois fatores: quanto os clientes pagarão e esperarão por produtos e serviços customizados e a habilidade de a empresa produzir e entregar produtos customizados em tempo e preço aceitáveis.

3.2.2. A CM deve representar uma característica diferencial, como fonte de vantagens competitivas no mercado

Para autores como Da Silveira, Borenstain e Fogliato (2001) e Kotha (1995), para que a CM represente uma fonte de vantagens competitivas à empresa, o tempo de sua implementação em relação às outras empresas concorrentes é muito importante. Em outras palavras, a empresa deve ser a primeira, em determinado setor, a oferecer a customização; dessa forma, passa a ser reconhecidamente uma empresa voltada ao cliente e direcionada ao mercado.

3.2.3. Os produtos devem ser customizáveis

A possibilidade de implantação e o sucesso da CM estão relacionados à possibilidade de customização dos produtos produzidos pela empresa (DA SILVEIRA, BORENSTAIN e FOGLIATO, 2001; FEITZINGER e LEE, 1997).

3.3. Os princípios da customização em massa

3.3.1. Atender à demanda fragmentada para diferentes gostos e necessidades

Este é o mais importante princípio da CM para muitos autores (DA SILVEIRA, BORENSTAIN e FOGLIATO, 2001; WENTZ, 1999; PINE, 1993). Nas palavras de Pine (1993, p.44), “a empresa customizada deve oferecer os produtos e serviços com variedade e customização de tal forma que o cliente encontre exatamente o que ele deseja”.

3.3.2. Preços um pouco acima da média para compensar perda de eficiência

Devido ao alto grau de **customabilidade** oferecido aos clientes, um preço extra pode ser cobrado; porém, como bem

salienta Pine (1993), conforme a experiência nos processos aumenta, esse preço tende a ser cada vez menor.

3.3.3. Cadeia de suprimentos deve estar preparada para a CM

Todos os elementos da cadeia de suprimentos devem desejar e estar preparados para oferecer a customização. Por exemplo, para Feitzinger e Lee (1997) e Kotha (1996a), os fornecedores devem estar localizados próximos a seus clientes para entregar matérias-primas de forma eficiente. Além disso, é consenso entre diversos autores (DA SILVEIRA, BORENSTAIN e FOGLIATO, 2001; MAGRETTA, 1998; KOTHA, 1996a) a necessidade de integração entre os elementos da cadeia por meio de uma eficiente rede de informação.

3.3.4. O conhecimento deve ser compartilhado

O sucesso da CM depende da empresa saber transformar as necessidades dos clientes em produtos e serviços. Para isso as empresas devem possuir uma cultura que enfatize a criação de conhecimento e a sua disseminação ao longo da cadeia de valor (DA SILVEIRA, BORENSTAIN e FOGLIATO, 2001; KOTHA, 1996b; PINE, VICTOR e BOYTON, 1993).

3.3.5. Alta utilização de tecnologias para flexibilizar o processo e o projeto

A utilização de avançadas tecnologias de manufatura é fundamental para a CM.

3.3.6. Redução do ciclo de desenvolvimento de novos produtos e do ciclo de vida dos produtos

Este princípio é enfatizado por Pine (1993), para o qual a redução dos ciclos de desenvolvimento de novos produtos e no ciclo de vida dos produtos é fundamental para a CM, uma vez que as preferências do mercado mudam constantemente.

3.3.7. Participação do cliente ao longo das etapas do ciclo de vida dos produtos

O envolvimento do cliente nas etapas do ciclo de vida do produto é um princípio fundamental da CM (DURAY e MILLIGAN, 1999; DURAY *et al.*, 2000; DA SILVEIRA, BORENSTAIN e FOGLIATO, 2001). Existem diversos níveis de envolvimento do cliente e esse é um assunto bastante discutido na literatura sobre CM. Basicamente os autores tratam esses níveis de forma contínua, variando de um nível de customização pura para um de padronização pura, como nos trabalhos de Da Silveira, Borenstain e Fogliato (2001), Gilmore e Pine (1997), Lampel e Mintzberg (1996) e Spira (1996).

3.3.8. Utilização de módulos

A utilização de módulos-padrão é a chave para conseguir-se a CM (PINE, 1993; PINE, VICTOR e BOYTON, 1993). Os módulos fornecem os meios para a produção repetitiva de componentes, permitindo que partes do produto sejam produzidas em alto volume como módulos-padrão (baixos custos) e a customização seja atingida pela combinação ou modificação desses módulos (DURAY *et al.*, 2000).

3.4. Os capacitadores da customização em massa

Existe diversidade de capacitadores dentro da CM.

3.4.1. Ferramentas para uma eficiente gestão da cadeia de suprimentos

Da Silveira, Borenstain e Fogliato (2001), Feitzinger e Lee (1997), Eastwood (1996) e Lau (1995) propõem técnicas básicas para a melhoria da cadeia de suprimentos de tal forma que ela venha a fornecer a integração necessária para a CM. Algumas dessas técnicas correspondem ao desenvolvimento de uma rede de informações entre fornecedores e projeto de produtos inovadores com participação de fornecedores. Para Pine (1993), a cadeia de suprimentos na CM deve ser “integrada e desagregada” simultaneamente. Essa desagregação consiste em segmentar a manufatura e outras funções da empresa, fazendo com que sua cadeia de suprimentos se divida de acordo com nichos de mercado específicos, como se fossem “empresas próprias”.

