

3 Operacionalização da flexibilidade de manufatura

Existem diversas formas de implementar a flexibilidade de manufatura (Das, 2001; Suarez *et al.*, 1995, 1996; Narasimhan & Das, 2000; Gerwin, 1993). Por exemplo, diversos pesquisadores têm abordado o papel das Tecnologias Avançadas de Manufatura – AMT - na aquisição de flexibilidade nos sistemas produtivos, mas sabe-se que o uso de AMTs configura-se apenas como um dos meios para a operacionalização da flexibilidade (Gerwin, 1993). O alcance de níveis mais elevados de flexibilidade pode envolver fatores estruturais e infra-estruturais. Corrêa (1994) faz referência aos fatores estruturais como sendo originados dos recursos tecnológicos e humanos. Segundo Corrêa, os recursos tecnológicos são compostos pelas instalações e a tecnologia, ou seja, o *hardware* do sistema produtivo; os recursos humanos são compostos pelas pessoas no sistema produtivo. Já os fatores infra-estruturais são referenciados como sendo representados pelos sistemas, relacionamentos e informações que favorecem o funcionamento conjunto das operações.

Existem aspectos de operacionalização da flexibilidade de manufatura que podem ser considerados como ‘indutores’³ de flexibilidade. Esses indutores são considerados elementos direcionais e de controle do nível de flexibilidade do sistema produtivo. Em tese, a elevação dos níveis de capacitação em termos de um indutor específico pode gerar uma elevação nos níveis de flexibilidade; conseqüentemente, melhorando o desempenho da produção.

³ Nesta tese, o termo “indutor” foi adotado, por conveniência, como uma tradução para o termo em inglês “*driver*”. O termo *driver* surgiu em discussões com o Prof. Manoj K. Malhotra, especialista na área de flexibilidade de manufatura, durante o período do programa de doutorado *sandwich* que o autor passou na *University of South Carolina – USC*, tendo sido esse termo designado para descrever os elementos considerados como condutores, direcionadores, ou ainda, meios de obtenção, das estratégias em busca da flexibilidade de manufatura.

Embora existam diversos indutores para a flexibilidade de manufatura, neste estudo são considerados seis dos principais mencionados na literatura: (1) Tecnologia de Processo, (2) Gerenciamento de Recursos Humanos, (3) Técnicas de Gerenciamento da Produção, (4) Processo de Desenvolvimento de Produtos (5) Tecnologia de Informação, e (6) Relacionamentos na Cadeia de Suprimentos (Figura 5). Essa lista de indutores foi introduzida por Suarez *et al.* (1995, 1996). Para efeito de análise, contudo, nessa tese, o indutor de “tecnologia de informação” foi modificado para representar uma visão estendida do indutor original proposto por Suarez *et al.* – “sistemas de informação”. A mudança justifica-se pelo fato de entender-se que, na forma proposta inicialmente por Suarez *et al.*, “sistemas de informação” representa apenas um subconjunto da visão ampliada de “tecnologia de informação”.

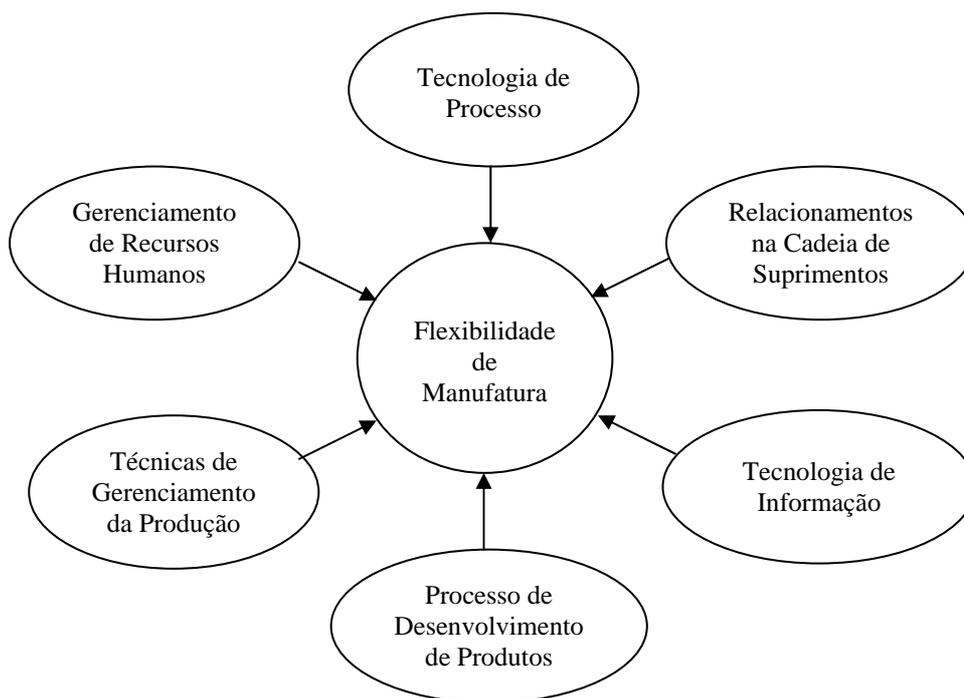


Figura 5 – Elementos indutores da flexibilidade de manufatura

Esses seis indutores de flexibilidade serão discutidos, a partir de uma revisão bibliográfica, considerando algumas de suas principais características, em especial as relacionadas à flexibilidade e ao desempenho da manufatura. O objetivo desta análise não é de esgotar o conteúdo de discussão sobre os indutores, nem

tampouco esgotar a discussão das relações entre esses indutores e as dimensões de flexibilidade, mas sim de reunir elementos básicos, na forma de um referencial teórico, que favoreçam a iniciativa por pesquisas mais aprofundadas sobre cada um deles. O Quadro 5 apresenta uma listagem de exemplos de referências bibliográficas que abordam direta ou indiretamente cada indutor.

