

INSERÇÃO DE TECNOLOGIAS AVANÇADAS DE MANUFATURA NO INTERIOR DE SÃO PAULO: UM ESTUDO DE CASO

Nara R. Costa

FEMP - UNIMEP

Rod. Santa Bárbara-Iracemápolis, km 1, Santa Bárbara do Oeste, SP, 13450-000

Mairum Médici

FEMP - UNIMEP

Silvio R. I. Pires, Dr.

FEMP - UNIMEP

Antonio F. Godoy, MSc

FEMP - UNIMEP

Abstract

During the last decade competitiveness in industry has increased significantly worldwide, In Brazil, after a long period of closed market and high inflation, during the last ten years the country has conducted a series of efforts in order to be inserted within this new competitive reality. In this direction, many companies operating in the country has been faced to deal with a set of challenges caused by the competition in a global scale. One usual way used by these companies has been the implementation of the so-called Advanced Manufacturing Technologies (AMTs) in order of improving its internal performance and, consequently, increasing its competitiveness in the marketplace. In this context, this article presents and discusses some basic points of AMTs current literature and key aspects of a empirical research been conducted within seven representatives companies operating in the São Paulo state in Brazil, concerning its use an implementation. Although still not totally concluded the case study, the paper provides a set of interesting data regarding the use if these technologies in one of the more developed and industrialized Brazilian region.

Keywords: *Advanced Manufacturing Technology, Case Study, Competitive Priority*

1. Introdução

Atualmente, a competitividade nos negócios em todo o mundo, faz com que as empresas cada vez mais se organizem em “comunidades” e integrem seus processos para garantir a produtividade. Esse processo comercial internacional vigente nos últimos anos tem sido rotulado pela mídia de globalização.

A abertura do mercado brasileiro, consequência desse processo de globalização, tornou imprescindível para as empresas industriais a ampliação dos mercados e um aumento da produtividade. Assim, a maioria dessas empresas tem sido continuamente desafiada a buscar e implementar novos sistemas gerenciais e tecnologias inovadoras, tal que os mesmos possam lhe garantir a obtenção e sustentação de vantagens competitivas no mercado. O fato de algumas empresas já estarem adotando novas tecnologias e novas

formas de organizarem a produção e a própria gestão, as deu superioridade competitiva, exigindo a adoção destas técnicas pelas demais.

Nesse contexto, o conjunto de sistemas gerenciais e tecnologias que a literatura em inglês engloba e rotula de *Advanced Manufacturing Technology* (AMT – Tecnologia Avançada de Manufatura) tem sido muito útil para as empresas inseridas nesse novo ambiente competitivo.

Este artigo tem como objetivo principal descrever aspectos básicos das chamadas AMTs e apresentar sucintamente um estudo de caso conduzido em 7 representativas empresas operando na região interior de São Paulo, a maioria multinacionais de grande porte.

2. Tecnologias Avançadas de Manufatura - AMTs

Pode-se afirmar que não existe uma definição consensual acerca do que deveria ser rotulado de “tecnologia avançada de manufatura”, o qual costuma ser um termo amplo que pode ser entendido de diversas maneiras por diferentes autores.

Segundo Son (1991), AMTs são novos *hardware* e *software* usados para resolver problemas em sistemas de manufatura tradicional como a produção *job shop* ou *flow shop*.

Dimnik e Johnston (1993), definem AMTs como sendo um equipamento programável ou um sistema de máquinas programáveis que podem produzir uma variedade de produtos ou peças, sem nenhuma perda de tempo na mudança de um produto para outro.

Mechling *et al.* (1995), afirmam que AMTs é um termo genérico para um grupo de tecnologias de manufatura que combinam capacidade de escala e de escopo num ambiente de manufatura.

De um modo geral, entende-se por AMTs neste trabalho uma variedade de modernos sistemas “*computer-based*” que têm a finalidade de aperfeiçoar e gerenciar as operações industriais, de forma a aumentar a capacidade de competição da empresa.

A classificação feita na pesquisa que originou este artigo foi dividir as AMTs levantadas em tecnologias de *software*, *hardware* e gerenciamento, como pode-se observar, respectivamente, nas Tabelas 2.1, 2.2, 2.3 expostas a seguir.