3.4.2. Metodologias e tecnologias para direcionar o projeto e a fabricação conforme os requisitos dos clientes

Quanto às metodologias voltadas para a customização do projeto, há:

- “armazéns de projetos”, expressão proposta por Tseng e Jiao (1997) para identificar um banco de dados sobre projetos passados (novos produtos, falhas etc.);
- modelagem de família de produtos, como a desenvolvida por Jiao *et al.* (1998);
- *software* tipo CAD e CAM.

Quanto às metodologia e tecnologias utilizadas na produção, têm-se a utilização de módulos (já discutida), as tecnologias de processo como CNC, FMS, CIM, robôs, equipamentos para troca rápidas de equipamento, e a flexibilidade na produção (como desenvolvido por JONEJA e LEE, 1998a; 1998b).

3.4.3. Manufatura enxuta

Diversos autores em CM entendem que muitos capacitadores enxutos são importantes para atingir-se a CM (DA SILVEIRA,

BORENSTAIN e FOGLIATO, 2001; LAU, 1995; PINE, 1993). Lau (1995) comprova empiricamente que capacitadores da manufatura enxuta (participação da força de trabalho, trabalho em equipes, redução de *set ups*, manufatura celular, manutenção produtiva total, utilização de ferramentas de controle da qualidade e produção puxada) ajudam a alcançar a CM.

3.4.4. Tecnologias

Já foi citado que a tecnologia tem um papel fundamental na CM. Basicamente as tecnologias nela utilizadas têm três finalidades:

- fornecer alto grau de flexibilidade e customização: para isso utiliza tecnologias e ferramentas de projeto e processo flexíveis tais como robôs, FMS, CIM, CAD, CAM, módulos, alimentadores de partes flexíveis;
- fornecer integração interna: para isso utiliza sistemas de informação integrados, tais como ERP e Intranet;
- fornecer integração externa com o propósito de estabelecer contatos com os clientes visando estabelecer o grau de customização necessário: para isso utiliza o EDI e a Internet, dentre outros sistemas de comunicação.

3.4.5. Economias de escopo

É o capacitador que visa conseguir baixos custos dentro da CM (PINE, 1993). A idéia de economia de escopo foi desenvolvida por Goldhar e Jelinek (1993, p.143): “economias de escopo existem onde o mesmo equipamento é capaz de produzir uma variedade de produtos com um custo menor do que se esses produtos fossem produzidos separadamente em diversas máquinas”.

3.4.6. Sistemas de planejamento e controle da produção (SPCP) direcionados à customização

A CM envolve a produção de grande variedade de produtos. Isso caracteriza sistemas de produção semi-repetitivos ou não-repetitivos. Portanto, os SPCP mais adequados à CM são aqueles que tratam com sistemas de produção que tenham essas características. De acordo com MacCarthy e Fernandes (2000), o MRP (DURAY *et al.*, 2000, citam o MRP como um sistema que opera bem no ambiente de CM), o OPT e o PBC são os SPCP que operam bem em sistemas semi-repetitivos e não-repetitivos. Além disso, algoritmos de programação da produção destinados a sistemas não-repetitivos devem ser utilizados.

3.5. Os objetivos de desempenho da customização em massa

Com base no modelo de relacionamento entre os objetivos de desempenho da produção e a Customização em Massa

proposto por Godinho Filho (2004), a CM tem como objetivo principal (ganhadores de pedidos) a **customabilidade**, que representa a capacidade de a empresa prover soluções diferenciadas para clientes diferenciados dentro de um *mix* de produtos previamente estabelecido. Esse objetivo é formado por quatro objetivos primários de desempenho da produção: flexibilidade a longo prazo; flexibilidade a curto prazo; adaptabilidade; e **ciberneticidade**. Assim como na MA, os outros objetivos de desempenho da produção: velocidade, pontualidade, produtividade e qualidade são encarados como objetivos qualificadores dentro desse paradigma.

4. SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS ENTRE MANUFATURA ÁGIL E CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA E SUGESTÕES SOBRE QUAL UTILIZAR

Nesta seção é realizada uma análise comparativa entre MA e CM à luz da configuração dos elementos-chave desses paradigmas mostrada nas seções anteriores. Vale destacar que esta seção é fruto de reflexão dos próprios autores a partir do que foi apresentado nas seções 2 e 3.

4.1. Semelhanças e diferenças com relação aos direcionadores

A MA está relacionada a um mercado em constante mudança. Na verdade o grau dessa mudança é o fator determinante para a utilização da MA, ou seja, quanto maior o número de mudanças, seus tipos e a periodicidade com que elas ocorrem, maiores são as chances de a MA ser o paradigma ideal para uma empresa.

Quanto à CM, constatou-se que seus principais direcionadores são: clientes desejando customização, grau de customização de empresas concorrentes (para que a CM represente fonte de diferenciação no mercado) e possibilidade de customização dos produtos da empresa.

No tocante aos direcionadores, existem algumas semelhanças entre MA e CM, uma vez que ambos não são direcionadas a todas as empresas (DA SILVEIRA, BORENSTAIN e FOGLIATO, 2001; DUGWAY, LANDRY e PASIN, 1997; LAU, 1995; dentre outros). Além disso, a demanda por serviços customizados pode representar uma mudança para diversas empresas, aproximando um pouco esses dois paradigmas. Porém pode-se dizer que o mercado que a MA se propõe a cobrir é mais abrangente do que o da CM, uma vez que ela prepara a empresa para conviver e prosperar em ambientes com um grau de mudanças muito grande (como mostrado no trabalho de SHARIFI e ZHANG, 1999), enquanto a CM está somente relacionada a mudanças nas preferências dos consumidores. Em outras palavras, a MA está relacionada a um ambiente bem mais turbulento do que a CM. As mudanças para as quais a CM está preparada são muito menores do que aquelas que a MA se propõe a enfrentar.

