

BID
Banco Interamericano
de Desarrollo

CEPAL
Comisión Económica
para América Latina

CIID
Centro Internacional de
Investigaciones para el Desarrollo

PNUD
Programa de las Naciones Unidas
para el Desarrollo

Programa de Investigações sobre
Desenvolvimento Científico e Tecnológico
na América Latina

Monografia de Trabalho Nº 46

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO SETOR DE MÁQUINAS
FERRAMENTAS BRASILEIRO - UM ESTUDO DE CASO

Marcos Eugênio da Silva

Distrib.restr.
Maio 1982
ORIGINAL: PORTUGUÊS

4

4

4

4

4

4

INTRODUÇÃO

O "estado das artes" da teoria econômica que trata da inovação tecnológica em países subdesenvolvidos encontra-se numa fase bastante rudimentar, embora em franca evolução, não existindo uma teoria de inovação tecnológica que explique satisfatoriamente de que forma se dá a aprendizagem e geração de tecnologia (especialmente no setor industrial) e como esta se encontra relacionada com o grau de desenvolvimento econômico de tais países .

O objetivo do presente trabalho é, a partir da análise da história de uma firma brasileira produtora de máquinas ferramentas, buscar evidências empíricas que permitam responder a duas questões:

i) Houve inovação tecnológica na firma?

ii) Se houve, como se processou a aprendizagem desta tecnologia e em que medida pode-se dizer que a firma gerou tecnologia, dado que ela se encontra localizada em um país subdesenvolvido?

Trata-se, evidentemente, de um estudo de natureza microeconômica, mas que pode ser útil para a obtenção de uma teoria mais geral sobre o assunto. Ressalte-se que a necessidade de se iniciar a exploração da questão tecnoló

1. V. KATZ, J. et al. Etapas Históricas y Conductas Tecnológicas em una Planta Argentina de Maquinas Herramienta. Programa de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en America Latina, Monografia de Trabalho nº 38. Argentina, BID/CEPAL/PNUD/CIID, 1981, p.1.

gica a nível de firma tem sido salientada por vários autores.¹

Fez-se necessário, antes de tudo, definir o que se entende por Tecnologia e Inovação Tecnológica.

Tecnologia é "o corpo de habilidades, conhecimentos e procedimentos para fazer e utilizar coisas".² No presente trabalho, a tecnologia está associada a duas áreas básicas de conhecimento da firma: a área de produto e a área de processo produtivo.

A área de produto inclui as atividades de criação, desenho e desenvolvimento dos produtos e dos seus protótipos e todas as demais relacionadas com o que comumente se chama "engenharia de produto". A área de processo produtivo inclui as atividades relacionadas com o conjunto de métodos de produção, equipamento, força de trabalho, ciclo do processo produtivo, grau de integração vertical da firma,

1. Veja-se, por exemplo, TEITEL, S. "Tecnología, empresa e información". El Trimestre Económico, vol. 45(2), México, abril-junho de 1978, e KATZ, J. Cambio Tecnológico, Desarrollo Económico y las Relaciones Intra e Extra Regionales de la América Latina. Programa de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Monografía de Trabalho nº 30. Argentina, BID/CEPAL/PNUD/CIID, 1980.

Vários estudos de caso com preocupações semelhantes à do presente trabalho estão em andamento dentro do Programa de Investigações sobre Desenvolvimento Científico e Tecnológico na América Latina patrocinado por BID/CEPAL/PNUD/CIID. Dentre eles destacam-se KATZ, J. et al., op.cit.; CRUZ, Hélio N. Evolução Tecnológica no Setor de Máquinas de Processar Cereais - Um Estudo de Caso, Monografia de Trabalho nº 39. Argentina, BID/CEPAL/PNUD/CIID, 1981; BERLINSKI, J. Productividad, Escala y Aprendizaje en una Planta Argentina de Motores, Monografia de Trabalho nº 40. Argentina, BID/CEPAL/PNUD/CIID, 1981.

2. MERRY, R.S. "The Study of Technology". In: International Encyclopedia of Social Sciences, vol. 15, 576-586. The MacMillan Company & The Free Press, 1968.

suas regras de administração, etc.¹

Por inovação tecnológica entende-se toda mudança havida no conjunto de conhecimentos que a firma domina em cada uma das duas áreas citadas, "independente de se a mesma constitui ou não uma novidade para a indústria nacional ou internacional. Deste modo incluem-se na definição aqui empregada conceitos tais como inovação tecnológica "menor", "localizada", "adaptativa", etc. introduzidos faz tempo na literatura sobre teoria da inovação".²

Portanto, o espírito do trabalho não é o de buscar grandes inovações tecnológicas de caráter schumpeteriano, mas sim o de buscar inovações que mostrem as peculiaridades de firmas localizadas em países subdesenvolvidos.

Ressalte-se ainda que a separação da tecnologia em duas áreas de conhecimento não significa supor que elas sejam estanques, trata-se apenas de uma tentativa de melhor ordenar a análise que se justifica pelos temas incluídos em cada uma das citadas áreas; sendo, inclusive, de fundamental importância entender-se como se dá a inter-relação existente entre ambas.

1. Em geral, o grau de integração vertical da firma e as suas regras de administração são temas que se colocam numa terceira área de conhecimento que é a área de organização da produção. Porém, as características da firma estudada no presente trabalho são tais que a organização da produção se confunde bastante com o processo produtivo, e por isso as duas áreas foram englobadas numa só.

2. V. KATZ, J. et al., op.cit., p.2

Uma distinção importante de ser feita é a que existe entre firmas com processo produtivo contínuo e firmas com processo produtivo descontínuo. O primeiro caracteriza-se pela disposição dos equipamentos em linhas de produção que executam tarefas bem definidas e específicas, alto grau de homogeneidade no produto final e produção em larga escala e pouco diversificada. O segundo caracteriza-se pela disposição dos equipamentos em grupos afins (denominados "ilhas" de máquinas) que executam uma gama bastante variada de tarefas, baixo grau de homogeneidade no produto final e produção em pequena escala e bastante diversificada.¹

A firma que será analisada no presente estudo de caso pertence ao segundo grupo, sendo que a maioria das firmas brasileiras produtoras de máquinas ferramentas caracteriza-se por utilizar processos produtivos descontínuos.