Software
APT (Automatically Programmed Tools)
CAD (Computer Aided Design)
CAE (Computer Aided Engineering)
CAM (Computer Aided Manufacturing)
DMU (Digital Mock-Up)
CAPP (Computer Aided Process Planning)
CIM (Computer Integrated Manufacturing)
CNC (Computed Numerical Control)
DNC (Direct Numerical Control)
SCC (Sistemas de Classificação e Codificação)
SCDC (Sistemas Digitais de Controle Distribuídos)

Tabela 2.1: Tecnologia Avançada de Manufatura em software

Hardware
MFCN (Máquina-Ferramenta com Controle Numérico)
MFCNC (Máquina-Ferramenta com Controle Numérico Computadorizado)
Robôs
AMHS (Automated Material Handling Systems)
AITs (Automated Inspection and Testing)
Manipuladores
RP (Prototipagem Rápida)

Tabela 2.2: Tecnologia Avançada de Manufatura em hardware

Gerenciamento
CEP (Controle Estatístico do Processo)
DRP (Distribution Requirements Planning)
ERP (Enterprise Resources Planning)
MRP (Material Requirements Planning)
MRP-II (Manufacturing Resources Planning)
CRP (Capacity Requirements Planning)
FAS (Flexible Assemble Systems)
FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)
GT (Group Technology)
JIT (Just in Time)
TOC (Theory of Constraints)
OPT (Optimized Production Technology)
QS (Quality Systems)
QFD (Quality Function Deployment)
TQC (Total Quality Control)
TQM (Total Quality Management)
SFC (Shop Floor Control)
SOP (Sales and Operations Planning)
TPM (Total Productive Maintenance)
PDM (Product Data Management)

Tabela 2.3: Tecnologia Avançada de Manufatura em gerenciamento

Como pode-se observar na pesquisa bibliográfica a ser apresentada neste artigo, a implementação das AMTs tem sempre um conjunto de fatores motivadores. Segundo Groover (1987), existem dez boas razões para justificar a aplicação desse tipo de tecnologia, conforme abaixo:

- Aumento da produtividade;
- Alto custo de mão-de-obra;
- Falta de mão-de-obra;
- A tendência crescente da mão-de-obra fluir para outras áreas;
- Segurança no trabalho
- Alto custo da matéria-prima;
- Melhoria da qualidade do produto;
- Redução do ciclo (lead time) de manufatura;
- Redução de inventário em processo;
- Alto custo da não automação.

Além dessas razões para a implementação, a literatura também cita vários outros benefícios decorrentes da utilização das AMTs. Udo and Ehie (1996) classificam esses benefícios em tangíveis e intangíveis. A Tabela 2.4. apresenta sucintamente os principais benefícios gerados pelas AMTs segundo a literatura pesquisada.

Benefícios	
Tangíveis	Intangíveis
Melhoria do retorno sobre lucro	Aumento da vantagem competitiva
Redução de custos em inventário	Adaptação para produtos de ciclo de vida curto
Redução dos tempos em <i>set-up</i>	Desenvolvimento para habilidades administrativas
Redução dos tempos totais de produção	Melhoria do controle de manufatura
Baixo custo com dispositivos	Resposta rápida na mudança do processo ou do projeto
Redução na taxa de refugos	Resposta rápida na quebra de máquinas
Redução de espaço em chão de fábrica	Melhoria no tempo de resposta na variação de demanda
Redução de custo com ferramental	Aumento de flexibilidade
Redução de volume de retrabalho	Baixa exposição a problemas com mão-de-obra
	Imagem de líder no uso de novas tecnologias

Tabela 2.4: Razões Motivadoras e Benefícios das AMTs

3. Um estudo de caso no interior de São Paulo

O estudo de caso foi conduzido através de uma pesquisa exploratória feita via questionário estruturado e realizada em 7 representativas empresas que, em sua maioria, são empresas multinacionais de grande porte que atuam no ramo metal-mecânico. Essas empresas operam na região (triângulo) formada pelas cidades de Campinas-Piracicaba-Sorocaba no estado de São Paulo. O principal intuito do estudo de caso foi verificar o nível de utilização e as razões da implantação das AMTs nas empresas estudadas e a partir daí tecer algumas análises mais gerais sobre as empresas similares operando na região, dado as limitações do método de pesquisa comumente utilizado em pesquisas desse tipo.

Um dado importante para a análise, e que fora tomado como referência na pesquisa junto às empresas, diz respeito às chamadas prioridades competitivas da área de manufatura. Essas prioridades podem ser definidas como um conjunto consistente de prioridades que a indústria terá para competir no mercado e fazem parte do conteúdo de uma Estratégia de Manufatura. Atualmente as prioridades mais comumente utilizadas são o custo, a qualidade, o desempenho das entregas e a flexibilidade (Pires, 1995).

Neste momento a pesquisa encontra-se parcialmente concluída, o que permite que a caracterização das empresas e a demonstração de alguns dados levantados sejam expostas nas Tabelas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6.

