



## FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA NA INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA: PERCEPÇÃO GERENCIAL E APLICAÇÃO

**Paulo R. T. Dalcol**

Depto. de Engenharia Industrial, PUC-Rio  
R. Marquês de São Vicente, 225  
22453-900 - Rio de Janeiro  
E-mail: prtd@rdc.puc-rio.br

**Marcio Zukin**

Depto. de Engenharia Industrial, PUC-Rio  
E-mail: marzukin@rdc.puc-rio.br

### *Resumo*

---

*As empresas estão crescentemente percebendo a flexibilidade como uma estratégia para alcançar vantagem competitiva na manufatura. Este artigo visa fornecer conhecimentos recentes de como empresas da indústria eletroeletrônica estão lidando com a questão da flexibilidade. São apresentados e analisados alguns dos resultados mais relevantes da investigação empírica dos autores sobre manufatura de resposta rápida em 16 empresas líderes em 5 estados brasileiros, incluindo multinacionais. A pesquisa examina a percepção gerencial da importância das estratégias de flexibilidade. Ela também explora como essas empresas estão utilizando industrialmente conceitos e técnicas que melhoram a flexibilidade de manufatura da firma, em termos de frequência de mudança e variedade de produtos.*

**Palavras-chave:** *flexibilidade de manufatura, sistemas flexíveis de manufatura, avaliação de flexibilidade.*

### **1. Introdução**

Considerando que as empresas estão progressivamente se concentrando na flexibilidade como uma estratégia de vantagem competitiva

na manufatura, este artigo visa fornecer avaliações recentes de como empresas da indústria eletroeletrônica estão lidando com essa questão no Brasil. Saber como as empresas líderes desse setor industrial percebem a importância da

flexibilidade de manufatura pode ser útil para indústrias locais e também internacionais, no sentido de entenderem como estratégias competitivas são configuradas no país para diferentes tipos de empresas. Com a globalização e o mundo tornando-se um grande mercado, muitas empresas transnacionais como a General Electric, Bosch-Siemens, Electrolux e Daewoo estão começando ou diversificando a produção de produtos eletrônicos no Brasil.

Existe grande evidência na literatura (STECKE & RAMAN, 1995; UPTON, 1995; BESSANT, 1991; TIDD, 1991; SLACK, 1987; GERWIN, 1987; DE MEYER, 1986; MAKRIDAKIS & HÉAU, 1987; CAULLIRAUX *et al.*, 1992, entre outros) que a flexibilidade está se tornando uma grande vantagem competitiva e até mesmo uma condição para adaptação e sobrevivência. Existe também evidência nas aplicações de flexibilidade em corporações como General Motors e Toyota por seus *lead times* curtos (REHDER, 1994; WOMACK *et al.*, 1992), Samsung pela sua grande variedade de produtos (MAGAZINER, 1989), e Nissan pelo aumento da sua gama de produtos em 50%, de 16 para 24, durante os anos 80 (TIDD, 1991). É necessário que a flexibilidade de manufatura seja entendida pelos gerentes e transmitida adequadamente pela organização como um todo.

No final dos anos 80, SLACK (1987, p. 35) anunciou que a flexibilidade já estava em evidência: “Quando consumidores demandam uma resposta rápida e uma maior variedade de produtos atualizados e quando competidores alcançam níveis de desempenho acima dos que eram considerados factíveis alguns anos atrás, flexibilidade, acima de outras medidas de desempenho de manufatura, é citada como uma solução”. DE MEYER (1986) sugeriu que a tendência emergente nos anos 90 estava enfatizando enormemente a flexibilidade.

STECKE & RAMAN (1995, p. 82) argumentam que “enquanto a competição global salientou claramente a necessidade de melhoria de produtividade, os ciclos de vida mais curtos e a maior proliferação de produtos, além da

fragmentação do mercado, indicam que a flexibilidade de manufatura é essencial para a viabilidade de longo prazo de várias firmas”. Recentemente, TAN (1996, p. 297) explicou que “Em uma era na qual consumidores demandam produtos ‘customizados’, de alta qualidade e de baixo preço, a competição entre firmas deixa de ser estritamente uma competição de preços e passa a ser agora uma competição de variedade de produtos e rapidez de lançamento no mercado. A filosofia atual é de renovar produtos antigos com novas versões, seja com um produto melhorado ou uma nova variação do produto.”

BESSANT (1991) mostra que a necessidade de tornar-se mais flexível, mais ágil nas operações e com maior rapidez de resposta na sua relação com o consumidor está no centro dos desafios estratégicos que confrontam as empresas de manufatura dos anos 90. Os consumidores querem grande variedade, ‘customização’ extensa e inovação de produto freqüente.

A investigação presente explora como algumas empresas aplicam conceitos e práticas que melhoram a sua flexibilidade de manufatura, em termos de freqüência de mudança e variedade de produtos. Em particular, procura-se determinar qual é o grau de utilização desses conceitos, examinando quantos produtos a firma produz e a sua habilidade em introduzir novos produtos ou modificar produtos existentes. Os autores quiseram compreender, também, até que ponto um grupo selecionado de empresas de manufatura já utiliza algumas das técnicas de flexibilidade propostas na literatura.

O desafio de tornar-se flexível requer a compreensão de qual combinação de fatores contribui mais para a mobilidade nas operações e como ela pode (e deve) ser planejada por meio do planejamento estratégico e projetada no desenvolvimento de produto.

Este artigo apresenta e analisa alguns dos resultados mais relevantes de uma investigação empírica sobre manufatura de resposta rápida em 16 empresas líderes na indústria eletroeletrônica em 5 estados brasileiros, incluindo multinacionais.

## 2. Metodologia da Pesquisa e Base Teórica

Esta pesquisa não teve a intenção de ser totalmente representativa, mas sim de fornecer uma base empírica para o desenvolvimento de um arcabouço útil para análise da percepção ampla e utilização de flexibilidade de manufatura. Os questionários utilizados no estudo foram então elaborados para coletar dados, não somente sobre a percepção gerencial da importância da flexibilidade de manufatura mas, também, da sua utilização múltipla.

Depois dos ajustes necessários no questionário, ele foi enviado a gerentes de manufatura de 16 empresas líderes (de acordo com *Exame, Melhores e Maiores*) na indústria eletroeletrônica no Brasil, entre setembro e dezembro de 1996. A taxa de resposta foi de 81,3%. A amostra compreendia um número igual de multinacionais (50%) e firmas locais (50%), e todas elas eram produtoras de bens de consumo duráveis, de massa e por lotes.

Foi realizado um esforço especial para assegurar a confidencialidade completa da informação fornecida. No estudo todos os dados são apresentados de forma agregada, não sendo revelada nenhuma informação relacionada a organizações individuais identificáveis.

Quanto à análise dos dados propriamente dita foram utilizadas técnicas padrões de análise estatística, principalmente distribuições de frequência e também análise de regressão linear e múltipla.

Considerando-se a grande amplitude das empresas e dada a metodologia relativamente aberta da investigação, não pode ser tirada nenhuma conclusão definitiva; mas essa nunca foi a intenção. O objetivo foi simplesmente o de compreender se as firmas da indústria eletroeletrônica no Brasil percebem a importância da flexibilidade de manufatura e se elas a utilizam industrialmente ou não.