Quadro 5 – Referencial bibliográfico para os indutores de flexibilidade

Indutores da flexibilidade de manufatura	Referências
Tecnologia de processo	Jaikumar (1986), Corrêa (1994), Suarez <i>et al</i> (1996), Das (2001), Zukin & Dalcol (2000), Narasimhan <i>et al.</i> (2004), Swamidass & Kotha (1998), Gerwin (1993), Lenz (1992), Swamidass (2003), Primrose & Verter (1996), Slack (1983), Upton (1995), Dean & Snell (1996) e Ward <i>et al.</i> (1994), Ahmed <i>et al.</i> (1996).
Gerenciamento de recursos humanos	Corrêa (1994), Suarez <i>et al.</i> (1995, 1996), Kathuria & Partovi (1999, 2000), Pfeffer (1994, 1998), Ahmad & Shroeder (2003), MacDuffie (1995), Becker & Gerhart (1996), Lado & Wilson (1994), Whight & Snel, 1998), Kinnie & Staughton (1991), Upton (1995), Ahmed <i>et al.</i> (1996), Youndt <i>et al.</i> (1996), Jayaram <i>et al.</i> (1999), Yukl (1994), Arthur (1994), Jack & Raturi (2002).
Processo de desenvolvimento de produtos	Suarez <i>et al.</i> (1995, 1996), Viraney (1996), March-Chordà <i>et al.</i> (2002), Thomke & Reinertsen (1998), Thomke (1997), Slack, (1997), Zukin (1998), Cousineau <i>et al.</i> (2004), Primo & Amundson (2002), Wynstra & ten Pierick (2000), Petersen <i>et al.</i> (2005).
Tecnologia de informação	Suarez <i>et al.</i> (1995), Golden & Powell (2000), Lucas & Olson (1994), Grover & Malhotra (1997), Ho (1996), Mata <i>et al.</i> (1995), Upton (1995, 1996), Khouja & Kumar (2002).
Técnicas de gerenciamento da produção	Suarez <i>et al.</i> (1995, 1996).
Relacionamentos na cadeia de suprimentos	Suarez <i>et al.</i> (1995, 1996), Viraney (1996), Narasimhan & Das (2000, 2001), Bensaou (1999), Skjoett-Larsen (1999), Helper (1994), Morris & Imrie (1993), Matthyssens & Van den Bulte (1994), Lyons <i>et al.</i> (1990), Imrie & Morris (1992), Simatupang & Sridharan (2002), Humphreys <i>et al.</i> (2001), Dyer & Chu (1997, 2000), Johnston <i>et al.</i> (2004), Lai <i>et al</i> (2005), Ford (1984), Gao <i>et al.</i> (2005), (Simatupang & Sridharan (2002), Dyer & Hatch (2004), Krause (1999), Krause <i>et al.</i> (1998), Krause & Ellram (1997), Monczka <i>et al.</i> (1997), Cousineau <i>et al.</i> (2004), McIvor & Humphreys (2004), Lau (1996), Duclos <i>et al.</i> (2003), Olhager (1993), Pérez & Sánchez (2001), Koste (1999), Jack & Raturi (2002).

Cada indutor tem sua contribuição específica para se atingir maior flexibilidade, contudo, neste estudo, será abordado o indutor de “relacionamentos na cadeia de suprimentos”. Justifica-se a escolha, primeiramente, por ser o “gerenciamento da cadeia de suprimentos” um tema emergente e considerado de grande importância, em termos de competitividade, para as empresas. Segundo, a impossibilidade de

abordar todos os indutores conjuntamente em um único estudo, mesmo considerando ser uma tese de doutorado. A necessidade de aprofundamento no tema sugere simplificações e detalhamentos que envolveriam um número muito grande de variáveis para cada indutor, o que tornaria difícil e complexa a análise de todos eles. Desse modo, o foco nos relacionamentos na cadeia de suprimentos permite uma análise estendida das formas como tais relacionamentos exercem seus impactos sobre a flexibilidade e o desempenho da manufatura.

Sendo assim, enquanto os cinco primeiros indutores são tratados de modo a sintetizar suas características, a discussão do indutor de ‘relacionamentos na cadeia de suprimentos’ é convenientemente detalhado separadamente para a composição de um referencial teórico para pesquisas, e, mais especificamente, para a condução de um estudo empírico em empresas de manufatura.

3.1 Tecnologia de processo

Considera-se que ‘tecnologia de processo’ inclui as tecnologias “hardware”, tais como sistemas convencionais e sistemas controlados por computador utilizados para manufatura.

Narasimhan *et al.* (2004) investigaram diversos elementos de tecnologia de processo, agregando-os em um conjunto chamado de “competência em flexibilidade”. Eles definem ‘competência em flexibilidade’ como sendo “a habilidade de uma firma em converter ou explorar investimentos em tecnologias avançadas de manufatura e iniciativas em fornecimento estratégico para desenvolver flexibilidades de manufatura” (Narasimhan *et al.*, 2004, p. 92). Entre suas descobertas, existem evidências de que algumas firmas que enfatizam investimentos em ‘tecnologias avançadas de manufatura’ e iniciativas em ‘fornecimento estratégico’ são mais efetivas que as demais, em termos de desenvolvimento de flexibilidade de manufatura.