4.2. Semelhanças e diferenças com relação aos objetivos estratégicos da produção

Os objetivos ganhadores de pedido da CM e da MA são os mesmos: flexibilidade de curto e de longo prazo, adaptabilidade e **ciberneticidade**. Porém esses objetivos estruturam-se de forma completamente diferente para atingir a **customabilidade** (relativa à CM) e a agilidade (relativa à MA). A seguir analisa-se como as flexibilidade de curto e longo prazos, adaptabilidade e **ciberneticidade** estruturam-se para atingir a **customabilidade** e a agilidade.

- **Flexibilidades de curto e longo prazos** — na CM a flexibilidade estrutura-se de forma a possibilitar a produção de uma ampla variedade de produtos; já na MA a flexibilidade está voltada para a mudança nos processos, visando alterar completamente a linha de produtos sempre que necessário. Essa diferença no objetivo da flexibilidade faz com que cada um desses paradigmas enfatize um tipo de flexibilidade. Enquanto a CM prioriza, no longo prazo, a flexibilidade na produção (referência à capacidade de o sistema de produção produzir diferentes tipos de produtos sem grandes investimentos em equipamentos), a MA prioriza a flexibilidade de mercado no longo prazo (referência à habilidade de o sistema tratar mudanças nas necessidades dos clientes e mudanças tecnológicas).
- **Adaptabilidade** — na CM a adaptabilidade da equipe de projetos está relacionada ao rápido lançamento de novos produtos baseados nos requisitos dos clientes; porém esse lançamento está restrito ao *mix* de produtos da empresa. Já na MA essa adaptabilidade está diretamente relacionada à inovação, ou seja, a equipe de projetos deve lançar novos produtos de acordo com as oportunidades do mercado, mesmo que eles estejam fora do *mix* de produção atual. É claro que isso deve ser feito de forma totalmente ligada às possibilidades de flexibilidade da produção já discutidas acima.
- **Ciberneticidade** — na CM este objetivo está relacionado ao alto uso da tecnologia e dos sistemas de informação com o propósito principal de estabelecer contato com os clientes visando conhecer o grau de customização. Já na MA a utilização da tecnologia e dos sistemas de informação é bem mais intensa e focada no estabelecimento de parcerias virtuais, utilizando também inteligência artificial, *software* de realidade virtual, multimídia, *software* baseados em programação orientada a objetos, dentre outras tecnologias para apoiar os vários sistemas da empresa (principalmente PCP e projeto de produtos e de processos).

Quanto aos outros objetivos de desempenho da produção (qualidade, tempo e produtividade), tem-se que esses são qualificadores tanto para a CM quanto para a MA. Porém,

existe uma diferenciação importante entre esses dois paradigmas no tocante a pelo menos dois desses objetivos. O desempenho dos objetivos tempo e produtividade (custo) da MA é pior do que na CM, pois a agilidade é algo mais difícil (mais caro e mais lento) de ser conseguido do que a **customabilidade**.

4.3. Semelhanças e diferenças com relação aos princípios

Com relação aos princípios, existem algumas semelhanças tais como: integração entre processos, compartilhamento de conhecimentos, utilização de avançadas tecnologias de manufatura para trazer flexibilidade ao processo e ao projeto, utilização de módulos-padrão, foco no cliente, preços um pouco acima da média para **compensar a customabilidade** e a agilidade. Contudo, devido aos mercados que ambas querem atingir e aos objetivos estratégicos relacionados à MA e à CM, há alguns princípios diferenciados: enquanto a MA cita que a empresa deve dominar as mudanças e incertezas do mercado no qual está inserida; a CM preocupa-se em atender o cliente dentro de sua gama de produtos, fazendo com que ele participe do processo de customização. Uma etapa do processo de interação entre o cliente e a empresa proposto por Da Silveira, Borenstain e Fogliato (2001, p.7) ilustra bem essa diferença: para os autores, a empresa customizada em massa deve “definir um catálogo de opções para que o cliente defina o grau de customização que este deseja do produto”, ou seja, existe um limite para a customização. Na MA, diferentemente, a empresa pode ter de mudar inclusive o tipo de produto, o negócio em que opera, etc. Outros princípios ilustram essas diferenças: a MA deseja **enriquecer** o cliente, ou seja, fornecer soluções, muitas vezes totalmente diferenciadas (de acordo com YUSUF, SARHADI e GUNASEKARAN, 1999, as competências-chave devem permitir que a empresa entre em uma ampla diversidade de mercados), preparando a cadeia para esse objetivo, sendo imprescindível a formação de parcerias virtuais. Já a CM está realmente preocupada em aumentar a customização de seus produtos pregando princípios tais como preparar a cadeia de suprimentos para a customização. Além disso, a cooperação entre os elementos da cadeia é um diferencial da MA em relação à CM, uma vez que a realização de parcerias virtuais está totalmente relacionada a esse princípio.

Uma outra diferença extremamente importante em relação aos princípios, e que ajuda a explicar as diferenças entre CM e MA, é no tocante ao ciclo de vida. Ambos os paradigmas estratégicos enfatizam a importância de redução dos ciclos de vida, porém, enquanto a CM prioriza a redução do ciclo de vida dos produtos (os processos têm ciclo de vida maiores), a MA enfatiza a redução do ciclo de vida dos processos e da própria empresa (PINE, 1993). Portanto, a CM fornece produtos customizados em massa, enquanto a MA fornece processos e empresas customizadas em massa. A figura 1 posiciona a CM e a MA, bem como os outros paradigmas estratégicos de gestão da manufatura

identificados por Godinho Filho (2004) com relação à facilidade de mudanças no produto e no processo.