### 2.1 Definição de Flexibilidade

Parece que flexibilidade é o objetivo de manufatura menos compreendido e a confusão e ambi-

guidade sobre seu conceito impedem, muitas vezes, um tratamento mais direto. É possível encontrar várias definições somente para a própria palavra flexibilidade, a qual é usada por gerentes diferentes para significar coisas diferentes. Existem vários tipos distintos de flexibilidade, de acordo com cada etapa do processo produtivo, como por exemplo: flexibilidade de processo, de operação, de máquina, de volume, de roteamento, de expansão, etc. Estes diferentes tipos de flexibilidade se relacionam às diversas incertezas no ambiente propiciando diminuição do impacto das mudanças. Neste sentido, é importante considerar a distinção feita por CONTADOR (1996) entre campos e armas da competição. Campo da competição refere-se a um atributo de interesse direto do comprador, como preço, qualidade ou variedade de modelos. Arma da competição é um meio que a empresa utiliza para competir num determinado campo, não interessando ao comprador diretamente. Assim, os vários tipos de flexibilidade podem ser entendidos como armas ou meios utilizados pela empresa para competir em campos específicos definidos pelo planejamento estratégico.

Por outro lado, a firma deve constantemente criar e introduzir novos produtos no mercado. Portanto, flexibilidade se relaciona a essa introdução conforme sua rapidez de resposta a mudanças no mercado ou sua estratégia proativa de inovação, sendo respectivamente *demand-pull* ou *technology-push*.

Para esta pesquisa em particular, os autores definiram flexibilidade principalmente em termos de variedade de produtos e mudança para novos produtos (assim como mudança de processos das máquinas).

Flexibilidade em termos de **gama de produtos** ou **variedade** é descrita como a habilidade em produzir um amplo universo de partes e *mix* de produtos. A fábrica 'A' é considerada mais flexível que a fábrica 'B' se ela pode fazer mais tipos diferentes de produtos. É também o total de capacidade ou gama de estados que o sistema de produção é capaz de atingir. Portanto, um sistema de produção é mais flexível que um

outro se ele pode exibir uma gama maior de estados ou comportamentos como, por exemplo, fazer uma variedade maior de produtos, manufaturar com diferentes níveis de saída ou de tempos de entrega e assim por diante.

Flexibilidade em termos de **mudança para novos produtos** é descrita como a habilidade em mudar para um novo grupo de produtos (outros produtos e/ou outros modelos do mesmo produto) a ser processado em um modo rápido e econômico. A fábrica 'A' é considerada mais flexível que a fábrica 'B' se ela necessita menos custo e/ou tempo para desenvolver e produzir um novo *mix* de produtos. A facilidade com a qual uma firma muda de um estado para outro, em termos de custo, tempo ou disfunção organizacional é importante. Um sistema de produção que muda rápido, suave e economicamente de um estado para outro deve ser considerado mais flexível que um sistema que pode atingir a mesma mudança com um custo, tempo ou disfunção organizacional maior. Todos esses três aspectos podem ser vistos como elementos de 'atrito' da flexibilidade, que podem restringir a resposta do sistema.

A flexibilidade foi tratada portanto como um conceito relativo. Como TIDD (1991, p.31) alerta: "Qualquer avaliação deve levar em consideração a flexibilidade e tecnologia de sistemas anteriores, e a flexibilidade demandada pelo mercado. Obviamente uma fábrica onde robôs de solda substituíram trabalhadores tornou-se provavelmente menos flexível, enquanto que se os robôs tivessem substituído máquinas dedicadas de múltiplas soldas, melhoraria a sua flexibilidade. De modo semelhante, a flexibilidade requerida para a indústria de bens de capital é claramente diferente daquela demandada pela indústria eletroeletrônica, e não teria nenhum sentido comparar as duas".

## 2.2 Avaliação da Percepção Gerencial da Flexibilidade

Nesta pesquisa, procurou-se compreender como os gerentes na indústria eletroeletrônica

percebem a importância da flexibilidade de manufatura. Foram consideradas seis estratégias como favoráveis a uma preocupação com flexibilidade (Y):

- oferecer uma **variedade** maior de produtos
- aumentar a frequência de **mudança de modelos** de produtos
- reduzir o **lead-time** do desenvolvimento de produtos
- atender à demanda de um **ambiente em constante mudança**
- formar **equipes multifuncionais** para desenvolvimento de produtos
- reduzir o **estoque em processo**

Essas estratégias obtiveram pesos diferentes para compor o grau de percepção da importância da flexibilidade. O maior peso compreendeu variedade e mudança para novos produtos, seguidos por *lead-time*, ambiente em constante mudança, equipes multifuncionais e redução de estoque. Por outro lado, foram consideradas quatro estratégias como sendo contrárias a uma preocupação com flexibilidade, ou pelo menos como um *trade-off* indireto e provavelmente necessário (Z):

- reduzir o **custo** dos produtos
- aumentar a **produtividade** da mão-de-obra
- aumentar a **capacidade** de produção
- melhorar a **qualidade** dos produtos

De modo análogo, a pontuação dessas estratégias foi diferenciada para compor o grau de percepção da importância para estratégias contrárias à flexibilidade de manufatura, sendo que o maior peso compreendeu custo e produtividade seguidos por capacidade e qualidade. É importante ressaltar que tais estratégias não significam um conjunto de estratégias ou armas em oposição frontal à flexibilidade. O que se pretende caracterizar é que, se forem valorizadas, relegarão a um segundo plano outras estratégias ou armas que favorecem mais a flexibilidade. Assim, se um gerente supervaloriza a estratégia de redução de custo, ele pode não querer aumentar o custo unitário do produto de modo a oferecer uma variedade maior de produtos.

Estratégia de flexibilidade por meio da oferta de uma variedade maior de produtos pode reduzir os efeitos e benefícios de economias de escala, curva de aprendizado e *learning-by-doing*. Desse modo, a produtividade pode diminuir e o custo unitário dos produtos aumentar. Por outro lado, SLACK (1987), a partir de sua pesquisa, revela que gerentes de manufatura vêem flexibilidade como um auxílio à maior produtividade porque recursos flexíveis podem ser utilizados mais prontamente, sem penalidades de custos.

O indicador de flexibilidade (F) é uma variável dependente das duas variáveis independentes explicadas acima. Se um gerente avaliou as estratégias favoráveis à flexibilidade (Y) com maior pontuação que as estratégias contrárias à flexibilidade (Z), o indicador de flexibilidade (F) terá uma maior pontuação que o indicador simples de flexibilidade (Y).

Desse modo, é possível analisar o quanto estratégias com uma preocupação com flexibilidade são mais ou menos importantes que estratégias contrárias à flexibilidade de manufatura. A fórmula de cálculo interpola a diferença entre as duas percepções (Y e Z).

### 2.3 Avaliação da Utilização Industrial da Flexibilidade

Não existe nenhum método totalmente satisfatório para estimar a utilização industrial de flexibilidade de uma empresa e auditar a sua capacidade de flexibilidade. A aplicação de flexibilidade no desenvolvimento de produtos e operações foi avaliada por meio de seis questões. Elas se referiram a:

- tamanho** da firma
- gama de produtos e sua **variedade**
- freqüência de **mudança das máquinas**
- aumento de variedade** de produtos
- modularidade** de manufatura
- automação** flexível.

Todos esses indicadores foram considerados em uma escala de 0 a 10, significando 0 = baixa, 5 = boa, e 10 = excelente.

## 3. Resultados Relevantes

Os resultados foram divididos de acordo com a percepção gerencial da importância de flexibilidade e a utilização industrial efetiva de flexibilidade na organização. As observações apresentadas abaixo são por natureza essencialmente descritivas.

### 3.1 Percepção Gerencial

De modo a avaliar a percepção gerencial relativa à flexibilidade de manufatura, foi solicitado aos gerentes das fábricas que avaliassem a importância que as estratégias discutidas no item 2.2 teriam para implementação atual nas suas fábricas, em uma escala de 1 a 5. Os resultados encontram-se na Figura 1.