Dentro do grupo denominado máquinas ferramentas, existe uma divisão importante. De acordo com Nathan Rosenberg:

"Máquinas ferramentas são os membros mais importantes de uma grande classificação das máquinas para trabalhar metais que são movidas pela energia elétrica. A distinção básica é que as máquinas ferramentas dão forma ao metal através do uso de uma ferramenta de corte que arranca

1. Para um detalhamento melhor das diferenças existentes entre processos produtivos contínuos e descontínuos e suas implicações para a inovação tecnológica ver ABERNATHY, W. e UTTERBACK, J. "A Dynamic Model of Process and Product Innovation". Omega, vol. 3, nº 6, 1975.

cavacos do metal, enquanto 'que as outras máquinas para trabalhar metais dão forma a ele sem o uso de uma ferramenta de corte por prensagem, dobramento, forja, etc." ¹.

Por simplicidade, e de acordo com o jargão usado por aqueles que estão ligados ao setor, no presente trabalho chamar-se-á ao primeiro grupo de máquinas ferramentas para arranque de cavacos e ao segundo de máquinas ferramentas de deformação.

O texto que se segue foi dividido em 5 capítulos, mais um apêndice estatístico. No capítulo I fez-se uma sucinta discussão da história e desempenho do setor brasileiro de máquinas ferramentas. No capítulo II foi analisada a história e o desempenho global da firma que serviu de base para o estudo de caso. No capítulo III foi vista a inovação tecnológica de produto pela qual a firma passou ao longo de sua existência e no capítulo IV foi vista a inovação tecnológica de processo. Finalmente no capítulo V foi apresentado um resumo e as principais conclusões do trabalho. ²

1 . ROSENBERG, N. "Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840-1910". Journal of Economic History, dezembro de 1963.

2. Ressalte-se que o texto foi escrito de forma a resguardar o sigilo de informações, muitas das quais apresentadas em números índices, e a identidade da firma.

I. O SETOR DE MÁQUINAS FERRAMENTAS NO BRASIL

A. Histórico

1. 1ª fase: Antes da II Grande Guerra

A industrialização brasileira foi condicionada pelo desempenho de uma economia agrária exportadora extremamente vulnerável às crises de demanda de Europa Ocidental e Estados Unidos. Assim, a capacidade de importar do Brasil era instável e isto incentivou a instalação no país de algumas indústrias produtoras de bens de consumo não durável, principalmente tecidos, bem como de estabelecimentos ligados à agroindústria.

A indústria mecânica era praticamente inexistente nas quatro primeiras décadas do século XX e consistia de pequenas oficinas de reparação e manutenção de produtos ferroviários e têxteis e de firmas produtoras de máquinas e implementos agrícolas.¹

Algumas delas deram origem a firmas produtoras de máquinas ferramentas, entre elas a Romi e a Nardini, as quais ocupam posição de destaque no setor hoje em dia. A tabela (1) mostra o número de firmas fundadas neste período

1. Uma relação das firmas ligadas ao setor metal-mecânico existente no Estado de São Paulo em 1936, ou seja, alguns anos antes da II Guerra Mundial, juntamente com a sua linha de produção e/ou serviços, pode ser encontrada em São Paulo. Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo. Diretoria de Estatística, Indústria e Comércio. Estatística Industrial do Estado de São Paulo - 1936. São Paulo, Ed. Fretre, 1938.

TABELA 1

NÚMERO DE FIRMAS PRODUTORAS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EXISTENTES
NO BRASIL EM 1964, POR PERÍODO DE FUNDAÇÃO

| Período | Números Absolutos | Números Relativos |
|--------------|-------------------|-------------------|
| até 1939 | 26 | 17,9% |
| 1940-1955 | 61 | 42,1% |
| 1956-1964 | 50 | 34,5% |
| não identif. | 8 | 5,5% |
| Total | 145 | 100,0 |

Fonte: Anuário Banas - Máquinas e ferramentas, São Paulo,
Ed. Banas, 1965.

e a tabela (2) fornece alguns exemplos destas firmas junta mente com a sua linha de produção em época um pouco mais re cente.

Vários dos fundadores dessas firmas eram imi grantes italianos que trouxeram da Europa algum conhecimen to técnico de nível empírico e muito pouco capital. A estru tura administrativa familiar que as caracterizava foi uma constante ao longo da vida da maioria delas, bem como das que foram criadas subseqüentemente; com isto, a mudança de geração na administração da firma representava, em quase to das, uma passagem crítica. ¹

2. 2ª fase: 1940 a 1955

Durante a II Guerra Mundial, os incentivos à produção interna de máquinas foi grande devido às restrições de importação, embora as dificuldades técnicas e de recrutamento de mão-de-obra especializada servissem como freio a uma maior expansão do setor ². De qualquer forma, foi nesta época que se produziram os primeiros tornos paralelos, furadeiras de bancada e de coluna e furadeiras radiais no Brasil. Embora fos sem produtos mais simples, representavam uma diversificação sensível na linha de produção do setor. ³

1. A firma que serviu de base para o presente estudo de ca so não passou ainda por essa experiência, pois os propri etários fundadores continuam na sua direção e são os prín cipais responsáveis pelas inovações tecnológicas ocorridas.

2. Em 1942 foi criado o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) numa tentativa de o empresariado nacional sanar as graves dificuldades com treinamento de mão-de-obra para a indústria.

3. V. VIDOSSICH, Franco. A Indústria de Máquinas Ferramentas no Brasil, sé rie Estudos para o Planejamento vol. 8. Brasília, IPEA, 1974, p.8.

TABELA 2

PRINCIPAIS FIRMAS PRODUTORAS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM
1964 E QUE FORAM FUNDADAS ANTES DA II GRANDE GUERRA

| Firma | Ano de Fundação | Linha de Produção* |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 1. Irmãos Nicola S.A. | 1888 | serras |
| 2. Metal Kuegger S.A. | 1891 | plainas |
| 3. Cia. McHardy | 1891 | furadeiras, plainas |
| 4. Ind. Metal. Bruno Meyer | 1892 | prensas |
| 5. Usina Metal. Joinville | 1893 | tornos, prensas |
| 6. Angelo Milanesi S.A. | 1900 | serras, mandris |
| 7. Carlos Tonani S.A. | 1902 | tornos, plainas |
| 8. Ind. Micheletto S.A. | 1912 | tornos |
| 9. Inds. Magos Agrs. Nardini S.A. | 1913 | tornos |
| 10. Usina Mec. Carioca S.A. | 1920 | furadeiras |
| 11. Petersen Irmãos & Cia | 1923 | prensas |
| 12. Viúva Herrero | 1924 | fresadoras, serras |
| 13. Fab. Maq. Raimann | 1932 | afiadoras, furadeiras, serras |
| 14. Ind. Māq. Penedo Ltda | 1932 | serras, plainas, furadeiras |
| 15. Māq. Piratininga S.A. | 1935 | prensas |
| 16. Yadoya | 1936 | furadeiras |
| 17. Natale Spaltonzi & Cia | 1937 | fresadoras |
| 18. Ind. Romi S.A. | 1930 | tornos |
| 19. Harlo do Brasil | 1938 | prensas, plainas |
| 20. Ind. Māq. Gutmann | 1939 | prensas |

Fonte: Anuário Banas. Máquinas e Ferramentas, São Paulo, Ed. Banas, 1965.