Embora muitos estudos sugiram uma influência positiva da tecnologia de processo sobre a flexibilidade de manufatura, outros têm encontrado evidências de que não

há qualquer correlação entre esses dois aspectos. Por exemplo, Das (2001) analisou dados de uma *survey* envolvendo 322 gerentes *seniors* de empresas de manufatura. Seus resultados não deram suporte para a hipótese de relacionamento entre AMT e as dimensões de flexibilidade de *mix*, modificação e novos produtos. Contudo, na tentativa de elucidar este resultado divergente, ele reportou diversas evidências encontradas na literatura que justificassem a ausência dos efeitos positivos das AMTs. Dentre esses, destacam-se: (1) “flexibilidade pode não ser um objetivo explícito dos investimentos em tecnologia de processo” (p. 4170), sugerindo que algumas implementações são direcionadas mais em função do aspecto custo ou qualidade do que a flexibilidade em si; (2) existência de “um intervalo de tempo entre adotar de tecnologias avançadas de manufatura e a experimentar os seus benefícios” (p. 4170); (3) imposição “sobre uma organização como uma situação de teste, ou por razões de satisfação de clientes/governo” (p. 4170); (4) “um objetivo estratégico para tecnologias avançadas de manufatura tem sido a flexibilidade de volume” (p. 4170), reportando os altos investimentos em tecnologia de processo feitos pela *The General Motors* na década de 80.

Pode-se supor que, enquanto uma firma estiver lidando com um contexto como esse acima elucidado por Das (2001), torna-se difícil alcançar os benefícios da implementação de tecnologias de processo; contudo, pode-se considerar que uma implementação bem planejada dessas tecnologias pode permitir uma firma explorar todos os seus benefícios. Por outro lado, é importante destacar que existem limitações para o trabalho de Das (2001), em especial o fato de ter envolvido apenas três dimensões da flexibilidade, pois existem outras dimensões a serem consideradas no modelo para avaliar todos os efeitos da tecnologia de processo sobre a flexibilidade de manufatura.

Durante as últimas décadas, o uso de tecnologias avançadas de manufatura recebeu bastante atenção como um meio direto para adquirir flexibilidade (Swamidass & Kotha, 1998). De fato, AMT é apenas um dos meios para introduzir flexibilidade nos processos de manufatura (Gerwin, 1993). Além disso, existem diversos trabalhos que demonstram resultados contraditórios quanto ao uso de AMT, tal como o bem conhecido trabalho de Jaikumar (1986) sobre o uso de Sistemas Flexíveis de Manufatura (*Flexible Manufacturing Systems – FMS*)

instalados nos Estados Unidos e Japão. Jaikumar revelou que simplesmente adotar equipamentos sofisticados não garante níveis elevados de flexibilidade. Ele observou que uma das principais diferenças entre os sistemas americano e japonês se deu no modo como a tecnologia era gerenciada. Toda tecnologia adotada deve ser gerenciada; de outra forma, o sistema de manufatura pode experimentar baixos níveis de desempenho. Corroborando isso, Lenz (1992) afirma que toda companhia tem de estar preparada para adotar uma nova tecnologia. Para Lenz, existem muitas tecnologias disponíveis para serem utilizadas nos sistemas de manufatura, mas uma companhia tem de avaliar sua capacidade em gerenciá-la, antes de adotá-la. Logo, o gerenciamento de tecnologia pode ser considerado um aspecto-chave quando uma companhia almeja adquirir flexibilidade.

Corrêa (1994) descreve duas abordagens principais na literatura em relação aos recursos tecnológicos em sistemas de manufatura para que se adquira maior flexibilidade: abordagem baseada em tecnologia e abordagem baseada em método. A abordagem baseada em tecnologia sugere que a automação flexível é o principal meio para se desenvolver flexibilidade. Com base nessa abordagem, uma companhia pode adquirir flexibilidade por meio de máquinas de controle numérico (CNC), por exemplo. Por outro lado, a abordagem baseada em método pode ser vista como uma abordagem alternativa, ao se considerarem os altos custos envolvidos na aquisição e implementação de automação flexível. Essa abordagem considera o uso de máquinas convencionais e modulares associadas a métodos de produção para ajudar na redução, por exemplo, de tempos de *setup* para melhorar a flexibilidade. Além disso, Corrêa sugere uma situação hipotética que parece ser realidade de diversas companhias em países em desenvolvimento. Ele diz que, se uma companhia planeja adquirir flexibilidade por meio de automação flexível, mas não tem capital suficiente para isso, tal companhia deveria enfatizar a abordagem baseada em método como uma alternativa plausível para o desenvolvimento da flexibilidade.

Swamidass & Kotha (1998) investigaram o relacionamento entre AMT e o porte das firmas nos Estados Unidos. Eles estudaram o “uso da tecnologia”, envolvendo 19 tipos de AMT distribuídos em quatro grupos – tecnologias de projeto de produto, tecnologias de processo, tecnologias de planejamento/logística, e

tecnologias de intercâmbio de informações. Suas descobertas confirmaram que “o uso de AMT é menor em firmas de menor porte do que em firmas de grande porte” (p. 31). Ainda, eles encontraram suporte para sua hipótese inicial de que o uso de AMT cresce linearmente à medida que o porte da firma cresce logaritmicamente. Em um trabalho mais recente, Swamidass (2003) encontrou mais evidências de que, dentre as plantas americanas, as pequenas firmas são mais lentas do que as grandes firmas em adotar tecnologias de manufatura inovadoras, isto é, AMT. Uma vez que a adoção de tecnologias avançadas de manufatura, inclusive tecnologias de processo, está associada com flexibilidade, é aceitável a consideração de que pequenas firmas sejam menos flexíveis que grandes firmas na utilização desse *indutor* de flexibilidade. Contudo, essa visão pode ser aplicável no caso de firmas utilizando AMT, mas não no caso de firmas sob a abordagem baseada em método descrita por Corrêa (1994). Nesse caso, existe muito pouca pesquisa que evidencie se estas firmas podem ou não atingir níveis elevados de flexibilidade de manufatura utilizando equipamentos convencionais associados com métodos de produção.