Como era esperado, a redução nos custos do produto recebeu em média a maior pontuação, que foi 4,85 (extremamente importante), enquanto a maior pontuação era 5,0 (Figura 1). A maior parte das firmas atribuiu um grau enorme de importância à firma ser capaz de atender à demanda de um ambiente em constante mudança, que foi em média 4,46. Produtividade e qualidade também receberam uma pontuação média alta, 4,38. Redução no *lead-time* do desenvolvimento de produtos recebeu em média 4,08, embora formar equipes multifuncionais recebeu a menor pontuação média, 3,38. Provavelmente os gerentes reconhecem a importância da redução do *lead-time* do desenvolvimento de produtos mas não por meio de equipes multifuncionais. Entretanto, não foi avaliado como o *lead-time* poderia ser reduzido, seja por engenharia simultânea, comunicação digital ou de algum outro modo.

Aumentar a freqüência de mudança de modelos de produtos, e oferecer uma maior variedade de produtos receberam a pontuação média de 3,69 e 3,62, respectivamente, menos que a média geral de pontuação das estratégias com preocupação de flexibilidade. Assim, como um gerente explicou na fase exploratória da pesquisa, o motivo provável para defesa contra práticas de

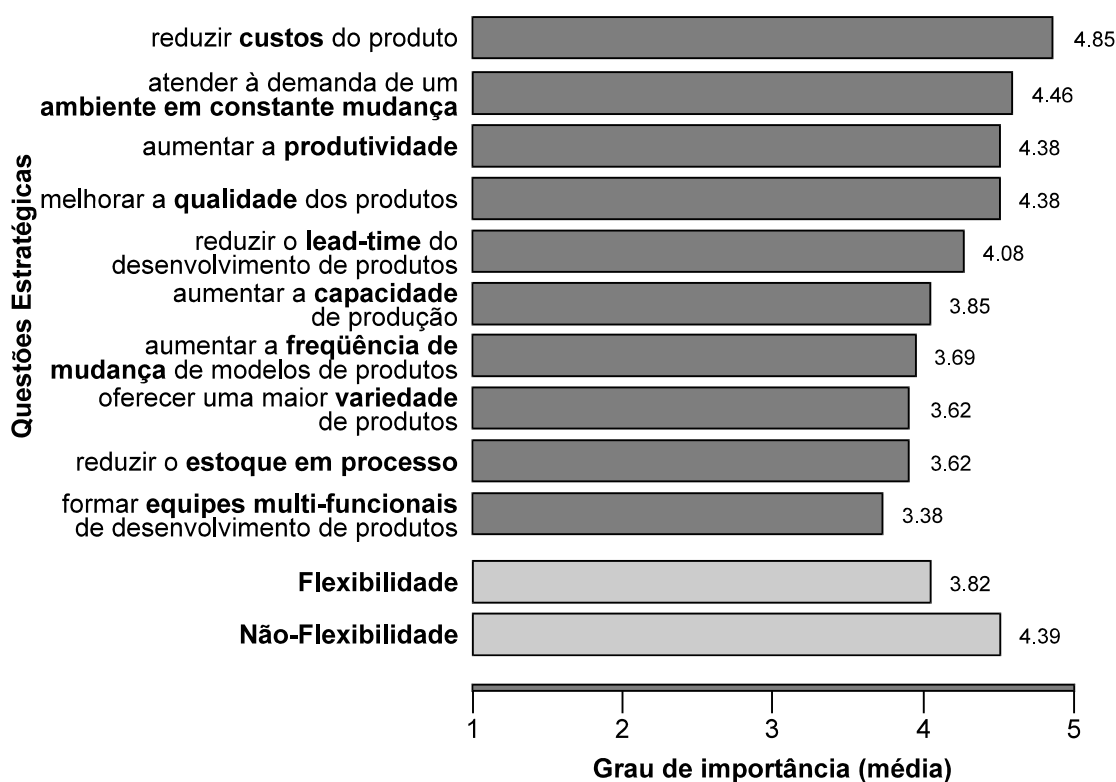


Figura 1 – Percepção gerencial de questões estratégicas

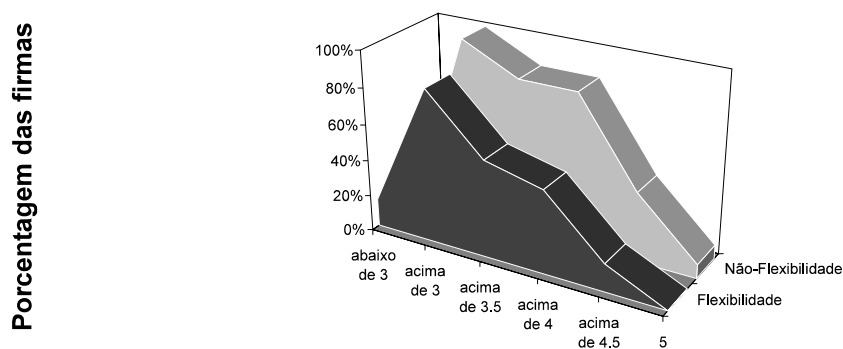
flexibilidade, como a mudança para novos produtos, relaciona-se às suas conseqüências negativas ao processo de produção, como o 'dilema da produtividade' (ABERNATHY, 1977), atraso no processo, aumento do tempo de *set-up*, dificuldade do controle do processo, aumento do estoque de matéria-prima, etc. É especialmente interessante observar o fato que os gerentes percebem a importância de atender à demanda de um ambiente em constante mudança, mas não tanto a importância de aumentar a freqüência de mudança de modelos de produtos e oferecer uma maior variedade de produtos. Pode parecer que os gerentes reconhecem a importância da questão da flexibilidade e a necessidade de ser flexível, mas que eles não sabem como solucionar esse problema. A única solução possível que eles consideraram importante para responder às mudanças ambientais foi reduzir o *lead-time* do desenvolvimento de produtos. Entretanto, será

inútil se as firmas não usarem um tempo de ciclo curto para oferecer uma maior variedade de produtos e aumentar a freqüência de mudança para novos modelos de produtos.

Portanto, entre as questões consideradas muito importantes na estratégia da firma estão duas questões relacionadas à flexibilidade da firma. Uma relacionada às mudanças ambientais e outra relacionada ao processo de desenvolvimento dos produtos.

Os gerentes responderam que eles consideram uma maior variedade de produtos e mudança de modelos de produtos como sendo importantes, mas não tanto. Eles podem ter respondido assim por já possuírem uma boa variedade e freqüência de mudança de modelos de produtos.

Em particular, a Figura 1 ilustra que estratégias com uma preocupação com flexibilidade receberam uma pontuação média de importância de 3,82 (muito importante) e as estratégias



**Grau de importância (3 = importante, 5 = extremamente importante)**

**Figura 2 – Percepção gerencial da importância da “flexibilidade” e “não-flexibilidade”.**

contrárias à flexibilidade de manufatura receberam em média 4,39 (extremamente importante). Isso significa que os dois tipos de estratégia são importantes, mas custo, qualidade, capacidade e produtividade ainda são a maior preocupação dessas firmas.

Os resultados do estudo sugerem que os gerentes na indústria eletroeletrônica no Brasil percebem fortemente a importância da flexibilidade nas suas estratégias. Em particular, a evidência implica que 84% das firmas (Figura 2) consideraram flexibilidade como pelo menos uma questão importante (acima de 3) na definição da estratégia da empresa e metade das firmas consideraram flexibilidade como uma questão muito importante (acima de 4).

Todas as firmas consideraram importantes (acima de 3) para implementação estratégica os fatores de ‘não-flexibilidade’ como custo, qualidade, capacidade e produtividade (Figura 2) e 84% os reconheceram como sendo muito importantes (acima de 4).