Empresa	Ramo de atuação	Porte dentro do ramo de atuação
A	Automação industrial	Grande porte
B	Autopeças e ferramentas elétricas	Grande porte
C	Construção de tratores e equipamentos para movimentação de terra	Grande porte
D	Base química	Grande porte
E	Sistemas de controles veiculares – FREIOS	Grande porte
F	Bens de Capital sob encomenda na área de geração de energia, Siderurgia, mineração, transporte e movimentação	Grande porte
G	Metal mecânica	Grande porte

Tabela 3.1: Caracterização das empresas estudadas

Empresa	Prioridades Competitivas				
	Custo	Qualidade	Flexibilidade	Desempenho nas entregas	Inovação tecnológica
A	1	2	5	3	4
B	2	1	4	5	2
C	2	3	1	4	5
D	5	2	4	3	1
E	4	1	5	2	3
F	1	4	3	2	5
G	3	2	4	5	1

Tabela 3.2: Informações sobre prioridades competitivas ns empresas estudadas

Na Tabela 3.2 estão relacionadas, em ordem crescente, as dimensões gerenciais, sendo 1 a mais prioritária e 5 a menos.

Principais AMTs	Empresas						
	A	B	C	D	E	F	G
CAD	X	X	X		X	X	X
CAE		X	X			X	
CNC/DNC						X	X
APT		X	X				
MFCN/MFCNC		X	X			X	X
Robôs		X	X				
MRP/MRPII/ERP	X	X	X	X	X	X	X
QS/QFD/TQC/TQM	X	X	X	X	X	X	X
CEP		X	X	X	X		X
GT		X	X	X			X
TPM		X	X	X	X		

Tabela 3.3: Principais AMTs nas empresas pesquisadas

<i>Principais Razões Motivadoras</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C*</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
Aumento da produtividade	X	X		X	X	X	X
Alto custo de mão-de-obra		X				X	
Segurança		X		X	X		X
Alto custo da matéria-prima				X		X	
Melhoria da qualidade do produto		X			X	X	X
Redução do ciclo (lead time) de manufatura	X	X		X	X	X	X
Redução de inventário em processo	X	X		X	X	X	X

Tabela 3.4: Razões motivadoras para implementação das AMTs

<i>Principais Benefícios Intangíveis</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C*</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
Aumento da vantagem competitiva	X	X		X	X	X	X
Adaptação para produtos de ciclo de vida curto		X		X			X
Desenvolvimento para habilidades administrativas		X		X	X		
Melhoria do controle de manufatura	X	X		X	X	X	X
Resposta rápida na mudança do processo ou do projeto		X		X	X	X	X
Resposta rápida na quebra de máquinas		X		X	X		
Melhoria no tempo de resposta na variação de demanda		X		X	X	X	X
Aumento de flexibilidade		X		X	X	X	X
Melhoria das condições de trabalho		X		X	X		X
Habilidade para introduzir rapidamente novos produtos		X		X	X		X
Melhor administração dos dados	X	X		X	X	X	X
Melhoria na qualidade e no controle dos produtos	X	X		X	X	X	X

Tabela 3.5: Benefícios intangíveis observados

Principais Benefícios Tangíveis	A	B	C*	D	E	F	G
Melhoria do retorno sobre lucro	X	X		X	X	X	X
Redução de custos em inventário	X			X	X		X
Redução dos tempos em <i>set-up</i>		X		X	X		X
Redução dos tempos totais de produção	X	X		X	X	X	X
Redução na taxa de refugos		X		X	X	X	X
Redução de espaço em chão de fábrica				X	X	X	X
Redução de custo com ferramental		X			X		X
Redução de volume de retrabalho		X				X	X

Tabela 3.6: Benefícios tangíveis observados

4. Análise dos dados

As empresas que tiveram o custo como sua principal prioridade, A e F, utilizaram-se de *softwares* como CAD, CAE, CAM e CAPP, que influem diretamente no custo, além de adotarem o CNC/DNC, que aumentam a velocidade produtiva. Já em relação aos *hardwares*, se utilizaram as máquinas ferramentas (MFCN e MFCNC), que melhoram a flexibilidade de produção. Os investimentos na área de gestão restringiu-se ao MRP/MRPII/ERP, que proporcionam ganhos na produtividade e, enfocando a qualidade, o QS/QFD/TQC/TQM.