Embora existam divergências na literatura quanto ao uso de tecnologia de processo como um indutor potencial de flexibilidade, pode-se considerar um impacto positivo do uso de tecnologia de processo sobre a flexibilidade de manufatura. Ainda, considerando a tecnologia de processo como um indutor para a flexibilidade, seus efeitos principais serão percebidos por meio das dimensões da flexibilidade. De fato, quando implementada, a tecnologia de processo pode melhorar o desempenho ao aprimorar o nível de flexibilidade da firma. Esses incrementos de desempenho podem ser percebidos, por exemplo, por meio de reduções em custo e tempo de *setup*, aumento de capacidade de produção, mudanças rápidas entre máquinas para produção de produtos diferentes, facilidade na introdução de novos produtos, facilidade para a firma em manter um amplo *mix* de produtos, melhorar a habilidade da firma em executar diversas modificações em seus produtos, e responder efetivamente a solicitações de customização de produtos.

Diversos autores têm discutido os efeitos da tecnologia de processo sobre as dimensões da flexibilidade. Uma consideração básica é de que máquinas

automatizadas e programáveis dariam suporte a níveis mais elevados de flexibilidade de máquina. O desenvolvimento de maior flexibilidade nas dimensões de *mix*, volume, novos produtos e modificação de produtos, por meio do uso de tecnologia de processo programável e automação, também é sugerido em trabalhos como os de Suarez *et al.* (1995, 1996), Primrose & Verter (1996), Slack (1983), Corrêa (1994), Zukin & Dalcol (2000) e Narasimhan *et al.* (2004).

Embora a tecnologia de processo possa gerar incrementos positivos em diversas dimensões da flexibilidade, esse efeito pode requerer mais de outras dimensões, solicitando, portanto, um desenvolvimento conjunto, ou mesmo como pré-requisito, para essas dimensões. Por exemplo, uma firma pode requerer mais flexibilidade de mão-de-obra, ao desenvolver flexibilidade de máquina, via equipamentos programáveis. Nesse caso, o operador deve ser mais flexível do que o operador de máquinas convencionais e estar preparado para encarar uma faixa mais ampla de tarefas (Primrose & Verter, 1996). Além disso, pode ocorrer a necessidade de a firma executar mudanças em fatores infraestruturais visando facilitar a implementação de tecnologias de processo mais avançadas, como sugerido por Jaikumar (1986), Upton (1995), Dean & Snell (1996) e Ward *et al.* (1994).

Automação não é o único meio para o desenvolvimento de flexibilidade quando se utiliza tecnologia de processo (Ahmed *et al.*, 1996). Como mencionado, Corrêa (1994) advoga o uso de máquinas convencionais e modulares associadas com métodos para redução de tempos de *setup* e melhoria da flexibilidade. Esse poderia ser um modo efetivo para se desenvolver flexibilidade, considerando firmas com recursos financeiros limitados para investir em maior automação de seus equipamentos. Corroborando essa visão de uso de equipamentos convencionais, Ahmed *et al.* (1996) sugerem que “automação não é um requisito para flexibilidade, uma vez que um simples torno pode ser usado por um operador habilidoso para produzir uma grande variedade de produtos” (p. 564).

3.2 Gerenciamento de recursos humanos

As pessoas representam um dos recursos mais importantes em uma organização (Corrêa, 1994; Pfeffer, 1994; Ahmad & Shroeder, 2003). Além disso, os recursos humanos são reconhecidamente uma fonte de vantagem competitiva sustentável para as empresas (Pfeffer, 1994; MacDuffie, 1995; Becker & Gerhart, 1996; Lado & Wilson, 1994). Competir com o uso estratégico de pessoas é um meio efetivo de melhorar a competitividade, mas a implementação das práticas de gerenciamento de recursos humanos não é uma tarefa fácil (Pfeffer, 1994; Ahmad & Shroeder, 2003). O gerenciamento de recursos humanos representa um vasto campo de estudo que tem sido extensivamente abordado em pesquisas. Com o objetivo de melhor discutir os relacionamentos entre o gerenciamento de recursos humanos e a flexibilidade de manufatura, apresentam-se alguns conceitos e práticas relacionados à melhoria de desempenho da empresa, com especial ênfase a diversos estudos na área de gerência de operações.

Pfeffer (1998) lista sete práticas de gerenciamento de recursos que podem apresentar efeitos positivos sobre o desempenho organizacional. Essas práticas são (Pfeffer, 1998, p. 96): (1) segurança no emprego (estabilidade); (2) contratação seletiva de novo pessoal; (3) equipes auto-gerenciáveis e descentralização de tomada de decisão como princípios básicos do desenho organizacional; (4) remuneração comparativamente elevada em função do desempenho organizacional; (5) treinamento extensivo; (6) redução de barreiras e distinções de *status*, incluindo vestuário, linguagem, arranjo físico de escritório e diferenças salariais através dos níveis hierárquicos; e (7) compartilhamento extensivo de informações financeiras e de desempenho por toda a organização. Ahmad & Schroeder (2003) observaram essas práticas em diferentes indústrias e países. Suas descobertas fornecem suporte para a generalização das sete práticas sugeridas por Pfeffer, mostrando também que plantas de manufatura em diferentes países e/ou indústrias utilizam e enfatizam as práticas de gerenciamento de recursos humanos de modo diferenciado.

No contexto da manufatura, o gerenciamento de recursos humanos pode contribuir significativamente para a implementação de uma estratégia de manufatura efetiva (Kinnie & Staughton, 1991). Com o objetivo de ganhar desempenho operacional por meio de recursos humanos, sugere-se dar especial atenção à efetiva interação entre os sistemas social e técnico, como foi bem enfatizado por Ahmad & Schroeder (2003, p. 19):

“... práticas inovadoras e tecnologicamente sofisticadas de manufatura quando sozinhas podem fazer muito pouco para melhorar o desempenho operacional, a não ser que as necessárias práticas de gerenciamento de recursos humanos sejam envolvidas para que se forme sistema sócio-técnico consistente. Por esta razão, empresas de manufatura precisam avaliar cuidadosamente suas práticas existentes de gerenciamento de recursos humanos e modificá-las, se necessário; desse modo, os funcionários podem contribuir eficientemente para a melhoria operacional.”