Em uma inspeção comparativa, atribuindo maior peso às percepções dos gerentes que consideram fatores de flexibilidade como ainda mais importantes que outras questões estratégicas tradicionais, os dados revelam que 69% consideraram flexibilidade como pelo menos uma questão importante (Figura 3) mas somente

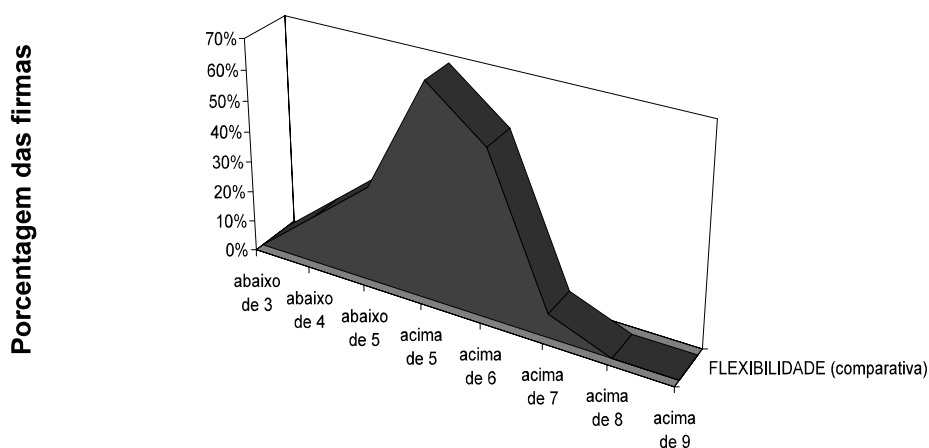
8% a consideraram uma questão muito importante.

### 3.2 Utilização Industrial de Flexibilidade

De modo a avaliar o tamanho das firmas da amostra, foi perguntado aos gerentes das fábricas qual era o total de produtos produzidos na fábrica, considerando só os três principais.

A menor firma da amostra produz 250.000 produtos por ano, considerando somente seus três principais produtos. A maior firma da amostra, por sua vez, produz 3.000.000 de produtos por ano. Portanto, a maior firma da amostra produz acima de 10 vezes mais produtos que a menor firma. O tamanho médio das firmas da amostra produz 1.475.000 produtos por ano, considerando ainda somente os seus três principais produtos.

Com relação ao tamanho da firma, a intenção original era considerar uma fábrica pequena como mais flexível que uma fábrica maior, mas a pesquisa não apresentou nenhuma correlação positiva entre o tamanho da firma e o seu grau de flexibilidade. A correlação entre flexibilidade e tamanho da firma é tênue; pequeno pode ser bonito, mas não é necessariamente flexível. Firmas pequenas podem especializar-se em um único produto, assim como muitas firmas



Grau de importância (5 = importante, 10 = extremamente importante)

Figura 3 – Percepção gerencial da importância da flexibilidade (análise comparativa).

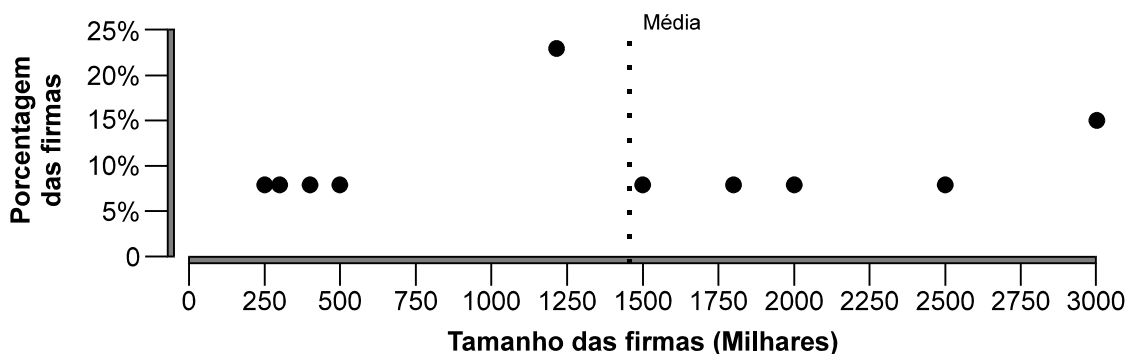


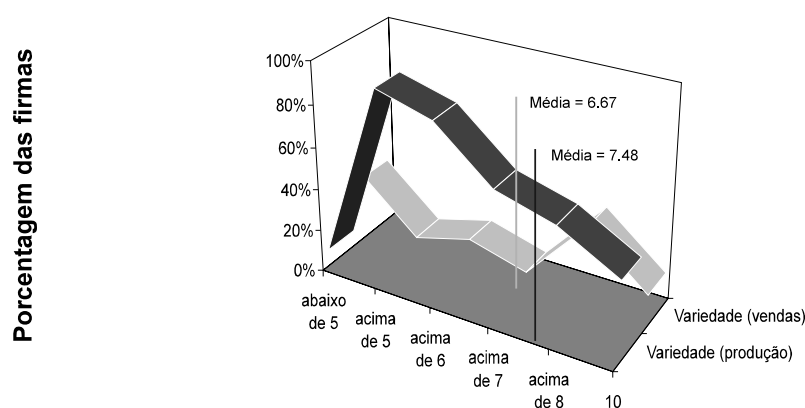
Figura 4 – Tamanho das firmas da amostra.

grandes produzem uma gama ampla de produtos. Portanto, não foi considerado que fábricas menores apliquem mais práticas de flexibilidade que fábricas maiores, por falta de pesquisa mais aprofundada.

De modo a avaliar a variedade de produtos das firmas da amostra, foi perguntado aos gerentes das fábricas quais eram os três principais produtos da fábrica e quantos modelos eram produzidos de cada um. Por outro lado, para avaliar a variedade de produtos considerando a oferta no mercado, foi pesquisado quantos modelos dos três principais produtos de cada firma existiam no mercado, e qual firma produzia a maior variedade desses produtos.

A Figura 5 mostra que a média de variedade de produtos das firmas considerando somente as firmas da amostra é de 7,48 (0 = nenhuma variedade e 10 = uma variedade muito grande). Sessenta e dois por cento das firmas têm uma variedade de produtos maior que o valor médio. A média de variedade de produtos considerando as vendas no mercado, por sua vez, foi de 6,67, enquanto que 68% das firmas têm uma variedade maior que o valor médio. Os números revelaram que as firmas na amostra produzem e oferecem ao mercado uma grande gama de produtos, e utilizam práticas de flexibilidade em termos de variedade de produtos. Trinta e oito por cento das firmas na amostra têm a maior variedade de





**Grau de variedade (5 = bom, 10 = excelente)**

**Figura 5 – Variedade de produtos considerando os fabricantes da amostra e as vendas no mercado.**

produtos para os três principais produtos que produzem. Como foi discutido anteriormente, esse fato pode reforçar a suposição que os gerentes na amostra não dão muita importância a uma estratégia relacionada a oferecer uma maior variedade de produtos porque a gama de produtos que já alcançaram pode ser suficiente para eles.

Os autores fizeram uma pesquisa relacionada a variedade de produtos oferecidas ao mercado em paralelo ao questionário. Essa pesquisa foi realizada de modo a verificar a congruência entre a variedade que os gerentes das firmas na amostra afirmaram produzir e a variedade que efetivamente alcança o mercado, incluindo todos os fabricantes e importadores de produtos eletroeletrônicos no Brasil. A diferença foi que, de acordo com as respostas dos gerentes, somente 8% das firmas produzem uma variedade de produtos abaixo da pontuação “5”, enquanto que, de acordo com a variedade de produtos no mercado, existem 23% das firmas que vendem uma gama de produtos abaixo da pontuação “5”.

A Figura 6 mostra que televisões e liquidificadores são os principais produtos mais produzidos, 23% cada, seguidos por refrigeradores e fogões.