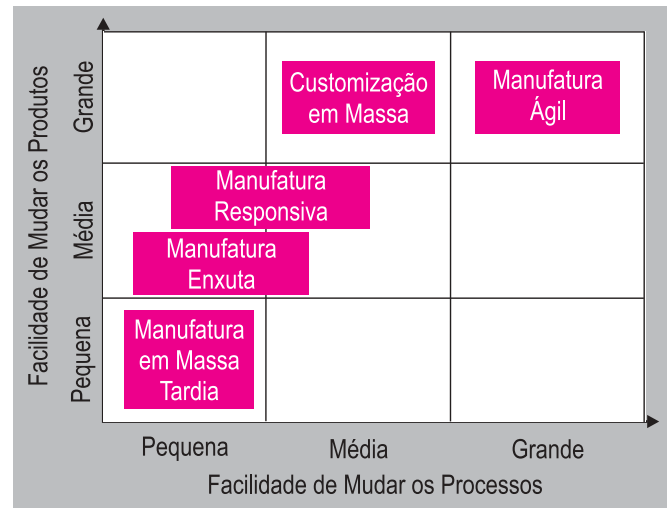


Figura 1: Posicionamento dos Principais Paradigmas Estratégicos de Gestão em uma Matriz — Mudança nos Produtos Versus Mudança nos Processos

4.4. Semelhanças e diferenças com relação aos capacitadores

Da mesma forma que os princípios, existem muitos capacitadores comuns à MA e à CM:

- tecnologias e metodologias de produção e de projeto voltadas à flexibilidade e à customização, como CAD, CAM, FMS, CIM, robôs, dentre outras;
- tecnologias e metodologias voltadas para a integração interna, como ERP, Intranet;
- ferramentas da produção enxuta, como melhoria contínua, participação dos funcionários, treinamento, TPM, dentre outras.

No entanto, existem muitos capacitadores diferenciados direcionados aos objetivos de cada PEGEM. Esses capacitadores diferenciados são comentados a seguir:

- a MA utiliza a empresa virtual, a manufatura virtual, a gestão baseada em competências-chave e incertezas, a gestão baseada no conhecimento (como sistemas especialistas), a fim de aumentar o grau de resposta da empresa às mudanças inesperadas do mercado; já a CM não utiliza essas ferramentas, pois não é sua intenção trabalhar em um mercado com o mesmo grau de incertezas e mudanças da MA;
- com relação aos Sistemas de Planejamento e Controle da Produção (SPCP), a MA enfatiza que devem ser flexíveis e encaixarem-se no conceito de empresas virtuais, utilizando muitas tecnologias para fornecer tal flexibilidade, tais como novos algoritmos de programação e inteligência artificial. Já a CM trabalha com MRP, OPT e PBC, os quais são SPCP

direcionados a sistemas de produção semi-repetitivos e não-repetitivos; além disso, utiliza algoritmos de programação direcionados à alta variedade de produtos;

- no que diz respeito à cadeia de suprimentos, na CM ela toda deve estar preparada para a alta **customabilidade** (a cadeia deve ser simultaneamente integrada e desagregada), enquanto a cadeia de suprimentos da MA deve estar pronta a reconfigurar-se rapidamente para o inesperado, sendo os próprios componentes da cadeia diferenciados de acordo com a oportunidade (na empresa virtual os parceiros são temporários);
- quanto à tecnologia e aos sistemas de informação voltados para a integração externa (Internet, EDI, dentre outros), na CM essa tecnologia é voltada para o estabelecimento de contatos com clientes, enquanto na MA, para a realização de parcerias virtuais;
- finalmente, com relação ao projeto de produto, a MA apresenta maior ênfase nessa área, com ferramentas como a prototipagem rápida. Isso deve-se ao fato de que na MA a diversidade e a dificuldade dessa atividade são maiores do que na CM, uma vez que a MA é voltada para a inovação.

No quadro 2 estão resumidas todas as semelhanças e diferenças apresentadas neste tópico.

5. CONCLUSÕES

Na moderna literatura sobre Gestão da Produção, existe certa confusão e dificuldade de estabelecer clara distinção entre dois importantes PEGEMs surgidos recentemente: a Manufatura Ágil (MA) e a Customização em Massa (CM). No presente trabalho, apresentou-se uma análise comparativa entre esses dois importantes paradigmas de gestão. Para isso, realizou-se um levantamento bibliográfico a respeito e estruturou-se essa revisão à luz dos elementos-chave: direcionadores, princípios, capacitadores e objetivos estratégicos.

A partir de tal revisão e análise comparativa, conseguiu-se estabelecer semelhanças e diferenças entre a MA e a CM, contribuindo dessa forma para um melhor entendimento desses dois paradigmas de gestão, uma vez que não existem estudos comparativos desse tipo na literatura. Além disso, este estudo tem grande utilidade prática, pois pode ser utilizado como base referencial para a implantação desses paradigmas em empresas, ajudando a aproximar a teoria e a prática na Gestão da Produção.

As principais semelhanças e diferenças entre a MA e a CM estão sumarizadas na figura 2.