Flexibilidade é um importante conceito a ser enfatizado no gerenciamento de recurso humanos, uma vez que a flexibilidade é requerida quando se considera um ambiente competitivo dinâmico e complexo (Whight & Sneel, 1998). Enquanto investigava o que tornava uma empresa flexível, Upton (1995) notou que a flexibilidade da planta dependia muito mais das pessoas – tanto gerentes quanto operários – do que de qualquer fator técnico. Upton observou ainda que muitos gerentes não atingiam níveis mais elevados de flexibilidade porque depositavam confiança demais nas suas máquinas e tecnologias, enquanto se dedicavam pouco ao gerenciamento das pessoas. Suarez *et al.* (1995, 1996) também sugeriram que fatores não-tecnológicos, tais como elevado envolvimento de operários em atividades de solução de problemas e planos salariais flexíveis desempenham um papel importante na melhoria da flexibilidade.

Em uma visão de integração para a flexibilidade, Ahmed *et al.* (1996) sugerem que para construir vantagem competitiva por meio da flexibilidade, a empresa deve possuir um conjunto genérico de quatro elementos: máquinas/tecnologias flexíveis, pessoas flexíveis, estruturas flexíveis, sistemas e processos flexíveis. Especificamente no caso de pessoas flexíveis, Ahmed *et al.* (1996) notaram que as vantagens da flexibilidade podem ser desenvolvidas se os indivíduos possuírem multi-habilidades e forem hábeis em mudar rapidamente entre rotinas e tarefas. Considerando-se que esse é um aspecto básico para geração de flexibilidade, um

requisito essencial é manter as pessoas em contínuo (re)treinamento para novas e diferentes operações, produtos e ambientes de mercado. Youndt *et al.* (1996) apresentam a mesma visão ao considerarem uma abordagem contingencial para o gerenciamento estratégico de recursos humanos e sua ligação com estratégias voltadas à flexibilidade, considerando que:

“... se uma empresa quer ter flexibilidade com sucesso, ela deve desenvolver e manter uma mão-de-obra altamente habilidosa, tecnologicamente competente e adaptável que possa lidar com circunstâncias excepcionais e não-rotineiras que requeiram criatividade e iniciativa” (p. 845).

Corrêa (1994) argumenta que uma empresa que almeja desenvolver elevados níveis de flexibilidade de manufatura deveria apresentar algumas características em sua mão-de-obra, tais como: (1) habilidades múltiplas, (2) habilidade para tomada de decisão e solução de problemas, (3) habilidade para trabalho em equipe, (4) capacidade de comunicação, (5) habilidade de compreensão do processo como um todo, (6) habilidade de adaptação a novas situações e (7) habilidade/disposição para o aprendizado contínuo. Corrêa também faz referência à necessidade de abandono de diversos conceitos de gerenciamento considerados tradicionais para se criar uma mão-de-obra mais flexível. Ele considera que a demanda por flexibilidade requer “tomada de decisão descentralizada, habilidade de solução de problemas não-repetitivos, habilidade de planejamento e autocontrole de quem desempenha a tarefa ou, em outras palavras, habilidade gerencial juntamente com excelência técnica” (Corrêa, 1994, p. 36), entre outros aspectos como os relativos a supervisão (que deveria mudar de “diretiva” para “colaborativa”), aprendizado contínuo (tanto aspectos técnicos quanto gerenciais) e formas de premiação (que poderiam ser baseadas em desempenho coletivo e habilidades individuais, e não unicamente baseado em desempenho individual).

Jayaram *et al.* (1999) examinaram o impacto de diversos grupos de práticas de gerenciamento de recursos humanos relacionadas com as quatro dimensões tradicionais para análise do desempenho da manufatura: custo, qualidade, flexibilidade e tempo. Eles sugerem que, de modo geral, as práticas de gerenciamento de recursos humanos podem ser agrupadas em cinco grupos distintos: práticas relativas a custo, práticas relativas a qualidade, práticas relativas

a flexibilidade, práticas relativas a tempo e práticas genéricas. Especialmente em termos de práticas relativas a flexibilidade, são listadas em seu trabalho: comprometimento da alta gerência com a flexibilidade, comunicação e metas voltadas à flexibilidade, treinamento formal como suporte à flexibilidade e equipes multifuncionais como suporte à flexibilidade. Além disso, eles sugerem um forte relacionamento entre essas práticas e os resultados de desempenho relativos à flexibilidade.

Youndt *et al.* (1996) também apontam para diversas práticas de gerenciamento de recursos humanos que poderiam beneficiar as estratégias de flexibilidade, tais como: sistema abrangente de seleção de pessoal; programas abrangentes de treinamento focalizando habilidades técnicas e resolução de problemas; *feedback* e análise de desempenho disponibilizados de modo contínuo aos empregados; sistema de remuneração voltado à mão-de-obra adaptável e com multi-habilidades; elevado nível de independência por parte dos empregados; resolução de problemas em equipe e incentivos com base em desempenho de equipe. Ainda, segundo Youndt *et al.* (1996), as estratégias de flexibilidade de manufatura requerem sistemas de recursos humanos voltados para melhoria do capital humano que focalizem a aquisição e o desenvolvimento de habilidades em um esforço para facilitar adaptabilidade e responsividade.