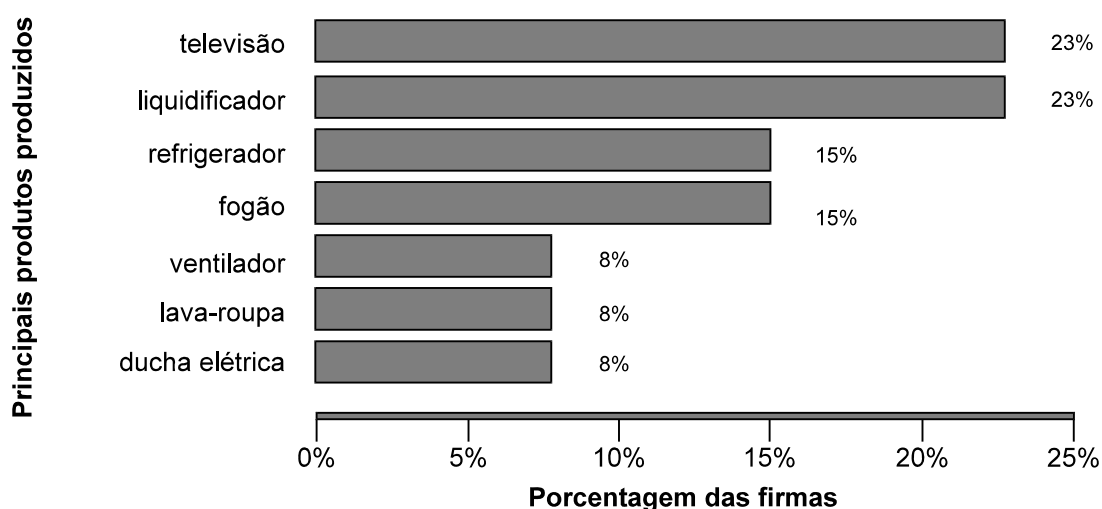
De modo a avaliar a frequência de mudanças nos processos das máquinas das firmas da

amostra, foi perguntado que porcentagem das máquinas, que produzem os três principais produtos da fábrica, mudam para produzir outras peças e qual a frequência mensal de realização dessas mudanças.

A média das firmas na amostra muda o *set-up* de 61% das máquinas que produz seus três principais produtos, 35 vezes por mês (Figura 7). O valor médio resultou em um grau de mudança de 2,4 (baixo). Isso significa que as firmas na amostra não utilizam práticas de flexibilidade em termos de frequência de mudança de máquinas. Entretanto, uma frequência de mudança de máquinas de 35 vezes por mês para 61% das máquinas não é pouco. A baixa frequência média de mudança de processos das máquinas pode ter acontecido por causa da grande variância da amostra.

O grau máximo de mudança das máquinas foi de 9,8 e refere-se a firmas que mudam 90% de suas máquinas, 240 vezes por mês. Por outro lado, o grau mínimo foi 0 e refere-se a firmas que não mudam a produção de nenhuma máquina e portanto são fábricas dedicadas a certos produtos.

De modo a avaliar o aumento da variedade e mudança para novos produtos das firmas da amostra, foi perguntado aos gerentes das fábricas



**Figura 6 – Principais produtos produzidos pelas firmas da amostra.**

se nos últimos cinco anos o número de modelos diferentes do principal produto da fábrica havia diminuído, continuado sem alterações ou aumentado, e em que percentual. O valor normalizado do aumento na variedade de produtos levou em consideração o número precedente de modelos dos produtos, derivado da questão relativa à Figura 5.

A Figura 8 mostra dois graus diferentes de mudança para novos produtos. Um refere-se ao aumento absoluto na variedade de produtos que os gerentes responderam. O outro refere-se ao valor normalizado do aumento na variedade de produtos relativo ao número precedente de produtos. A flexibilidade é relativa. Portanto, é necessário comparar a flexibilidade existente com o desempenho no passado. Isso significa que a firma que produzia, por exemplo, 10 produtos há cinco anos e agora produz (incluindo mudança para novos produtos) 80% mais, recebeu uma pontuação de mudança maior que a firma que produzia 5 produtos há cinco anos e agora produz também 80% mais. O esforço de produzir 80% mais produtos enquanto a firma já produzia 10 produtos é maior do que quando a firma produzia somente 5 produtos.

A firma que recebeu a maior pontuação de mudança para novos produtos (10,0) produz atualmente 175% mais produtos que há cinco

anos. De fato, essa firma produz 100% mais produtos que há cinco anos mas, como ela já produzia 18 produtos diferentes há cinco anos e dobrou esse número, a fórmula de cálculo de normalização dos valores de pontuação da mudança para novos produtos aumenta esse valor para 175%.

O valor médio foi muito baixo (1,7) para firmas que produzem atualmente 29% mais produtos que há cinco anos. Isso significa que a média das firmas na amostra não está aplicando práticas de flexibilidade em Termos de mudança para novos produtos. Vinte e três por cento das firmas não aumentaram a variedade dos seus produtos nos últimos cinco anos, e 8% das firmas ainda diminuíram a variedade dos seus produtos.

Em contraste, no Japão, uma pesquisa sobre fabricantes ilustra a tendência para uma maior variedade. Entre 1981 e 1984 acima de metade deles aumentaram a sua gama de produtos em até 20%, e um quarto em 25-50% (*Economic Research Institute*, 1985, p. 10).

A padronização na manufatura é um resultado do processo de desenvolvimento do produto. A melhoria nas operações é muito dependente da flexibilidade em desenvolver e manufaturar produtos diferentes. A flexibilidade nas operações é essencialmente ligada ao que foi desenvolvido

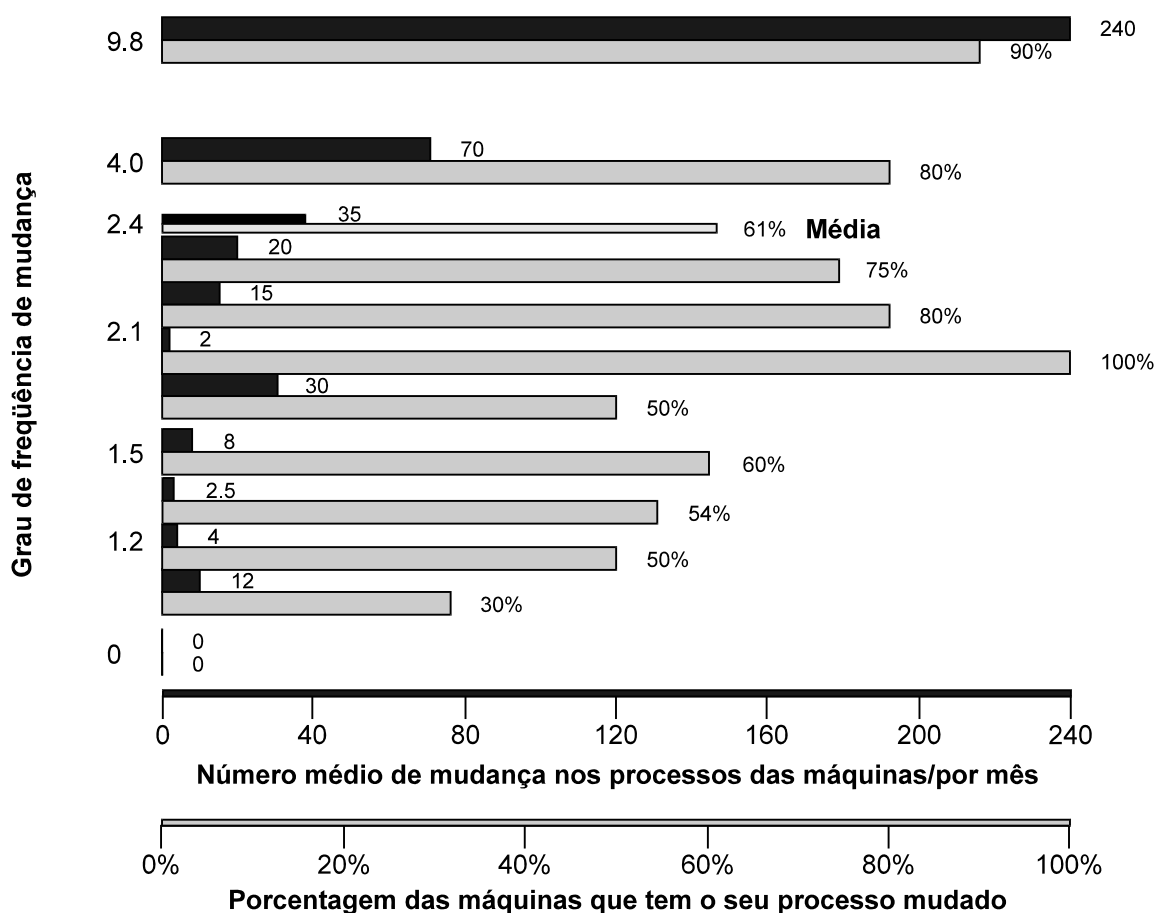


Figura 7 – Frequência de mudança nos processos das máquinas.