Quadro 2

Manufatura Ágil Versus Customização em Massa — Semelhanças e Diferenças

Elemento-chave do Paradigma	Semelhanças	Diferenças
Direcionadores	• Ambos os paradigmas não são direcionados a todas as empresas. • Demanda por produtos customizados pode ser entendida como uma mudança.	• O principal direcionador da MA é a mudança; já o da CM é a existência de um mercado desejando a customização e a possibilidade de customização dos produtos.
Objetivos Estratégicos	• Semelhanças na ênfase dada aos objetivos ganhadores de pedidos e qualificadores.	• Apesar de os objetivos ganhadores de pedidos serem basicamente os mesmos, eles estruturam-se de forma completamente diferente para atingir os objetivos customabilidade e agilidade.
Princípios	• Princípios comuns: integração, compartilhamento de conhecimentos, foco no cliente, preços um pouco acima da média, utilização de avançada tecnologia para trazer flexibilidade ao processo.	• Na MA a empresa deve dominar as mudanças e incertezas do mercado no qual a empresa está inserida; já a CM preocupa-se em atender o cliente dentro de sua gama de produtos. • A CM enfatiza a redução dos ciclos de vida dos produtos; a MA, a redução dos ciclos de vida dos processos e das empresas. • A cooperação externa é muito mais enfatizada na MA.
Capacitadores	• Capacitadores comuns: tecnologias e metodologias voltadas à integração interna e flexibilidade no processo, além de algumas ferramentas da produção enxuta.	• Capacitadores diferem quanto à utilização de técnicas para enfrentar grandes mudanças e incertezas (ênfasis na MA), quanto aos sistemas de PCP e de projetos, quanto às ênfases das tecnologias de integração externa e quanto ao comportamento da cadeia de fornecimentos.

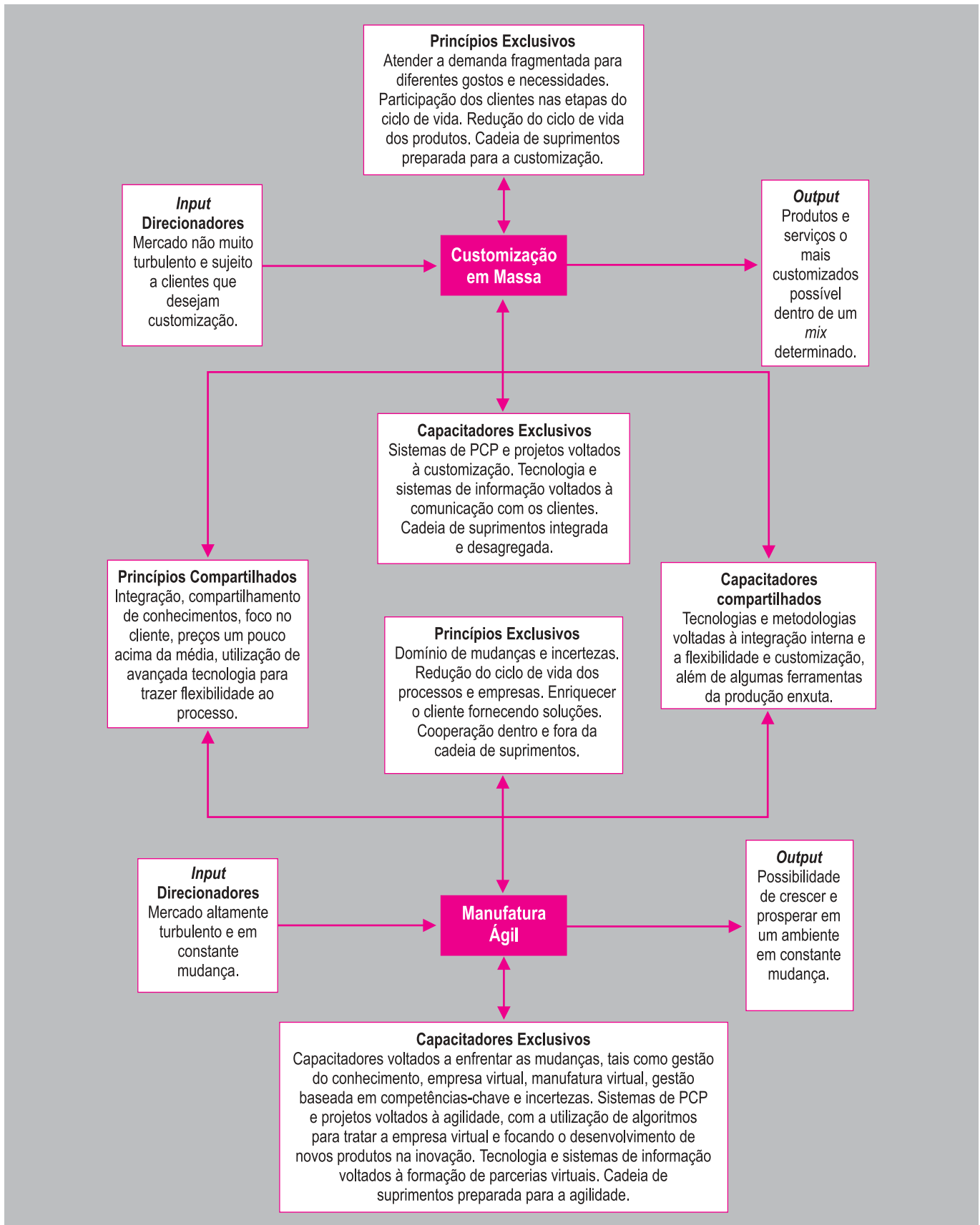


Figura 2: A Customização em Massa e a Manufatura Ágil

Com relação às principais semelhanças, têm-se:

- a MA e a CM não são direcionadas a todas as empresas, ou seja, não são panacéia para todos os males;
- ambas têm alguns objetivos estratégicos comuns;
- vários princípios são compartilhados (integração, foco no cliente, compartilhamento de conhecimentos, preços um pouco acima da média e utilização de tecnologia avançada para trazer flexibilidade ao processo e ao projeto);
- vários capacitadores são compartilhados (tecnologias e metodologias voltadas à integração interna e às flexibilidade e customização e algumas ferramentas da Manufatura Enxuta).