Quanto ao papel dos gerentes de produção no desenvolvimento da flexibilidade, Kathuria & Partovi (1999) desenvolveram um trabalho visando identificar práticas de gerenciamento de mão-de-obra que mais contribuíssem para o desempenho gerencial quando uma planta enfatiza elevada flexibilidade. Eles incluíram em seu modelo os três grupos genéricos de práticas, com base na abordagem comportamental de Yukl (1994), desempenhados pelos gerentes de produção no gerenciamento da mão-de-obra: (1) práticas orientadas ao relacionamento (*networking*, formação de equipes, suporte, tutorial, inspiração, reconhecimento e premiação), (2) práticas de liderança participativa e delegação (consultoria e delegação) e (3) práticas orientadas a trabalho (disseminação de informações, planejamento, clarificação de funções, monitoramento e resolução de problemas). Suas descobertas sugerem que as práticas orientadas ao relacionamento e práticas de liderança participativa e delegação são positiva e significativamente

correlacionadas com o desempenho gerencial quando existe grande ênfase na flexibilidade. Ainda, eles consideram que as práticas orientadas ao trabalho produziriam melhores resultados se fossem desempenhadas pelos próprios trabalhadores ou equipes (e não pelos gerentes) no contexto de grande ênfase na flexibilidade.

Os efeitos do gerenciamento de recursos humanos sobre o desempenho da empresa têm sido bastante estudados, como pode ser visto nos trabalhos de MacDuffie (1995), Ahmad & Schroeder (2003), Arthur (1994), Becker & Gerhart (1996). Entretanto, poucos estudos foram encontrados na literatura que tivessem sido voltados às influências do gerenciamento de recursos humanos sobre o desempenho da manufatura por meio da flexibilidade de manufatura (Kathuria & Partovi, 1999, 2000; Wright & Snell, 1998, por exemplo). Sendo assim, é importante investigar o alinhamento entre esses aspectos para melhor avaliar de que modo as dimensões da flexibilidade de manufatura são afetadas pelas práticas de gerenciamento de recursos humanos e, finalmente, seus efeitos sobre o desempenho da manufatura. A seguir, destacam-se alguns trabalhos que tratam dessas questões.

Suarez *et al.* (1995, 1996) analisaram a indústria eletrônica de placas de circuito impresso (PCI) e descobriram um forte relacionamento entre o gerenciamento de recursos humanos e a flexibilidade de volume. Preliminarmente, para a flexibilidade de volume, eles esperavam que o não comprometimento com emprego permanente (estabilidade), uso mais intensivo de mão-de-obra temporária, estruturas de salários ligadas ao desempenho da planta ou da divisão poderiam fornecer vantagens para a planta quanto à adaptação às mudanças (Suarez *et al.*, 1996). Suas descobertas deram suporte à hipótese associada com esquemas flexíveis de salários. Embora o nível de automação em sua amostra tenha sido considerado como um fator redutor dos efeitos positivos do gerenciamento de recursos humanos sobre outras dimensões da flexibilidade, as hipóteses iniciais merecem ser avaliadas em contextos de manufatura intensivos em mão-de-obra (Suarez *et al.*, 1996). Essas expectativas iniciais sugerem que “trabalhadores com treinamento e habilidades melhores e mais abrangentes tendem a elevar a flexibilidade de *mix*” (Suarez *et al.*, 1996, p. 231) e “uma mão-

de-obra melhor treinada e educada eleva a flexibilidade de novos produtos” (Suarez *et al.*, 1996, p. 232).

Corrêa (1994) também faz referência ao desenvolvimento de diversas dimensões da flexibilidade por meio de recursos humanos, tais como a melhoria da flexibilidade de *mix* pelo uso de mão-de-obra com habilidades múltiplas e melhores, e a melhoria da flexibilidade de novos produtos e de modificação de produtos pelo uso de equipes multi-funcionais.

Jack & Raturi (2002) encontraram suporte ao uso e desenvolvimento de “melhores práticas” (*best practices*) de gerenciamento de recursos humanos, tais como treinamento multifuncional e *empowerment* como fonte de flexibilidade de volume na planta. Youndt *et al.* (1996) também discutem o grande valor das práticas de gerenciamento de recursos humanos para as empresas com estratégias voltadas à flexibilidade. A partir dessa discussão, pode-se considerar os impactos sobre o desempenho da empresa por meio da melhoria de dimensões da flexibilidade como a flexibilidade de mão-de-obra, flexibilidade de novos produtos, flexibilidade de modificação de produtos, flexibilidade de *mix* e flexibilidade de volume.

3.3

Processo de desenvolvimento de produtos

March-Chordà *et al.* (2002) listam três grupos de fatores críticos de sucesso para o processo de desenvolvimento de novos produtos: (i) o suporte da alta gerência, (ii) o planejamento de desenvolvimento de produtos e (iii) a análise de requisitos de mercado. Essa classificação baseia-se na natureza e importância de diferentes determinantes sobre a inovação e o desenvolvimento de produtos. Na visão desses autores, inovação de produtos pode ser definida como “a comercialização de um produto tecnologicamente distinto, incluindo novos produtos cujas características de projeto são mudadas para melhorar o serviço ao cliente” (March-Chordà *et al.*, 2002, p. 302). Os autores também chamam a atenção para o tipo de inovação no processo de desenvolvimento de produtos, considerando a busca por equilíbrio

entre as visões de inovação radical e inovação incremental, em relação aos produtos existentes.

Thomke & Reinertsen (1998) introduziram o conceito de “flexibilidade de desenvolvimento” para expressar, em termos econômicos, a presença da flexibilidade nos processos de desenvolvimento de fornecedores, do seguinte modo:

“Flexibilidade de desenvolvimento pode ser expressa como uma função do custo econômico incremental de modificar um produto como uma resposta às mudanças que são externas (p.ex. uma mudança nas necessidades do cliente) ou internas (p.ex. descoberta de uma solução técnica melhor) ao processo de desenvolvimento. Quanto maior o custo econômico de modificar um produto, menor a flexibilidade de desenvolvimento” (p. 8).