no *design* do produto. Se um produto utiliza peças padrões ou similares a outros produtos da fábrica será provavelmente mais fácil produzir uma grande gama de produtos sem incorrer em problemas de falta de produtividade. Adotar princípios de *design* de produtos com peças padrões reduz a necessidade total (interna) de flexibilidade por toda a organização.

De modo a avaliar a padronização dos componentes dos produtos no processo de produção das firmas da amostra, foi solicitado aos gerentes das fábricas que assinalassem em que percentual do seu processo de produção, o principal produto da fábrica adquire as características finais que distinguem um modelo de outro.

O valor médio da amostra resultou em um grau de padronização de 5,5 para um processo que é padronizado em 47% do seu fluxo e que é

específico nos 53% restantes, quando o produto adquire as características que distinguem um modelo do outro (Figura 9). Isso significa que as firmas na amostra utilizam de algum modo práticas de flexibilidade em termos de padronização de componentes. O processo que tem a maior padronização de componentes é padronizado em 85% do seu fluxo e somente em 15% do seu fluxo os produtos adquirem as suas características finais. Oito por cento das firmas têm um processo que não tem nenhuma padronização dos seus componentes e cada produto é produzido a partir de uma unidade básica única.

De modo a avaliar a automação flexível das firmas da amostra, foi perguntado aos gerentes das fábricas qual era o total de máquinas convencionais, CNC, FMCs e FMSs na fábrica.

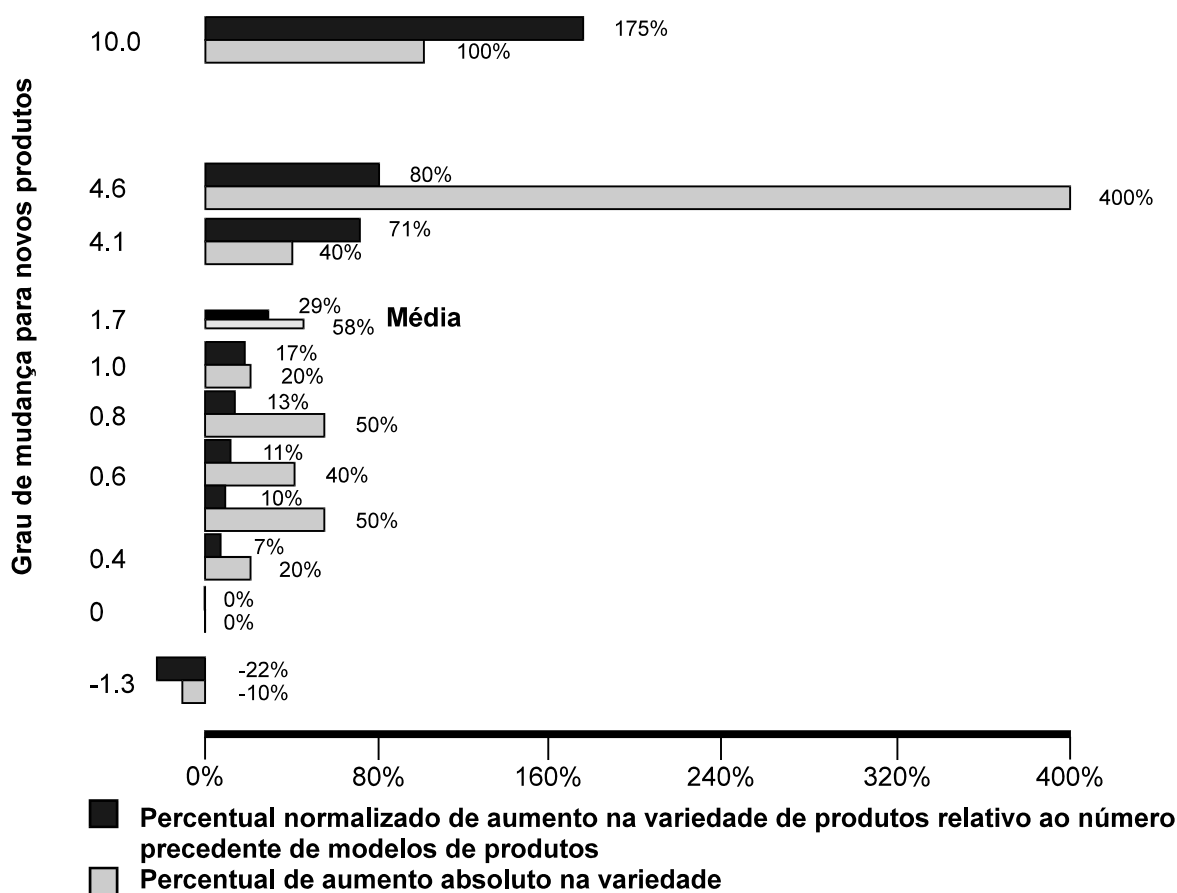


Figura 8 – Mudança para novos produtos e aumento de variedade.

Máquinas CNC foram definidas como máquinas-ferramenta de múltipla função, pré-programáveis e reprogramáveis que fabricam e trabalham em partes e mudam ferramentas por meio de controle numérico. Isso inclui máquinas de injeção e de fundição, além das tradicionais máquinas-ferramenta como tornos, furadeiras e fresas. Uma FMC (Célula de Manufatura Flexível) foi definida como uma combinação de duas ou mais máquinas CNC mas sem controle por DNC (computadores DNC são responsáveis por controle de material, programação etc.) Um FMS (Sistema Flexível de Manufatura) foi definido como uma combinação de máquinas CNC, com o controle supervisor e ligadas por meio de algum modo de controle DNC.

O gráfico da Figura 10 mostra a porcentagem das firmas que responderam possuir alguma má-

quina CNC. Cinquenta e quatro por cento das firmas responderam ter pelo menos uma máquina CNC, 23% possuem também FMC e 15% FMS. A média das máquinas para o total de FMCs é 14. Um gerente respondeu que sua fábrica possuía um FMS composto de três máquinas, e outro respondeu que sua fábrica possuía 2 FMSs compostos de 2 máquinas em cada FMS. É um número de FMSs por firma que tem FMS muito baixo, com muito poucas máquinas por sistema também. Entretanto, os autores não esperavam ter nenhuma resposta positiva quanto a presença de FMSs nessa indústria no Brasil, e 15% é uma surpresa positiva, de qualquer modo.