Quanto às diferenças fundamentais entre a MA e a CM, elas estão basicamente relacionadas a quatro pontos vitais:

- **aos direcionadores de ambos os paradigmas, ou seja, ao mercado para o qual foram projetadas** — enquanto a MA está relacionada a mercados altamente turbulentos e em constante mutação, a CM relaciona-se a um mercado menos mutável, sujeito a clientes que desejam customização de produtos/serviços;
- **aos princípios exclusivos de cada paradigma** — CM = atender a demanda fragmentada para diferentes gostos e necessidades, participação dos clientes nas etapas do ciclo de vida, redução do ciclo de vida dos produtos e cadeia de suprimento preparada para a customização; MA = domínio de mudanças e incertezas, redução do ciclo de vida dos processos e empresas, enriquecer o cliente fornecendo soluções, e cooperação dentro e fora da cadeia de suprimentos;
- **aos capacitadores exclusivos de cada paradigma** — CM = sistemas de PCP e projeto voltados à customização, tecnologia e sistemas de informação voltados à comunicação com

os clientes, e cadeia de suprimento integrada e desagregada; MA = capacitadores voltados a enfrentar as mudanças, tais como gestão do conhecimento, empresa virtual, manufatura virtual, gestão baseada em competências-chave e incertezas, sistemas de PCP e projeto voltados à agilidade, tecnologia e sistemas de informação voltados à formação de parcerias virtuais e cadeia de suprimento preparada para a agilidade;

- **ao output de cada paradigma** — enquanto a CM fornece produtos e serviços o mais customizados possível dentro de um mix determinado, a MA oferece à empresa a possibilidade de crescer e prosperar em um ambiente em constante mudança, o que caracteriza muitos dos mercados atuais.

A partir de todas essas informações, finalmente é interessante um comentário a respeito das duas vertentes que mencionam um relacionamento entre MA e CM. Cada uma delas foca um paradigma específico, entendendo o outro como um simples capacitador. Essas visões não estão equivocadas, pois existem pontos semelhantes entre os dois paradigmas. Contudo, mostrou-se neste trabalho que essas visões são simplistas, uma vez que se constatou a existência de consideráveis diferenças entre os dois. Portanto, fica claro que ambos os paradigmas são diferentes e somente poderão alcançar sua máxima eficácia se implantados nos mercados mais adequados e com o intuito de conseguir atingir exatamente os objetivos para os quais foram projetados. Dessa forma, conclui-se que nem a MA engloba a CM, nem vice-versa; cada um desses paradigmas é mais adequado dentro de um contexto específico. No momento, os autores estão desenvolvendo uma metodologia para a escolha do paradigma mais adequado em função de alguns parâmetros. ♦

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAJGORIC, N. Information technologies for virtual enterprise and agile manufacturing. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- BRENNAN, R.W. Computer control for agile manufacturing systems. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- BUNCE, P.; GOULD, P. From lean to agile manufacturing. In: *IEE Colloquium (Digest)*, London, UK, n.278, p.311-315, 1996.
- BURGESS, T.F. Making the leap to agility: defining and achieving agile manufacturing through business process redesign and business network redesign. *International Journal of Operations and Production Management*, v.14, n.11, p.23-34, 1994.
- CHENG, K.; PAN, P.Y.; HARRISON, D.K. The internet as a tool with application to agile manufacturing: a web-based engineering approach and its implementation issues. *International Journal of Production Research*, Loughborough, UK, v.38, n.12, p.2743-2759, Aug. 2000.
- CHUNG, W.W.C.; CHAN, M.F.S. Role of IT/IS in physically distributed manufacturing enterprises. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- DA SILVEIRA, G.; BORENSTAIN, D.; FOGLIATTO, F.S. Mass customization: literature review and research directions. *International Journal of Productions Economics*, v.72, n.1, p.1-13, June 2001.
- DAVIS, S.M. *Future perfect*. Massachusetts: Addison Wesley, 1987.
- DE VOR, R.; GRAVES, R.; MILLS, J.J. Agile manufacturing research: accomplishments and opportunities. *IIE Transactions*, v.29, n.10, p.813-823, Oct. 1997.