Thomke & Reinertsen (1998) sugerem três abordagens para aumentar a flexibilidade de desenvolvimento: (1) adoção de tecnologias flexíveis – buscar tecnologias que permitam iterações de projeto mais rápidas e com menor custo, (2) modificação dos processos de gerenciamento – liberação progressiva de recursos ao longo do projeto, medição e melhoria do tempo de reação para inserir modificações no projeto, estruturação detalhada das atividades de projeto etc., e (3) aprimoramento da arquitetura de projeto – uso de estruturas modulares de produto, isolamento das volatilidades no projeto etc. Em um outro estudo, Thomke (1997) analisa de modo semelhante o papel da flexibilidade no desenvolvimento de novos produtos, considerando que as interações entre tecnologia e a flexibilidade durante o projeto de produto geram impactos sobre o desempenho do processo de desenvolvimento.

Realmente, por meio da otimização do processo de desenvolvimento de produtos, pode-se, potencialmente, elevar o nível de flexibilidade. A utilização de ferramentas e métodos de gerenciamento que acelerem o projeto de produto e interrelacionem as diversas áreas funcionais da empresa (*marketing*, *contábil/financeira*, *engenharia/suporte técnico*, *recursos humanos* etc.) favorece a rápida introdução de novos produtos e garante a agilidade em atender a requisitos oriundos da demanda e das condições de mercado (*customização*).

Destaca-se como ferramenta para o desenvolvimento mais eficiente de produtos o Projeto Auxiliado por Computador (*Computer-Aided Design – CAD*), que permite o uso de computador para realizar, com alto grau de exatidão, simulações e testes de desempenho de produtos, sem a necessidade de testes físicos. O CAD permite, ainda, criar/modificar desenhos e arquivar os projetos em uma biblioteca de dados padronizados de peças/componentes para posterior utilização (Slack, 1997). Ainda, o CAD pode ser integrado à manufatura em conjunto com o CAM (*Computer-Aided Manufacturing*), potencializando ainda mais o processo. Pelo lado do gerenciamento do processo de desenvolvimento, pode ser evidenciado o uso da engenharia simultânea (ou concorrente), que “procura otimizar o projeto do produto e do processo de manufatura para conseguir reduzir tempos de desenvolvimento e melhorar a qualidade e os custos por meio da integração das atividades de projeto e manufatura e da maximização do paralelismo nas práticas de trabalho” (Broughton *apud* Slack, 1997, p. 171). Segundo Zukin (1998, p. 81): “a engenharia concorrente reduz o *lead-time* de desenvolvimento de um produto e, entre outros benefícios, a redução de *lead-time* propicia uma melhoria na flexibilidade de manufatura da firma”.

Uma outra maneira de aumentar a agilidade no processo de desenvolvimento de produtos baseia-se na intercambialidade de peças/componentes no projeto. Suarez *et al.* (1995, 1996) notaram que a reusabilidade de componentes na produção de placas de circuito impresso permitiria uma grande vantagem na aquisição de flexibilidades de *mix* de produtos e novos produtos, possibilitando a produção de diferentes modelos de modo rápido e a baixo custo, em função da redução da necessidade de desenvolvimento de diversos novos componentes. Isso significa padronizar a manufatura pelo uso de peças padrão ou similares a outras que a empresa possua. Corroborando isso, Zukin (1998) declara que a adoção de princípios de projeto de produto que impliquem utilização de peças com certo grau de padronização reduz a necessidade total (interna) de flexibilidade na organização.

As empresas podem prever um maior envolvimento por parte dos fornecedores/subcontratados em um desenvolvimento conjunto de produtos (Cousineau *et al.*, 2004; Primo & Amundson, 2002; Wynstra & ten Pierick, 2000;

Petersen *et al.*, 2005). Com a participação de fornecedores/subcontratados, desde as primeiras fases do projeto de produto, pode-se reduzir a necessidade de modificações posteriores, decorrentes de erros ou incompatibilidades no processo. Além disso, a constante interação entre as equipes de engenharia de ambos os lados concorre para a solução de problemas de projeto e de especificações de material e processo relacionados. Também, efetivas contribuições advindas da experiência e do conhecimento técnico dos fornecedores/subcontratados podem permitir que a empresa produtora introduza modificações nos produtos existentes rapidamente (Viraney, 1996).

3.4 Tecnologia de informação

Para Lucas & Olson (1994), a tecnologia de informação refere-se ao *hardware*, *software*, procedimentos, pessoal e dados empregados na produção, disseminação e utilização da informação, tanto formal quanto informal, na organização. Grover & Malhotra (1997) definem tecnologia de informação como sendo a tecnologia utilizada para adquirir, processar e transmitir informações de modo a permitir tomadas de decisão mais eficientes.

Ho (1996) considera que a implementação de tecnologia de informação é criticamente dependente das características dos negócios e setor no qual ela é aplicada. A tecnologia de informação como integrador do sistema produtivo representa um aspecto que pode ser determinante na operacionalização da flexibilidade de manufatura. Existe muita discussão acerca da extensão de sua contribuição, contudo a sua condição como arma competitiva é bastante enfatizada na literatura gerencial (Mata *et al.*, 1995).

A consideração principal poderia ser de que a intensificação do uso de tecnologia de informação aumenta a flexibilidade de manufatura. Contudo, diversos autores têm encontrado resultados que sugerem uma contradição a essa proposição. Upton (1995, 1996) observou a existência de pouca correlação positiva entre o grau de integração computacional e o grau de flexibilidade operacional. Nos estudos de Upton, as empresas com maior integração computacional demonstraram ser

menos flexíveis que as de menor integração, especificamente com relação ao aumento da variedade de produtos e redução dos tempos de mudança entre produtos (*changeover*⁴). Muitas vezes, a integração computacional ocasiona rigidez no processo produtivo, possivelmente quando a sua implantação é mal planejada ou sua operação mal gerenciada, impedindo a elevação dos níveis de flexibilidade.