O gráfico da Figura 11 mostra o número de máquinas CNC na fábrica e a relação entre esse número e o total de máquinas da fábrica. O grau de automação também considerou o número de

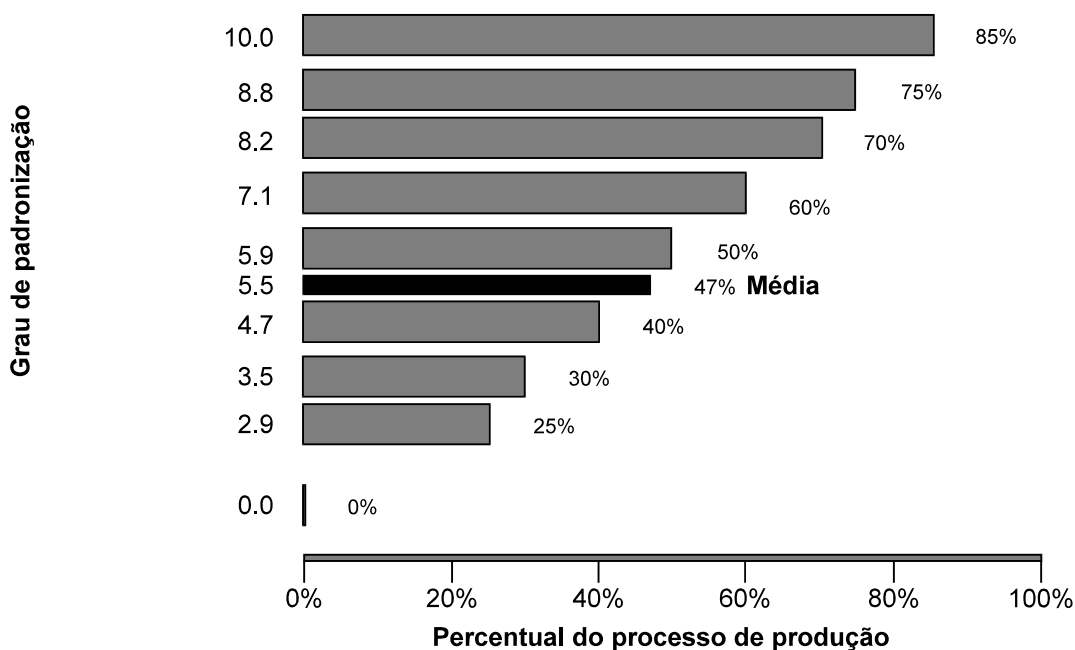


Figura 9 – Padronização dos componentes dos produtos para o processo de produção.

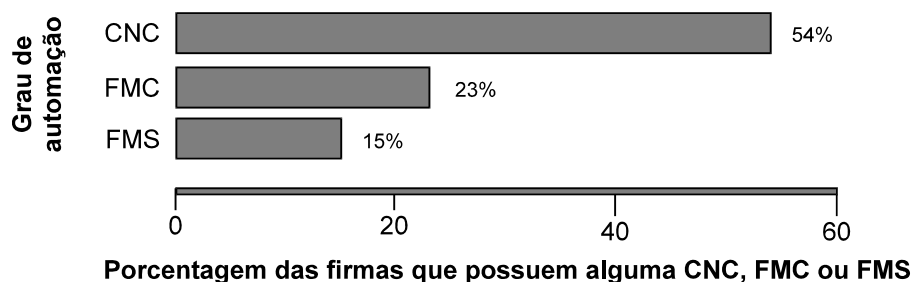


Figura 10 – Automação flexível.

FMCs e FMSs na fábrica. A Figura 11 revela o grau de automação em termos de máquinas CNC. O grau médio de automação é 2,0 (baixo) e refere-se a 8,6 máquinas CNC na fábrica, que representa 14% do total de máquinas na fábrica. Isso significa que as firmas na amostra não utilizam práticas de flexibilidade em termos de automação flexível. O grau máximo de automação (10,0) refere-se a 35 máquinas CNC que representam 70% do total de máquinas. Quarenta e seis por cento das firmas na amostra relataram não possuir nenhuma máquina CNC, o que representa uma grande porcentagem de firmas sem qualquer máquina CNC.

UPTON (1992) mostra que flexibilidade pode não ter uma correlação positiva com automação. Ele adverte sobre ‘sistemas flexíveis de manufatura inflexíveis’. No entanto, os autores decidiram considerar o uso de máquinas CNC, FMCs e FMSs como ferramentas que auxiliam a integração na fábrica, com conseqüente engenharia simultânea por meio da tecnologia da informação. Todas essas vantagens levam possivelmente à flexibilidade no modo que se queria avaliar, isto é, variedade e mudança para novos produtos.

De modo a avaliar a utilização industrial de flexibilidade nas firmas da amostra, os autores fizeram uma análise de regressão linear baseada

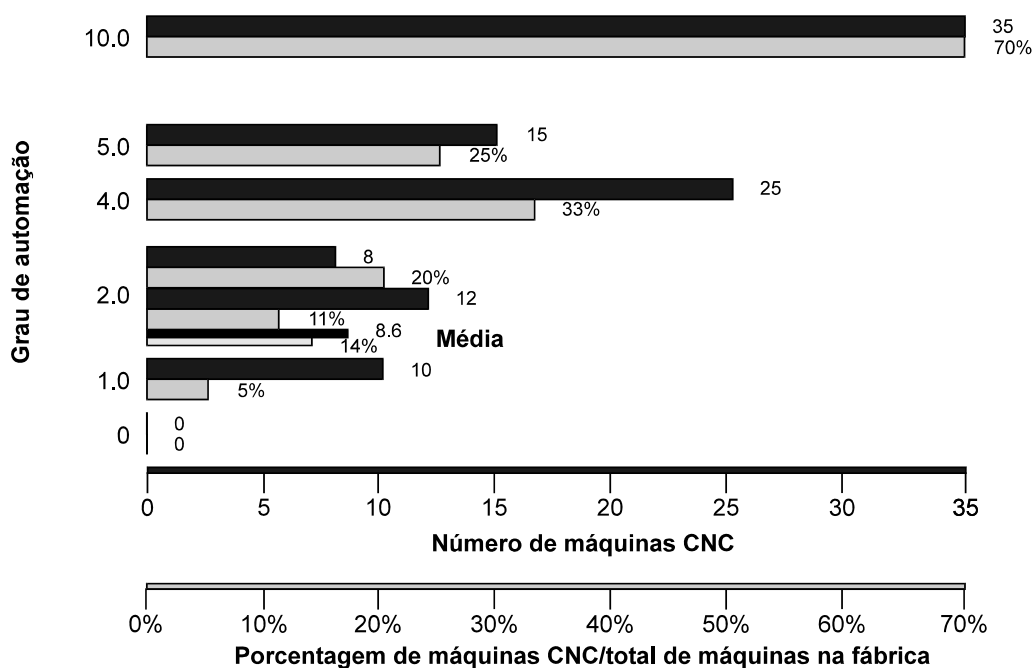


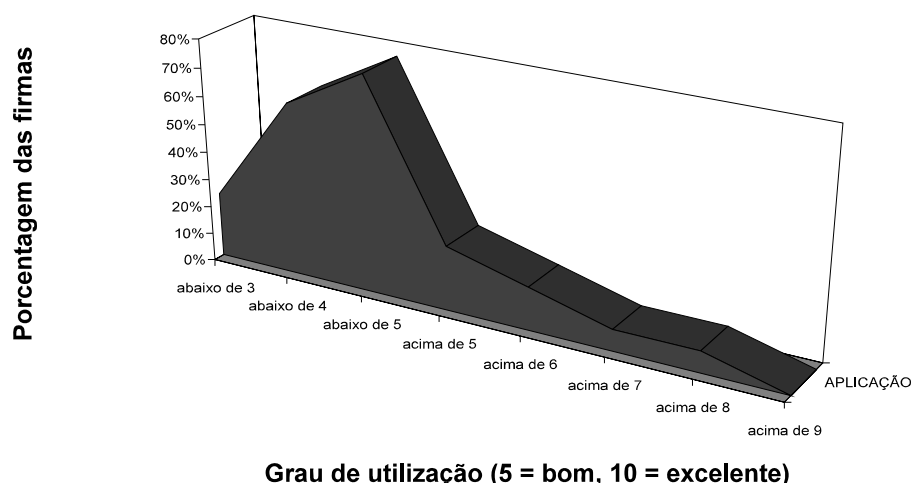
Figura 11 – Automação em termos de máquinas CNC.