- DRAMAN, M.; ALTINEL, I.K.; BAJGORIC, N.; UNAL, A.T.; BIRGOREN, B. An object-oriented optimization-based software for agile manufacturing in process industries. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- DUGWAY, C.R.; LANDRY, S.; PASIN, F. From mass production to flexible/agile manufacturing. *International Journal of Operations and Production Management*, v.17, n.11-12, p.1183-1195, 1997.
- DURAY, R.; MILLIGAN, G.W. Improving customer satisfaction through mass customization. *Quality Progress*, v.32, n.8, p.60-66, Aug. 1999.
- DURAY, R.; WARD, P.T.; MILLIGAN, G.W.; BERRY, W.L. Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. *Journal of Operations Management*, v.18, n.6, p.605-625, Nov. 2000.
- EASTWOOD, M.A. Implementing mass customization. *Computers in Industry*, v.30, n.3, p.171-174, Oct. 1996.
- FEITZINGER, E.; LEE, H. Mass customization at Hewlett Packard: the power of postponement. *Harvard Business Review*, v.75, n.1, p.116-121, Jan./Feb. 1997.
- FENG, S.C.; ZHANG, C.C. A modular architecture for rapid development of CAPP systems for agile manufacturing. *IIE Transactions*, v.30, n.10, p.893-903, Oct. 1998.
- FRANCIS, D. Managing people in agile organizations. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- GILMORE, J.; PINE, J. The four faces of mass customization. *Harvard Business Review*, v.75, n.1, p.91-101, Jan./Feb. 1997.
- GINN, D.; ZAIRI, M.; AHMED, P.K. Enhancing agility in manufacturing: the role of QFD. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- GODINHO FILHO, Moacir. *Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura* (PEGEMs): configuração, relações com o planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados. 2004. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.
- GOLDHAR, J.D.; JELINEK, M. Plans for economies of scope. *Harvard Business Review*, v.61, n.6, p.141-148, Nov./Dec. 1993.
- GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N. Management, technology and agility: the emergence of a new era in manufacturing. *International Journal of Technology Management*, v.8, n.1-2, p.18-38, 1993.
- GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N.; PREISS, K. *Agile competitors and virtual organizations*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995.
- GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N.; PREISS, K.; DOVE, R. *Iacocca Institute: 21st century manufacturing enterprise strategy, an industrial led view*. Bethlehem, PA: Iacocca Institute, 1991. v.1 e v.2.
- GONÇALVES, R.J.; GARÇÃO, A.S. Putting the pieces together using standards. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- GORANSON, H.T. *The agile virtual enterprise: cases, metrics, tools*. Westport, Connecticut / London: Quorum Books, 1999.
- GUERRA, M.A.P.; ZHANG, W.J. Computer applications in agile manufacturing. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: enablers and na implementation framework. *International Journal of Production Research*, v.36, n.5, p.1223-1247, May 1998.
- _____. Agile manufacturing: a framework for research and development. *International Journal of Production Economics*, v.62, n.1-2, p.87-105, May 1999.
- GUNASEKARAN, A.; LOVE, P.E.D. A review of multimedia technology in manufacturing. *Computers in Industry*, v.38, n.1, p.65-76, Jan. 1999.
- GUTTMAN, R.; GRAVES, R. The agile manufacturing enterprise — both a new paradigm and a logical extension of flexible and lean. EAMRI Report # ER95-10. Rensselaer Polytechnic Institute. Troy, New York, 1995.
- HILTON, P.D.; GILL, G.K. Achieving agility: lessons from the leaders. *Manufacturing Review*, v.7, n.2, p. 172-179, June 1994.
- HUA, Z.S.; BANERJEE, P. Aggregate capacity planning and production line design/redesign in agile manufacturing. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- IYER, S.; NAGI, R. Automated retrieval and ranking of similar parts in agile manufacturing. *IIE Transactions*, v.29, n.10, p.859-876, Oct. 1997.
- JAIN, N.K.; JAIN, V.K. Computer aided process planning for agile manufacturing environment. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- JIAO, J.; TSENG, M.M.; DUFFY, V.G.; LIN, F. Product family modeling for mass customization. *Computers and Industrial Engineering*, v.35, n.3-4, p.495-498, Dec. 1998.
- JONEJA, A.; LEE, N. A modular, parametric vibratory feeder: a case study for flexible assembly tools for mass customization. *IIE Transaction*, v.30, n.10, p.923-931, Oct. 1998a.
- _____. Automated configuration of parametric feeding tools for mass customization. *Computers & Industrial Engineering*, v.35, n.3-4, p.463-466, Dec. 1998b.
- KOTHA, S. Mass customization: implementing the emerging paradigm for competitive advantage. *Strategic Management Journal*, v.16, n.1, p.21-42, Jan. 1995.