As empresas B e E, definiram a qualidade com sua maior prioridade e visando isto, adotaram *softwares* como o CAD, CAE, CAM, CAPP, que aumentam a qualidade dos desenhos e projetos além dos CIM e SCC que aumentam a velocidade no planejamento. Em *hardwares* investiram em robôs, APT, RP e máquinas ferramentas (MFCN e MFCNC), que em geral aumentam a flexibilidade, a velocidade e a produção. Na parte de gerenciamento, utilizou-se de técnicas como MRP, QS, CCQ, CEP, FMEA, GT, JIT, SOP, TPM e PDM; as quais em sua maioria visam a melhoria da qualidade.

Apenas a empresa C apontou a flexibilidade como sua prioridade principal. Esta empresa implanta o CAD e CAE, que por serem mais hábeis em relação aos desenhos e projetos, aumentam significativamente a flexibilidade. Adotam em relação à *hardwares* o APT, robôs e as máquinas ferramentas (MFCN e MFCNC), os quais aumentam não apenas a velocidade e produtividade, mas também a flexibilidade. Das técnicas de gerenciamento usam, MRP, QS, CEP, FMEA, GT, JIT, SOP, TPM, TOC, SFC, que visam a melhora da qualidade.

Curiosamente, não houve empresa alguma que tivesse o desempenho nas entregas como sua principal prioridade. Porém, duas empresas, E e F, classificaram o desempenho nas entregas como sua segunda prioridade e adotaram tecnologias que influem na velocidade como o CAD, CAE, CNC e DNC e também utilizaram-se de muitas técnicas relativas à qualidade.

As empresas D e G, têm como sua principal prioridade competitiva a inovação tecnológica. Utiliza-se de CAD, CAM, CAPP, CIM, SCC, CNC/DNC, que enfocam o menor custo e maior velocidade. Como *hardwares*, implantam robôs, manipuladores e máquinas ferramentas (MFCN e MFCNC), os quais visam principalmente a flexibilidade. Das técnicas de gerenciamento, MRP/MRPII/ ERP, QS/QFD/TQC/TQM, CCQ, CEP, FMEA, GT, JIT, SOP, TPM, PDM, SFC; visa em sua maioria a melhora da qualidade e aumento

da velocidade na parte organizacional da produção, portanto refletindo para o produto final.

5. Considerações Finais

Pode-se observar que embora as empresas A, C, D, F e G não tenham escolhido a prioridade qualidade como sua principal, elas também adotaram técnicas de gerenciamento envolvidas diretamente com este parâmetro o que nos faz pensar que hoje em dia a qualidade tem importância fundamental na maioria das empresas. Nenhuma empresa classificou a qualidade como sua prioridade de menor importância.

Nota-se também que as empresas que escolheram o custo como sua principal prioridade utiliza-se de poucas AMTs, o que não significa de modo algum um menor custo de produção.

É importante notar que poucas empresas tiveram como prioridade principal a flexibilidade na produção dos produtos, porém as tecnologias nelas implementadas possuem uma alta flexibilidade produtiva como por exemplo robôs, CAD, CAE, etc.

Concluindo pode-se afirmar que a maioria das empresas estudadas reconhece o papel preponderante que as AMTs assumem com relação ao seu desempenho produtivo e tem feito um considerável volume de investimentos na área nos últimos anos, em especial após o início do processo de abertura econômica no Brasil. Uma análise mais aprofundada sobre os dados da pesquisa deverá ser conduzida após sua conclusão, programada para ocorrer antes da apresentação do artigo no congresso. Isso proporcionará a apresentação e discussão de alguns dados adicionais ainda não disponíveis neste momento.

6. Bibliografia

DIMNIK, T.P. & JOHNSTON, D.A. *Manufacturing managers and the adoption of advanced manufacturing technology*. OMEGA, 21(2). 155-162, 1993.

Gestão Empresarial no Mundo Globalizado. http://www.widesoft.com.br/site/press_26081999.html 28/04/01

Globalização e Megalópoles. <http://www.globalopoles.4mg.com/> 28/04/2001

GROOVER, M.P. Introduction. IN: *Automation, productions systems, and computer-integrating manufacturing*. New Jersey, Prentice-hall, Inc., 1987.

MECHLING, G.W.; PEARCE, J.W. & BUSBIN, J.W. *Exploiting AMT is small manufacturing firms for global competitiveness*. International Journal of Operations & Production Management, 15(2), 61-76, 1995.

PIRES, S.R.I, *Gestão Estratégica da Produção*, Editora UNIMEP, Piracicaba, 269p, 1995.

SON, Y.K. *A framework for modern manufacturing technology*. International Journal Production Research. New York. 29(12), 2483-2499, 1991.

UDO, G. J. & EHIE, I. C., *Advanced manufacturing technologies: Determinants of implementation success*. International Journal of Operations & Production Management. 16(2), 6-26, 1996.