* linha de produção em 1964.

Depois da Guerra, a política governamental, em particular a política cambial, favoreceu a importação de bens de capital em detrimento da produção interna. Apesar disto, o setor de máquinas ferramentas cresceu bastante, tendo sido fundadas pelo menos 61 empresas neste período conforme mostra a tabela (1).

No início da década dos 50 a industrialização voltou a ser acelerada tendo o governo um papel decisivo principalmente pela criação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) em 1952 (Lei 1.628 de 20/6/52) que fornecia financiamento oficial às indústrias siderúrgicas, energia elétrica e de transportes.¹

3. 3ª Fase 1955 em diante

A instalação no país da indústria automobilística em 1956 (um dos pontos fundamentais do Plano de Metas do Governo Juscelino Kubistchek) representou um novo impulso para o setor de máquinas ferramentas, não exatamente pela demanda das fábricas montadoras mas sim pela demanda da indústria de autopeças.

(1) Suzigan, Wilson, "A Política Industrial no Brasil. In: Suzigan, Wilson, ed. Indústria: Política, Instituições e Desenvolvimento. Série Monográfica vol. 28, Rio de Janeiro, IPEA, 1978.

Assim, em 1961 existiam 114 empresas no setor de máquinas ferramentas que empregavam cerca de 5.000 pessoas e o volume de produção anual já havia ultrapassado as 13.000 ton., enquanto que em 1955 era de 5.000 ton.¹

Contudo, as máquinas produzidas ainda eram de baixo nível tecnológico e, apesar da lei do similar nacional es

tabelecida no Plano de Metas, as dificuldades de definição do conceito de similaridade² e as facilidades de obtenção de empréstimos externos levaram os consumidores a importar a maior parte delas, não dando maiores estímulos à melhoria do produto nacional. Só em 1961 é que foi criado o Grupo Executivo da Indústria Mecânica Pesada (GEIMAPE) para apoiar a indústria de máquinas operatrizes e equipamentos industriais³

Em vista disto, a estrutura do setor em 1961 ti-

(1) V. Comisión Económica Para América Latina - CEPAL. La Fabricación de Maquinarias y Equipos Industriales en América Latina. II- Las Maquinas Herramientas en el Brasil, Nueva York, Naciones Unidas, 1962. Das 114 firmas existentes em 1961, a CEPAL analisou 104, incluindo 5 que em 1961 ainda aperfeiçoavam protótipos de máquinas ferramentas e 9 cuja atividade neste ramo era inferior a 5% do valor total do seu faturamento. Portanto havia informações mais detalhadas para 90 firmas.

(2) Lei nº 3.244 de 14/8/57 que dispunha sobre a reforma da tarifa das alfândegas. Para um levantamento mais completo da legislação pertinente ao setor vide Magalhães, Emanuel Silva. A Evolução da Indústria de Máquinas-Ferramenta no Brasil. Tese de Mestrado apresentada na Universidade de Brasília. Brasília, mimeo, 1976.

(3) Decreto 50.522 de 03/5/61, idem, ibidem, p.70.

nha as seguintes características ¹

- i. Dimensão inadequada das empresas
- ii. Diversificação da linha de produção
- iii. Baixa eficiência do processo produtivo
- iv. Inexistência de engenharia de produto e limita-
ções na engenharia de fabricação
- v. Inadequação da estrutura administrativa

Contudo, a história do setor não pode ser conside-
rada um fracasso, pois ele cresceu e conseguiu ampliar aos
poucos as faixas de mercado que atendia. A comparação pura e
simples com os países que detinham a tecnologia da ponta tal-
vez não seja a melhor, haja vista a diferença existente na
história precedente de cada um.

A importação de máquinas, se por um lado inibiu
o desenvolvimento da indústria nacional, por outro lado for-
neceu ao país uma série de modelos que serviram como parâme-
tros para os modelos que seriam aqui fabricados. Quase todas
as firmas começaram suas atividades a partir da reprodução
de modelos importados.

(1) Cf. VIDOSSICH, Franco, op.cit., p.10. Esta caracterização foi fei-
ta tendo como referência a estrutura do setor de máquinas ferramen-
tas nos países desenvolvidos e baseou-se no estudo da CEPAL, op.cit.

Em 1962/63 o país entrou em uma séria crise econômica que é considerada como o final do intenso processo de substituição de importações ocorrido na década anterior. Esta crise causou o desaparecimento de muitas firmas do setor e, por exemplo, de 14 firmas produtoras de tornos em 1963, apenas 5 continuavam em operação em 1971. A tabela (3) fornece o número de firmas em 1963 e 1971, bem como o número de firmas comuns nos dois anos para vários tipos de máquinas ferramentas. A comparação de 1963 com 1971 talvez não seja a melhor, dado o tamanho do intervalo de tempo, mas com certeza boa parte das firmas deixaram de funcionar por causa da recessão ocorrida em meados da década de 60.

Em 1964 foi criada a Comissão de Desenvolvimento Industrial (CDI) com o fito de coordenar os Grupos Executivos setoriais e estabelecer uma política de desenvolvimento tecnológico. Neste mesmo ano criou-se o Fundo de Financiamento para Aquisição de Máquinas e Equipamentos Industriais (FINAME) através do Decreto 55.275 de 22/12/64.

Após a Revolução de 1964 o governo adotou uma série de medidas para controlar a inflação, o que representou uma séria ameaça para o nível da atividade econômica interna. Somente a partir de 1967 é que a Economia Brasileira retomou o crescimento e dentre as medidas de política econômica adotada pelo governo algumas favoreceram diretamente a indústria de bens de capital. São elas ¹ :

i. Decreto 54.298 de 23/11/64 que fixou coeficientes de aceleração da depreciação sobre máquinas e equipamentos de algumas indústrias consideradas prioritárias, estimu-

(1) V. Magalhães, Emanuel Silva, op.cit., p. 88 e 89.

lando os investimentos em renovação e modernização do parque industrial.

ii. Decreto-Lei nº 37 de 18/11/66 que dispunha, entre outras coisas, sobre a questão de similaridade, dando as normas básicas de julgamento através do preço, prazo de entrega e qualidade do produto.

iii. Decreto-Lei nº 46 de 18/11/66 que concedia isenção de impostos de importação e de consumo (atual IPI) para máquinas e equipamentos pelo prazo de 4 anos.

iv. Decreto-Lei 63 de 21/11/66 que alterava as tarifas alfandegárias e fazia algumas modificações na lei 3.244 de 14/8/57 já referida anteriormente.

v. Decreto 61.574 de 20/10/67 que regulamentava a similaridade conforme o disposto no D.L. nº 37 de 18/11/66.