Lucas & Olson (1994) argumentam que a tecnologia de informação pode ter um impacto positivo significativo sobre a flexibilidade organizacional. Os autores sugerem que a tecnologia de informação contribui de três modos principais para a obtenção de flexibilidade: (1) ela muda a natureza das fronteiras organizacionais e o momento quando as atividades ocorrem, (2) altera a natureza e o ritmo de trabalho, e (3) auxilia as empresas a responderem às mudanças nas condições de mercado. Em seu trabalho, os autores ilustram o impacto da tecnologia de informação sobre a flexibilidade organizacional e exploram as implicações desses impactos com vistas ao seu gerenciamento. Para Lucas & Olson, existe uma diferenciação a ser observada entre a flexibilidade tecnológica e a flexibilidade organizacional. Essa visão de diferenciação corresponde a um paradoxo, pois a tecnologia contribui para a flexibilidade organizacional, contudo a tecnologia de informação por si só, muitas vezes, pode ser considerada inflexível, uma vez que tal tecnologia pode desenvolver flexibilidade no momento de sua implantação, porém, com o passar do tempo, ela torna-se obsoleta e de difícil manutenção, fazendo com que a organização tenda a tornar-se cada vez mais inflexível.

Lucas & Olson (1994) sugerem duas situações nas quais o uso de tecnologia de informação pode gerar decréscimos na flexibilidade: (1) quando a tecnologia de informação eleva o tempo, esforço e o custo para mudar os sistema e (2) quando a tecnologia de informação eleva o tempo, esforço e custo para mudar os fluxos de trabalho, considerando a estrutura organizacional. Além disso, os autores sugerem alguns efeitos de segunda ordem que podem ocorrer de três modos: (1) a organização torna-se mais dependente em relação à tecnologia de informação, (2)

⁴ Segundo Gerwin (1987), a flexibilidade de mudança entre produtos (*changeover*) é definida como a habilidade de um sistema de manufatura lidar com adições e subtrações de produtos do seu *mix* com o tempo.

o uso da tecnologia de informação pode estimular respostas inesperadas de concorrentes, clientes e outros indivíduos ou grupos afetados com as mudanças, e (3) a organização pode ter que lidar com o gerenciamento de um sistema mais complexo.

Golden & Powell (2000) também consideram a possibilidade de inflexibilidade no sistema, a partir da implementação de tecnologias de informação. De fato, embora a tecnologia de informação possua características que melhoram a flexibilidade, por outro lado, ela também pode causar rigidez e inflexibilidade ao sistema, pois a adoção de tecnologia de informação não fornece imediatamente flexibilidade, podendo até ser a causa direta de seu decréscimo. Esses autores consideram os impactos positivos e negativos da tecnologia de informação sobre a flexibilidade.

Dentre os impactos positivos identificados por Golden & Powell (2000), têm-se:

- (a) contribuições para a flexibilidade organizacional – mudanças na natureza das fronteiras organizacionais e no tempo no qual os trabalhos ocorrem, alteração na natureza do andamento do trabalho e auxílio nas respostas às condições de mercado em mudança;
- (b) possibilidade de se construírem modelos de planejamento e sistemas de informação mais flexíveis por meio de novas tecnologias de *software* e *hardware*, tais como computadores PC e linguagens computacionais mais avançados;
- (c) possibilidade de criação e manutenção de *links* que capturem melhor a flexibilidade com parceiros comerciais para troca rápida e confiável de informações – rede flexível de negócios (*flexible business networking*) –, destacando-se o uso extensivo do intercâmbio eletrônico de dados (*Electronic Data Interchange* – EDI) (Viraney, 1996; Gerwin, 1993).

Pelo lado dos impactos negativos, Golden & Powell destacam:

- (a) possibilidade de ocorrência de rigidez e inflexibilidade de sistemas de informação desatualizados em relação às mudanças no mercado – sistemas gerados para condições competitivas particulares, impossibilitando a sua atualização para lidar com uma perspectiva de necessidades competitivas de rápida ‘customização’ de produtos e eficiência na produção/distribuição de produtos;
- (b) dissociação entre desenvolvimento de tecnologia de informação e relacionamentos de trabalho entre mão-de-obra, departamentos e firmas – falta de integração e de valorização da mão-de-obra).

Khouja & Kumar (2002) identificam o fluxo informações, de modo acurado e preciso, ao longo de uma cadeia de suprimentos como um aspecto crítico de sucesso. Afirmam que os investimentos em tecnologia de informação permitem a melhoria do fluxo de informações dentro da cadeia de suprimentos, tornando possível, por exemplo, a detecção prévia das mudanças de demanda, o que pode favorecer a redução da necessidade de flexibilidade de volume no sistema produtivo. Contudo, os autores chamam a atenção para que sejam avaliados os *trade-offs* entre os investimentos em tecnologia de informação e flexibilidade de volume.

3.5 **Técnicas de gerenciamento da produção**

Não foram encontrados na literatura estudos específicos quanto ao papel das técnicas de gerenciamento da produção como um indutor da flexibilidade de manufatura. Contudo, pode-se considerar que técnicas de gerenciamento da produção, tais como *Just in Time* – JIT, Gerenciamento da Qualidade Total (*Total Quality Management* – TQM), Controle da Qualidade Total (*Total Quality Control* – TQC), Planejamento das Necessidades de Material (*Material Requirement Planning* – MRP), Planejamentos das Necessidades da Manufatura (*Manufacturing Requirement Planning* – MRP II) e manutenção preventiva,

podem exercer influências positivas sobre a flexibilidade de manufatura de uma empresa. Suarez *et al.* (1995, 1996) observaram que as chamadas técnicas de gerenciamento ‘japonesas’ ou ‘enxutas’ tendem a aumentar as flexibilidades de *mix* de produtos e novos produtos, por favorecerem a redução nos custos de *setup* e aumentarem a autoridade e coordenação delegadas aos trabalhadores. O grau de interação com o processo produtivo por parte dos operários e o nível de envolvimento desses em atividades de grupos para solução de problemas, tais como círculos de qualidade – CQ, também foram associados positivamente com a elevação dos níveis de flexibilidade das dimensões citadas.