nas respostas das questões relativas às Figuras 5, 7, 8, 9 e 11. Os graus de utilização de flexibilidade, em uma escala de 0 a 10, refletem, portanto, uma interpolação da utilização das seguintes práticas: variedade de produtos, frequência de mudança de processos das máquinas, mudança para novos modelos de produtos, modularidade dos produtos e automação flexível. Como discutido anteriormente, o tamanho das firmas não foi considerado por não apresentar correlação válida com a aplicação de flexibilidade. Todos os outros fatores foram contemplados como possuindo correlação positiva com a aplicação de flexibilidade. Sem grandes surpresas, com relação à aplicação de práticas de flexibilidade, os resultados do estudo sugerem que as firmas da indústria eletroeletrônica no Brasil não utilizam práticas de flexibilidade na mesma medida em que seus gerentes percebem a importância de flexibilidade nas suas estratégias. Em particular, as evidências implicam que 77% das firmas (Figura 12) utilizam poucas práticas de flexibilidade e 23% quase não as utilizam absolutamente.

O valor médio para utilização industrial de flexibilidade foi 4,22 (baixo) enquanto que a percepção gerencial da importância da flexibilidade foi 5,70. Em particular, a Figura 12 ilustra que todas as firmas utilizam práticas de flexibilidade de algum modo mas somente 23% das firmas as aplicam em um modo generalizado (acima de 5), e somente 8% provavelmente aplicam a Flexibilidade Total, em todas as suas variáveis. Flexibilidade Total significa uma firma que oferece uma grande variedade de produtos, faz mudança de processos nas máquinas frequentemente, aumenta continuamente a sua variedade de produtos e mudança para novos produtos, fabrica um produto com componentes padronizados, e se beneficia de automação flexível.

#### 4. Considerações Finais

Como conclusão, sugere-se que as firmas da indústria eletroeletrônica no Brasil, em média, percebem a importância da flexibilidade de manufatura e a manufatura de resposta rápida.



**Figura 12 – Utilização industrial de práticas de flexibilidade.**

Entretanto, essas firmas utilizam industrialmente menos práticas de flexibilidade do que a importância que seus gerentes atribuem a essa questão. As estratégias com uma preocupação com flexibilidade receberam uma pontuação média de importância de 3,82 (muito importante) e as estratégias contrárias à flexibilidade de manufatura receberam em média 4,39 (extremamente importante). Assim, custo, qualidade, capacidade e produtividade ainda são as maiores preocupações dessas firmas. Esta postura, de certa forma, acompanha a tendência mundial, embora esta atualmente esteja mais centrada na preocupação com a introdução de novos produtos dentro do prazo imposto por um ambiente altamente competitivo.

Em média, as firmas produzem 1.475.000 produtos, considerando somente os seus três principais produtos. Em uma escala de 0 a 10, as firmas oferecem uma boa variedade de produtos (7,48), têm uma baixa frequência de mudança de processos das máquinas (2,4), têm um grau de

mudança para novos produtos muito baixo (1,7), têm um grau de padronização de componentes razoável (5,5), e têm um grau de automação muito baixo (2,0).

Além disso, existe alguma congruência entre as questões estratégicas com preocupação com flexibilidade que os gerentes atribuem maior importância e a utilização de práticas de flexibilidade. Os gerentes dão importância à estratégia de redução no *lead-time* do desenvolvimento do produto e os seus produtos têm um grau de padronização de componentes razoável, sendo que a padronização dos componentes dos produtos deriva exatamente do processo de desenvolvimento de produtos. Os gerentes não dão muita importância à mudança para novos produtos e eles de fato não têm um bom grau de mudança para novos produtos. Por outro lado, os gerentes não dão muita importância para a oferta de uma variedade maior de produtos porque eles já possuem realmente uma boa gama de produtos oferecidos ao mercado.

### Referências Bibliográficas

**ABERNATHY, W.:** *The Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1977.

**BESSANT, J.:** *Managing Advanced Manufacturing Technology: The Challenge of the Fifth Wave*, NCC Blackwell Ltd., 1991.

- CAULLIRAUX, H.M.; MARIETTO, M.G.B. & COCA-BALTA, A.G.:** “Índices de Medida de Flexibilidade”, *Produção*, Vol. 2, No. 2, março, pp. 133-143, 1992.
- CONTADOR, J.C.:** *Modelo Para Aumentar a Competitividade Industrial – A Transição para a Gestão Participativa*, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1996.
- DE MEYER, A.:** *Flexibility – the Next Competitive Battle*, INSEAD Working Paper, WP/86/31, Fontainebleau, 1986.
- ECONOMIC RESEARCH INSTITUTE:** *Evolution and Future problems of Factory Automation*, Tokyo, Japan Society for the Promotion of the Machine Tool Industry (in Japanese), 1985.
- EXAME, MELHORES E MAIORES:** (*The Best and Greatest*), 1995; 1996.
- GERWIN, D.:** “An Agenda for Research on the Flexibility of Manufacturing Processes”, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 7, No. 1, pp. 38-49, 1987.
- MAGAZINER, I. & PATINKIN, M.:** *The Silent War*, Random House, 1989.
- MAKRIDAKIS, S. & HÉAU, D.:** “The Evolution of Strategic Planning and Management”, In: KING, W.R. & CLELAND, D.I., *Strategic Planning and Management Handbook*, Van Nostrand Reinhold Co., Nova York, 1987.
- REHDER, R.R.:** “Is Saturn Competitive?” *Business Horizons*, March-April, pp. 7-15.
- SLACK, N.,** 1987, “Flexibility of Manufacturing Systems”, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 7, No. 4, pp. 35-45, 1994.
- STECKE, K.E. & RAMAN, N.:** “FMS Planning Decisions, Operating Flexibilities and System Performance”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 42, No. 8, pp. 12-16, August 1995.
- TAN, G.W., HAYES, C.C. & SHAW, M.:** “An Intelligent-Agent Framework for Concurrent Product Design and Planning”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 43, No. 3, pp. 297-306, 1996.
- TIDD, J.:** *Flexible Manufacturing Technologies and International Competitiveness*, Pinter Publishers, London, 1991.
- UPTON, D.M.:** “A Flexible Structure for Computer-controlled Manufacturing Systems”, *Manufacturing Review*, Vol. 5, No. 1, pp. 58-74, 1992.
- UPTON, D.M.:** “What Really Makes Factories Flexible?” *Harvard Business Review*, July-August, pp. 74-84, 1995.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T. & ROOS, D.:** *A máquina que mudou o mundo*, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1992.

## **MANUFACTURING FLEXIBILITY IN THE CONSUMER ELECTRONICS INDUSTRY: MANAGERIAL PERCEPTION AND APPLICATION**

### **Abstract**

*Companies are increasingly focusing on flexibility as a way to achieve competitive advantage in manufacturing. This paper aims at providing fresh insights on how consumer electronics companies are dealing with the flexibility issue. It presents and analyses some of the most relevant results of the authors' empirical investigation into rapid response manufacturing in 16 leading firms in Brazil, including multinationals. The survey examines the managers' perception of the importance of flexibility strategies. It also explores how these companies are applying concepts and techniques that improve the manufacturing flexibility of the firm, in terms of changeover frequency and range of products.*

**Key words:** *manufacturing flexibility, flexible manufacturing systems, flexibility assessment.*