Portanto, quando se iniciou o período do "Milagre Brasileiro" (1968/73), o setor de bens de capital pôde desenvolver-se com um apoio institucional bem grande, acompanhando o crescimento do resto da economia. Este crescimento foi sustentado ao longo da década de 70, mesmo após a crise do petróleo, em boa parte por causa da política industrial expansionista (pelo menos no que se refere à indústria de bens de capital) consubstanciada no II Plano Nacional de Desenvolvimento - PND (prazo da vigência: 1974 a 1979). Assim, em 1974 foi criada a Embramec-Mecânica Brasileira S.A., subsidiária do BNDE e voltada para o fortalecimento financeiro e desenvolvimento tecnológico do setor mecânico. Também a Finep (Financiadora de Estudos e Projetos) criada em 1967 tem participação ativa em projetos de criação e absorção de tecnologia, fornecendo subsídios financeiros e mão-de-obra especializada para o setor.

TABELA 3

NÚMERO DE FIRMAS PRODUTORAS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS POR TIPO DE MÁQUINA EM 1963, 1971, 1979 E NOS RESPECTIVOS CONJUNTOS INTERCECÇÕES

DOIS A DOIS

| Tipo de Máquinas | Ano | | | 1963 e 1971 e 1979 | | |
|------------------|------|------|------|--------------------|-------------|-------------|
| | 1963 | 1971 | 1979 | 1963 e 1971 | 1971 e 1979 | 1963 e 1979 |
| Tornos | 14 | 13 | 17 | 5 | 9 | 5 |
| Fresadoras | 4 | 9 | 10 | 1 | 6 | 1 |
| Plainas | 4 | 8 | 6 | 2 | 3 | 1 |
| Furadeiras | 13 | 13 | 12 | 4 | 6 | 4 |
| Prensas | 11 | 18 | 29 | 6 | 9 | 5 |
| Mandriladoras | - | - | 6 | - | - | - |
| Rosqueadoras | 1 | 4 | 5 | - | 2 | - |
| Guilhotinas | 2 | 11 | 15 | 1 | 7 | 1 |
| Afiadora | 2 | 5 | 8 | 1 | 3 | 1 |
| Retificadoras | 3 | 8 | 10 | 2 | 3 | 2 |
| Serras | 5 | 6 | 8 | 2 | 2 | 1 |
| Outras | 9 | 20 | 39 | 4 | 6 | 2 |

Fontes: I. Consulta - Serviço Informativo da Indústria. Especificações do Comprador Industrial. São Paulo, (s/e) 1963.

II. Vidossich, Franco, *op.cit.*, p. 113 a 119

III. Sindicato da Indústria de Máquinas do Estado de São Paulo - Simesp e Associação Brasileira da Indústria de Máquinas - Abimaq. Máquinas Ferramentas Brasileiras. São Paulo, Simesp - Abimaq, (1980).

B. Importância das firmas estrangeiras no setor de máquinas ferramentas.

O número de firmas estrangeiras no setor aumentou consideravelmente entre a década de 60 e a década de 70. Em 1963 foram instaladas as 3 primeiras firmas estrangeiras no Brasil, tendo este número aumentado para 5 em 1971, 18 em 1975 e 19 em 1979¹. Percebe-se então que a primeira meta de da década de 70 foi a mais intensa em termos de entrada de novas firmas estrangeiras, a maioria de origem alemã.

(1) Os dados para 1963 e 1971 foram obtidos em Magalhães, E.S., *op.cit.*, p. 75 e 103; o dado para 1975 veio de Brasil. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico. Mecânica Brasileira S/A - EMBRAMEC. Estudo sobre Máquinas Ferramenta. Rio de Janeiro, mimeo, 1976 e o dado para 1979 é do autor e foi obtido em pesquisa direta feita na 13ª Feira da Mecânica Nacional-São Paulo, março de 1980.

Estas firmas introduziram novos modelos nas fai
xas mais sofisticadas do mercado (V. tabela 4) e contam com equi-
 pamento de alta qualidade e alto padrão de gerência técnica
 quando comparados com as nacionais. Porém não estão entre as
 maiores em pessoal ocupado e faturamento.

Em 1975 havia apenas 2 estrangeiras com
 mais de 250 empregados ao passo que existiam 6 nacionais com
 mais de 250 e menos de 500 empregados e 3 nacionais com mais
 de 500 empregados ¹.

TABELA 4

NÚMERO DE FIRMAS PRODUTORAS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS
EM 1975, POR CONTROLE ACIONÁRIO E QUALIDADE DE PRODUTO

| Controle Acio- nário | Qualidade do Produto | | | Total |
|------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|
| | Alta | Média | Baixa | |
| Nacional | 7 | 12 | 59 | 78 |
| Majoritariamente Nacional | 4 | - | - | 4 |
| Majoritariamente Estrangeiro | 17 | - | 1 | 18 |
| Majoria Indeterminada | 2 | - | - | 2 |
| TOTAL | 30 | 12 | 60 | 102 |

Fonte: Brasil. BNDE. Embramec, op.cit.

As firmas estrangeiras aqui instaladas pos-
 suem, em seus países de origem, matrizes de porte bem maior
 (em alguns casos a filial brasileira tem apenas um décimo do
 tamanho da matriz) e isto causa certas dificuldades de adap-
 tação pois têm de utilizar métodos de produção diferentes do
 que estão acostumadas, com menor divisão interna de trabalho

(1) Não se dispõe de informações sistematizadas sobre as firmas estran-
 geiras para o período mais recente.

e sem poder aproveitar todas as vantagens de dominar uma tecnologia superior e de possuir mão-de-obra mais qualificada (pelo menos a nível de gerência técnica) que as firmas nacionais.

C. Desempenho e Organização da Indústria de Máquinas Ferramentas

Como se viu na Introdução, a indústria de máquinas ferramentas se divide em dois grandes grupos: máquinas para arranque de cavacos e máquinas para deformação. No Brasil as máquinas para arranque de cavacos são as que tem maior peso em termos do valor da produção do setor, do qual representavam 77,8% em 1980 e chegaram a representar mais de 80% no meio da década de 70, como mostra a tabela (5). Das máquinas ferramentas para arranque de cavacos a de maior peso é o torno, como mostra a tabela (6).