- KOTHA, S. From mass production to mass customization: the case of the National Industry Bicycle Company of Japan. *European Management Journal*, v.14, n.5, p.442-450, 1996a.
- _____. Mass customization: a strategy for knowledge creation and organizational learning. *International Journal of Technology Management*, v.11, n.7/8, p.846-858, 1996b.
- LAMPEL, J.; MINTZBERG, H. Customizing customization. *Sloan Management Review*, v.38, n.1, p.21-30, Fall 1996.
- LAU, R. Mass customization: the next industrial revolution. *Industrial Management*, v.37, n.5, p.8-9, Sept./Oct. 1995.
- LEE, G.H. Designs of components and manufacturing systems for agile manufacturing. *International Journal of Production Research*, Loughborough, UK, v.36, n.4, p.1023-1044, Apr. 1998.
- MACCARTHY, B.L.; FERNANDES, F.C.F. A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems. *Production Planning & Control*, v.11, n.5, p.481-496, July/Aug. 2000.
- MAGRETTA, J. The power of virtual integration: an interview with Dell Computer's Michael Dell. *Harvard Business Review*, v.76, n.2, p.72-84, Mar./Apr. 1998.
- MANTHOU, V.; VLACHOPOULOU, M. Agile manufacturing strategic options. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- McGAUGHEY, R.E. Application of multimedia in agile manufacturing. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- MEADE, L.M.; SARKIS, J. Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: na analytical network approach. *International Journal of Production Research*, v.37, n.2, p.241-261, Feb. 1999.
- PINE, B.J. *Mass customization: the new frontier in business competition*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press, 1993.
- PINE, B.J.; VICTOR, B.; BOYTON, A. Making mass customization work. *Harvard Business Review*, v.71, n.5, p.108-111, Sept./Oct. 1993.
- PLONKA, F.E. Developing a lean and agile work force. *International Journal of Human Factors in Manufacturing*, v.7, n.1, p.11-20, Winter 1997.
- PRAHALAD, C.H.; HAMEL, G. The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, v.68, n.3, p.79-91, May/June 1990.
- PUTNIK, G.D. BM virtual enterprise architecture reference model. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- RAO, S.S.; NAHM, A. Information systems for agile manufacturing environment in the post-industrial stage. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- RIIS, J.O.; JOHANSEN, J. A strategic approach to develop agile manufacturing. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- SARKIS, J.; TALLURI, S. Agile supply chain management. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- SHARIFI, H.; ZHANG, Z. A methodology for achieving agility in manufacturing organizations: an introduction. *International Journal of Production Economics*, v.62, n.1-2, p.7-22, May 1999.
- SHARIFI, S.; PAWAR, K.S. Product development strategies for agility. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- SHARP, J.M.; IRANI, Z.; DESAI, S. Working towards agile manufacturing in the UK industry. *International Journal of Production Economics*, v.62, n.1-2, p.155-169, May 1999.
- SHUKLA, C.; VAZQUEZ, M.; CHEN, F.F. Virtual manufacturing: an overview. *Computers and Industrial Engineering*, v.31, n.1-2, p.79-82, Oct. 1996.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 1997.
- SMIRNOV, A.V.; CHANDRA, C. Information technologies for supply chain management. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- SONG, L.; NAGI, R. Design and implementation of a virtual information system for agile manufacturing. *IIE Transactions*, v.29, n.10, p.839-857, Oct. 1997.
- SONG, S.J. Contingency-driving autonomous cellular manufacturing: best practice in the 21st century. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- SPIRA, J. Mass customization through training at Lutron Electronics. *Computers in Industry*, v.30, n.3, p.171-174, Oct. 1996.
- THIE, M.; STOKIC, D. Corporate knowledge management in agile manufacturing. In: GUNASEKARAN, A. (editor): *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*, Kidlington, UK: Elsevier, 2001.
- TSENG, M.M.; JIAO, J. Case-based evolutionary design for mass customization. *Computers and Industrial Engineering*, v.33, n.1-2, p.319-323, Oct. 1997.

REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS

TU, Y. Production planning and control in a virtual one-of-a-kind production company. *Computers in Industry*, v.34, n.3, p.271-283, Dec.1997.

VERNADAT, F.B. Enterprise integration and management in agile organizations. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.

WANG, K. Computational intelligence in agile manufacturing engineering. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.

WENTZ, T.K. *Transformational change: how to transform mass production thinking to meet the challenge of mass*

customization. Westerville, Ohio: Corporate Performance Systems, 1999.

WESTON, R.H.; HARRISON, R.; WEST, A.A. Virtual enterprise engineering in support of distributed and agile manufacturing. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile Manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.

WESTON, R.H.; HODGSON, A. Enterprise integration and management. In: GUNASEKARAN, A. (Ed.). *Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy*. Kidlington, UK: Elsevier, 2001.

YUSUF, Y.Y.; SARHADI, M.; GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: the drivers, concepts and attributes. *International Journal of Production Economics*, v.62, n.1-2, p.33-43, May 1999.

ABSTRACT

Agile manufacturing and mass customization: concepts, similarities and differences

This paper deals with Agile Manufacturing (AM) and Mass Customization (MC), two of the most important and recent strategic manufacturing management paradigms (SMaMaP). Based on a complete review it was identified and structured the drivers, the principles, the enablers and the strategic production goals regarding AM and MC. From this structure it was established the main similarities and differences regarding AM and MC once there is a confusion on literature about these paradigms. This paper shows that AM and MC are not the better paradigms for all management environments. The differences between AM and MC can be classified in three categories: the target market of each paradigm; the restricted principles and enablers of each paradigm; and the output to be obtained with these paradigms. This paper accomplishes the following contributions: brings a better comprehension and divulgation relating AM and MC (on Brazilian manufacturing management literature, there are not a lot of work dealing with AM and MC); deals with AM and MC similarities and differences (it was not found on literature a paper with such matter); helps on the AM and MC choice and putting into practice on manufacturing environments.

Uniterms: agile manufacturing, mass customization, literature review.

RESUMEN

Manufactura ágil y customización masiva: conceptos, semejanzas y diferencias

El presente artículo trata de dos importantes y modernos Paradigmas Estratégicos de Gestión de Manufactura (PEGEM): la Manufactura Ágil (MA) y la Customización Masiva (CM). Por medio de una completa revisión bibliográfica se identificaron y estructuraron los principales elementos de esos paradigmas: direccionadores, principios, capacitadores y objetivos estratégicos de la producción relacionados. A partir de esta estructuración, se establecieron las principales semejanzas y diferencias entre la MA y la CM, puesto que los dos paradigmas se confunden normalmente en la literatura. Los resultados demuestran que la MA y la CM no son paradigmas dirigidos a todos los tipos de empresas y presentan diferencias con relación a tres factores: el mercado al cual cada uno está proyectado; los principios y capacitadores exclusivos de cada uno; y los *outputs* a obtenerse mediante dichos paradigmas. Los aportes más importantes de este trabajo son: aumentar la comprensión y la divulgación de los dos paradigmas, dado que la literatura brasileña sobre gestión de la producción todavía no contempla dichos asuntos en profundidad; tratar con profundidad la cuestión de las semejanzas y diferencias entre la MA y la CM, relación que no se encuentra en la literatura; y servir de base para la elección y la aplicación práctica de la MA y de la CM en ambientes empresariales.

Palabras clave: manufactura ágil, customización masiva, revisión bibliográfica.