TABELA 5

MÁQUINAS FERRAMENTAS PARA METAIS POR TIPO DE USO.

PARTICIPAÇÃO NO VALOR DA PRODUÇÃO DO SETOR. 1975-1980

| Tipo de uso | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Cavaco | 83,9 | 71,1 | 79,9 | 79,5 | 74,1 | 77,8 |
| Deformação | 16,1 | 28,9 | 20,1 | 20,5 | 25,9 | 22,2 |
| TOTAL | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Fonte: Associação Brasileira da Indústria de Máquinas
Abimaq. Divisão de Economia e Estatística - DEE

De um modo geral o setor tem apresentado um aumento sensível de produção a partir de 1955 nos vários tipos de máquinas, como mostram as tabelas (7) e (8). As maio

res taxas de crescimento ocorreram nos produtos de uso mais generalizado como os tornos e as furadeiras, que são máquinas para arranque de cavacos, embora tenha havido um crescimento significativo também nas máquinas que operam por deformação, principalmente nas prensas excêntricas e nas guilhotinas.

TABELA 6
MÁQUINAS FERRAMENTAS PARA ARRANQUE DE CAVACOS - VALOR
DA PRODUÇÃO POR TIPO DE MÁQUINA (em %) - 1975-1980

| Tipo de Máquina | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. Afiadoras | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 2,5 | 0,5 | 0,6 |
| 2. Fresadoras | 6,0 | 7,0 | 11,9 | 10,6 | 12,7 | 9,8 |
| 3. Furadeiras | 11,6 | 11,9 | 9,5 | 9,4 | 4,8 | 8,9 |
| 4. Mandriladoras | 1,2 | 1,8 | 2,5 | 8,8 | 1,0 | 3,0 |
| 5. Máquinas para engrenagens | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,1 | - | 4,7 |
| 6. Máquinas Especiais | 2,8 | 3,1 | 4,4 | 4,4 | 5,5 | 3,9 |
| 7. Plainas | 6,9 | 6,6 | 5,9 | 4,5 | 5,8 | 5,6 |
| 8. Retificadoras | 1,0 | 1,2 | 2,6 | 4,7 | 2,7 | 2,8 |
| 9. Rosqueadoras | 0,8 | 1,3 | 1,0 | 0,6 | 0,4 | 0,3 |
| 10. Serras | 0,9 | 0,8 | 2,1 | 2,6 | 2,4 | 1,7 |
| 11. Tornos | 67,8 | 65,2 | 58,6 | 51,8 | 64,2 | 58,7 |
| TOTAL | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Fonte: Associação Brasileira da Indústria de Máquinas- Abimaq.
Divisão de Economia e Estatística - DEE.

A década de 70 foi bastante favorável ao crescimento do setor em virtude da expansão na economia brasileira ocorrida no período 1968/73 e a política de substituição de importações de bens de capital incorporada no II PND. O volume do emprego e do valor da produção do setor no Estado de São Paulo tiveram aumentos de 173% e de 304%, respectivamente no período que vai de 1970 e 1980, como mostra

TABELA 7

PRODUÇÃO NACIONAL DOS PRINCIPAIS TIPOS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS
PARA ARRANQUE DE CAVACOS (EM UNIDADES) 1955 - 1980

| Anos | Tipos | Tornos | Furadeiras | Fresadoras | Plainas | Retifi- cadoras | Mandri- ladoras |
|------|-------|--------|------------|------------|---------|--------------------|--------------------|
| 1955 | | 2.443 | 614 | 72 | 200 | 2 | - |
| 1956 | | 3.072 | 1.341 | 67 | 384 | - | - |
| 1957 | | 2.583 | 1.522 | 142 | 369 | - | - |
| 1958 | | 3.149 | 2.051 | 159 | 446 | 44 | - |
| 1959 | | 3.053 | 2.346 | 190 | 504 | 61 | - |
| 1960 | | 3.766 | 2.809 | 186 | 765 | 46 | - |
| 1961 | | 4.638 | 5.311 | 278 | 937 | 79 | - |
| 1962 | | 4.965 | 4.093 | 322 | 957 | 92 | - |
| 1963 | | 5.156 | 3.569 | 226 | 887 | 86 | - |
| 1964 | | 4.975 | 3.818 | 369 | 852 | 101 | - |
| 1965 | | 4.672 | 2.699 | 177 | 893 | 100 | - |
| 1966 | | 5.693 | 3.224 | 255 | 906 | 159 | 2 |
| 1967 | | 4.992 | 3.154 | 215 | 761 | 124 | 1 |
| 1968 | | 5.250 | 4.454 | 263 | 714 | 167 | 2 |
| 1969 | | 4.768 | 4.387 | 270 | 927 | 131 | ... |
| 1970 | | 5.287 | 5.160 | 296 | 962 | 137 | ... |
| 1971 | | 5.709 | 4.766 | 453 | 1.022 | 137 | ... |
| 1972 | | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1973 | | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1974 | | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1975 | | 9.800* | 8.700* | 700* | 2.300* | 100* | 9 |
| 1976 | | 10.222 | 9.938 | 853 | 2.790 | 211 | 26 |
| 1977 | | 11.235 | 5.046 | 1.060 | 1.803 | 230 | 25 |
| 1978 | | 9.295 | 9.179 | 789 | 1.540 | 407 | 74 |
| 1979 | | 10.572 | 26.334 | 1.068 | 1.609 | 314 | 84 |
| 1980 | | 12.497 | 30.258 | 978 | 1.533 | 433 | 152 |

Fonte: i. até 1961 - CEPAL "La Fabricacion ...", op.cit.

ii. de 1962 até 1971 - Vidossich, F., op.cit.

iii. de 1972 até 1980 - Associação Brasileira da Indústria
Máquinas - Abimaq. Departamento de Eco-
nomia e Estatística - DEE.

* Dado arredondado em 2 casas decimais

... Dado não disponível

- Dado nulo

TABELA 8

PRODUÇÃO NACIONAL DOS PRINCIPAIS TIPOS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS DE DEFORMAÇÃO (EM UNIDADES) • 1955 - 1980

| Anos | Prensa Hidráulica | Prensa Excêntrica | Prensa Fricção de | Guilhotina | Dobreadeira |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|-------------|
| 1955 | 131 | 643 | 44 | 71 | 98 |
| 1956 | 244 | 1.003 | 95 | 124 | 134 |
| 1957 | 210 | 848 | 79 | 114 | 94 |
| 1958 | 314 | 1.075 | 83 | 139 | 128 |
| 1959 | 228 | 1.035 | 87 | 160 | 133 |
| 1960 | 318 | 1.384 | 108 | 248 | 131 |
| 1961 | 333 | 1.651 | 128 | 346 | 182 |
| 1962 | 96 | 1.614 | 107 | 342 | 257 |
| 1963 | 78 | 1.476 | 89 | 331 | 196 |
| 1964 | 53 | 1.648 | 101 | 287 | 201 |
| 1965 | 67 | 1.107 | 57 | 311 | 166 |
| 1966 | 92 | 1.312 | 72 | 369 | 257 |
| 1967 | 54 | 1.055 | 65 | 295 | 268 |
| 1968 | 106 | 1.860 | 51 | 397 | 462 |
| 1969 | 48 | 1.788 | 49 | 319 | 353 |
| 1970 | 81 | 1.580 | 56 | 391 | 348 |
| 1971 | 63 | 2.992 | 63 | 423 | 348 |
| 1972 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1973 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1974 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1975 | 90* | 1.800* | 50* | 700* | 200* |
| 1976 | 66 | 2.257 | 51 | 979 | 358 |
| 1977 | 129 | 1.785 | 125 | 825 | 145 |
| 1978 | 327 | 2.514 | 93 | 1.098 | 603 |
| 1979 | 6.268 | 2.851 | 122 | 3.856 | 317 |
| 1980 | 164 | 2.756 | 158 | 1.331 | 525 |

Fonte: Mesma da tabela (7).

* Dado arredondado em duas casas decimais.

... Dado não disponível.

a tabela (9). O Estado de São Paulo é o principal produtor de máquinas ferramentas no Brasil e, é possível ter uma idéia de sua importância pela localização das firmas em 1971, mostrada na tabela (10).

TABELA 9
INDICADORES DO DESEMPENHO DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS NO ESTADO
DE SÃO PAULO
1970 - 1980

| Indicador Ano | Emprego (a) (Em Número-Índice) | Produto (b) (Em Número-Índice) |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1970 | 76,5 | 70,8 |
| 1971 | 86,5 | 94,6 |
| 1972 | 100,0 | 100,0 |
| 1973 | 118,9 | 120,5 |
| 1974 | 145,5 | 147,1 |
| 1975 | 160,5 | 187,5 |
| 1976 | 172,1 | 211,4 |
| 1977 | 147,6 | 217,2 |
| 1978 | 191,2 | 251,0 |
| 1979 | 199,8 | 270,8 |
| 1980 | 209,0 | 285,9 |

Fonte: Sindicato da Indústria de Máquinas do Estado de São Paulo-SIMESP

(a) Média mensal do número de pessoas empregadas.

(b) Valor da produção Industrial deflacionado pelo Índice de Preços de Máquinas e Equipamentos Industriais calculado pela Fundação Getúlio Vargas.

TABELA 10
LOCALIZAÇÃO DAS FIRMAS BRASILEIRAS PRODUTORAS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS
EM 1971

| Local | Número de Firmas | % Sobre o total |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------|
| 1. Cidade de São Paulo | 40 | 58,8 |
| 2. Periferia de São Paulo * | 4 | 5,9 |
| 3. Interior do Estado de S. Paulo | 13 | 19,1 |
| 4. Outros Estados | 11 | 16,2 |
| TOTAL | 68 | 100,0 |

Fonte: Vidossich, F., *op.cit.*, p. 39.

* Municípios de São Caetano do Sul, São Bernardo do Campo, Santo André e Guarulhos.

O estudo do BNDE - Embramec mostrava que em 1975 o número médio de pessoas empregadas por firma era 160 e que o setor empregava 15.943 pessoas. A tabela (11) fornece o número de firmas e o número de pessoas empregadas por cada classe de tamanho.

TABELA 11
ESTRUTURA OCUPACIONAL DO SETOR DE MÁQUINAS FERRAMENTAS PARA METAIS
1975

| Classes de Tamanho | Número de Firmas | | Número de Pessoas Ocupadas | |
|----------------------|------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
| | Valor Absoluto | % Sobre o Total | Valor Absoluto | % Sobre o Total |
| até 20 pessoas | 20 | 20,2 | 307 | 1,9 |
| de 21 a 50 pessoas | 26 | 26,2 | 956 | 6,0 |
| de 51 a 100 pessoas | 19 | 19,2 | 1.320 | 8,3 |
| de 101 a 250 pessoas | 18 | 18,2 | 2.951 | 18,5 |
| de 251 a 500 pessoas | 11 | 11,1 | 3.459 | 21,7 |
| mais de 500 pessoas | 5 | 5,1 | 6.950 | 43,6 |
| TOTAL | 99 | 100,0 | 15.943 | 100,0 |

Fonte: Brasil. BNDE. Embramec, op.cit., p. 16.

Outra observação importante que pode ser feita sobre o setor é que as suas firmas, tanto as nacionais como as estrangeiras, apresentam uma linha de produção bastante diversificada, com vários modelos de máquinas ferramentas, além de outros produtos mecânicos. De acordo com uma pesquisa feita pelo autor e por Hélio Nogueira da Cruz na 13.^a Feira da Mecânica Nacional em março de 1980, poucas são as firmas que produzem apenas um modelo de cada produto; ¹ mesmo quando se trata de tornos e furadeiras que são as máquinas ferramentas para arranque de cavacos mais difundidas. A maioria das firmas produz de 2 a 5 modelos de cada produto, como mostra a tabela (12). Além disso, é muito comum que uma mesma firma produza mais de um tipo de produto. ²

1. VIDOSSICH também chama a atenção para a grande diversificação da oferta. V. VIDOSSICH, F., op.cit., p. 49.

2. Por exemplo, a firma que foi estudada no presente trabalho produz tornos, furadeiras, fresadoras e plainas.

TABELA 12

NÚMERO DE FIRMAS PRODUTORAS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS PARA ARRANQUE DE CAVACOS SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E O NÚMERO DE MODELOS FABRICADOS-1980

| Tipo de produto | Nº de Modelos | | | | | Total |
|--|---------------|---|-------|--------|------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 a 5 | 6 a 10 | Mais de 10 | |
| Tornos | - | 5 | 5 | 2 | 2 | 14 |
| Furadeiras | - | 5 | 8 | 3 | 1 | 17 |
| Retificadoras | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 9 |
| Afiadoras | 1 | 1 | 3 | 2 | - | 7 |
| Centros de Usinagem e máquinas especiais | - | 1 | 5 | 2 | - | 8 |
| Fresadoras | 1 | 4 | 8 | 4 | 1 | 18 |
| Mandriladoras | - | 1 | 4 | 1 | 1 | 7 |

Fonte: Pesquisa direta junto às firmas do setor realizada na 13ª Feira da Mecânica Nacional - São Paulo, março de 1980, através da aplicação de questionários junto aos expositores feita pelo autor e por Hélio Nogueira Cruz.

- Dado nulo.

Uma provável causa desta tendência à diversificação da produção é a grande instabilidade de demanda que caracteriza o setor como um todo e, evidentemente, cada modelo de produto. Procurou-se evidenciar esta instabilidade com base no coeficiente de Variação do Faturamento real do setor para o Estado de São Paulo no período 1974-1980 e que se encontra na última coluna da tabela (13). Note-se que os seus valores são sensivelmente superiores aos valores dos coeficientes de variação para os indicadores de produção, ou seja, indicadores de oferta, mostrados na mesma tabela, principalmente na segunda metade da década de 70. A conclusão que se segue é que as vendas do setor possuem uma maior variância que a sua produção, isto é, são sujeitas a uma maior instabilidade que pode ser entendida, em grande parte, como causada por uma instabilidade da demanda.

Um resultado semelhante foi encontrado, agora especificamente para a firma analisada neste estudo de caso, como mostra a tabela (14). Ou seja, trata-se de uma firma que neste ponto não foge à regra do setor.

TABELA 13

INDICADORES DE PRODUÇÃO E DE DEMANDA NA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1974-1980

| Ano | Indicadores de Produção | | | | | | Indicador de Demanda | | |
|------|--------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| | Horas Trabalhadas na Produção | | | Consumo de Energia Elétrica | | | Faturamento Real | | |
| | Média Mensal (em nº Índice) | Desvio Padrão (em nº Índice) | Coefficiente de Variação (em Valores Abs- olutos) | Média Mensal (em nº Índice) | Desvio Padrão (em nº Índice) | Coefficiente de Variação (em valores absolutos) | Média Mensal (em nº Índice) | Desvio Pa- drão (em nº Índice) | Coefficiente de Variação (em Valores Absolutos) |
| 1974 | 100,0 | 100,0 | 0,0587 | 100,0 | 100,0 | 0,1188 | 100,0 | 100,0 | 0,2024 |
| 1975 | 126,8 | 267,4 | 0,1239 | 131,6 | 98,9 | 0,0892 | 126,2 | 59,8 | 0,0959 |
| 1976 | 141,2 | 193,0 | 0,0802 | 156,1 | 147,7 | 0,1124 | 166,4 | 105,3 | 0,1281 |
| 1977 | 145,2 | 114,0 | 0,0461 | 159,6 | 72,7 | 0,0541 | 153,5 | 90,5 | 0,1193 |
| 1978 | 167,0 | 202,3 | 0,0711 | 187,8 | 121,6 | 0,0769 | 212,8 | 217,4 | 0,2067 |
| 1979 | 180,1 | 208,1 | 0,0678 | 203,0 | 139,2 | 0,0814 | 174,7 | 175,2 | 0,2030 |
| 1980 | 189,1 | 336,0 | 0,1043 | 221,8 | 144,9 | 0,0776 | 190,4 | 141,6 | 0,1505 |

Fonte: Elaboração própria sobre dados fornecidos pelo SIMESP - Sindicato da Indústria de Máquinas do Estado de São Paulo.

TABELA 14

INDICADORES DE PRODUÇÃO E DE DEMANDA NUMA FIRMA BRASILEIRA PRODUTORA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS. 1976-1980

| Ano | Indicadores de Produção | | | | | | Indicador de Demanda | | |
|------|--------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| | Horas Trabalhadas na Produção | | | Consumo de Energia Elétrica | | | Faturamento Real | | |
| | Média Mensal (em nº Índice) | Desvio Padrão (em nº Índice) | Coefficiente de Variação (em Valores Ab- solutos) | Média Mensal (em nº Índice) | Desvio Padrão (em nº Índice) | Coefficiente de Variação (em valores absolutos) | Média Mensal (em nº Índice) | Desvio Pa- drão (em nº Índice) | Coefficiente de Variação (em Valores Absolutos) |
| 1976 | 100,0 | 100,0 | 0,1348 | 100,0 | 100,0 | 0,1514 | 100,0 | 100,0 | 0,2825 |
| 1977 | 79,7 | 79,6 | 0,1347 | 120,8 | 225,7 | 0,2828 | 70,5 | 55,9 | 0,2240 |
| 1978 | 81,5 | 50,4 | 0,0834 | 110,9 | 92,5 | 0,1262 | 80,1 | 109,9 | 0,3674 |
| 1979 | 101,1 | 81,4 | 0,1085 | 135,2 | 134,2 | 0,1503 | 104,0 | 110,1 | 0,2990 |
| 1980 | 134,4 | 140,0 | 0,1404 | 167,1 | 140,8 | 0,1276 | 125,1 | 156,9 | 0,3543 |

Fonte: Elaboração própria sobre dados fornecidos pela firma.

Finalmente, a análise das exportações do setor mostra que o seu desempenho no mercado externo foi muito bom na década de 70, beneficiado evidentemente pela política governamental de incentivos às exportações, tendo o valor das exportações em U.S. dólar- FOB crescido 895% entre 1973 e 1980. A maior parte refere-se a máquinas ferramentas para arranque de cavacos, destinadas principalmente para a América Latina, e, dentre estas, mais uma vez o destaque fica para os tornos (V. tabela (15)).

TABELA 15
EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS 1973-1980
(em US\$-FOB Milhares)

| | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 ^a | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
|--|---------|---------|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| Total cavaco | 3.892,0 | 6.475,0 | 12.321,0 | 11.000,0 | 9.020,4 | 15.950,0 | 31.502,6 | 41.069,8 |
| Tornos | 2.924,0 | 4.994,0 | 9.597,0 | 6.100,0 | 6.628,7 | 11.875,0 | 21.198,7 | 31.112,8 |
| Plainas | 392,0 | 637,0 | 1.178,0 | .700,0 | 803,6 | 1.079,3 | 1.899,3 | 2.695,7 |
| Furadeiras e Rosqueadeiras | 270,0 | 451,0 | 700,0 | 3.600,0 | 612,2 | 1.100,9 | 3.349,9 | 1.975,6 |
| Mandriladoras | - | - | - | - | - | 153,4 | 1.365,5 | 227,2 |
| Fresadoras | 174,0 | 148,0 | 350,0 | 300,0 | 243,0 | 868,2 | 2.236,5 | 2.272,3 |
| Filetadeiras, Ranhuradeiras, Brochadeiras, Serras, Afiadoras | 51,0 | 156,0 | 222,0 | 100,0 | 107,7 | 161,0 | 301,9 | 649,1 |
| Máq. Engrenagens | - | - | - | - | 197,1 | 343,6 | 639,7 | 1.893,5 |
| Retificadoras e Esmerilhadoras e Politrizes | 81,0 | 89,0 | 274,0 | 200,0 | 428,1 | 368,5 | 476,3 | 245,5 |
| Máq. de Eletroerosão | - | - | - | - | - | - | 34,8 | - |
| Total deformação | 913,0 | 2.225,0 | 2.214,0 | 1.800,0 | 2.160,9 | 4.186,0 | 7.739,7 | 7.561,3 |
| outros | 78,0 | 35,0 | 168,0 | 100,0 | - | - | - | - |
| TOTAL GERAL | 4.883,0 | 8.735,0 | 14.613,0 | 12.900,0 | 11.181,3 | 20.135,9 | 39.242,2 | 48.631,1 |

Fonte: i. de 1973 a 1976 - BNDE-Embramec, op.cit.

ii. de 1977 a 1980 - Abimaq. DEE.

a. Jan, a Nov.

II. Histórico e desempenho da firma e sua posição relativa no Setor de máquinas ferramentas brasileiro.

A. Histórico da firma

A firma começou as suas atividades em 1943, na cidade de São Paulo, como prestadora de serviços de tornearia e consertos de máquinas e peças para automóveis. Os seus fundadores eram imigrantes espanhóis radicados há vários anos no Brasil e com larga experiência mecânica pois haviam trabalhado em grandes empresas do setor, tais como Lorenzetti e Máquinas Piratininga. Não tinham porém educação formal muito avançada e o fundador com maior grau de instrução era torneiro mecânico.

Os equipamentos disponíveis inicialmente eram muito poucos, e a reduzida escala de operações bem como e grande descontinuidade dos serviços da oficina permitiram que a sua ampliação fosse feita com base em pequenos investimentos. Note-se que a decisão de fabricar máquinas ferramentas, que seria tomada em 1954, partiu de um projeto pessoal de um dos fundadores.

Dessa forma, em 1954 a firma produziu o seu primeiro modelo de máquina ferramenta. Tratava-se de um torno de bancada, bastante simples, baseado em similar importado e cuja construção foi facilitada pela experiência acumulada anteriormente nas tarefas de reparação de máquinas. Mas de qualquer forma implicou a concentração de esforços numa tarefa específica, dando maior orientação ao processo de aprendi-

(1) A decisão de produzir tornos, que abriu o caminho de expansão da firma na direção do setor de máquinas ferramentas, ocorreu quase que por acaso. Um cliente solicitou a reparação de um torno importado e a firma aproveitou este modelo para reproduzir a máquina para consumo próprio e posteriormente para venda a outros clientes.

zagem pelo qual a firma passava.¹

Em 1958, a firma lançou o seu segundo produto. Tratava-se de uma plaina limadora, também baseada em similar Importado, se bem que com maiores modificações de desenho que no caso do torno. A decisão sobre o que produzir baseou-se nas necessidades do processo produtivo da própria firma e esse caminho de expansão orientado pelas necessidades internas, isto é, "o que é bom para nós deve ser bom para os outros", será uma constante na sua história. Note-se que no fundo esta é uma forma de teste de mercado bem simples, mas que deu resultado.

A expansão das vendas foi rápida devido à proteção tarifária contra os competidores estrangeiros², à instalação no país da indústria automobilística em 1956 e à brecha aberta pelas grandes firmas produtoras de máquinas ferramentas, tais como Romi e Nardini, que iniciaram a produção dessas máquinas já durante a I Grande Guerra. Mas os principais clientes da firma não foram as montadoras de automóveis, pelo menos na sua fase de instalação no país, pois a maior parte do seu equipamento veio diretamente dos seus respectivos países, mas sim a indústria de autopeças e as escolas técnicas. No início da II Grande Guerra, em 1941, existiam apenas cinco fabricantes de autopeças no Brasil, enquanto que na época da instalação da indústria automobilística este número ele

1. Evidentemente a experiência na reparação de vários tipos de máquinas foi importante, mas não era específica e por si só não garantiria o sucesso do novo empreendimento. Esta especialização de funções tendeu a ser cada vez maior, à medida que a firma lançava-se na produção de máquinas ferramentas mais sofisticadas, criando uma visão de autosuficiência que, se por um lado foi importante para o seu sucesso, por outro lado criou determinadas barreiras que iriam atrapalhar saídas de qualidade, como por exemplo, no que se refere à contratação de serviços externos de engenharia ou à contratação de técnicos especializados em engenharia de produto ou processo (V. capítulo IV, sobre Inovação Tecnológica de Processo, adiante).
2. A proteção tarifária para o setor de Máquinas e Equipamentos Industriais continua elevada até hoje. Willian Tyler estimou em 91,6% a Tarifa Efetiva e em 61,3% a Tarifa Efetiva Líquida, i.e., sob condições de livre comércio internacional, para 1980-81. Para a definição dos conceitos e a metodologia utilizada, ver TYLER, Willian. Política Comercial e Industrial no Brasil: Uma Análise sob a Ótica da Proteção Efetiva para Vendas no Mercado Doméstico, Texto para Discussão Interna nº35. Rio de Janeiro, IPEA-INPES, 1981.

vou-se para 700 firmas e em 1962 já havia 1300 delas.¹

Em 1962, a firma já era uma das maiores produtoras de tornos mecânicos do país, possuindo por volta de 50 empregados e produzindo cerca de 750 tornos por ano, o que a colocava como uma firma de porte médio no setor de máquinas ferramentas (V. tabela (16)). No mesmo ano, a Romi, a maior fabricante brasileira de máquinas ferramentas, produziu cerca de 2.000 tornos.²

TABELA 16

FIRMAS PRODUTORAS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS NO BRASIL

- 1961 -

| | |
|---|-------|
| Total de firmas | 90 |
| Firmas com mais de 100 empregados | 8 |
| Total do pessoal ocupado | 4.780 |
| Média de Pessoal Ocupado por firma com mais de 100 empregados | 330 |
| Média do Pessoal Ocupado por firmas pequenas e médias | 26 |
| Média do pessoal ocupado por empresa | 53 |

Fonte: CEPAL. La Fabricación de Maquinarias y Equipos Industriales en América Latina. II - Las Máquinas Herramientas en el Brasil. Nueva York, Naciones Unidas, 1962.

Em 1962 a firma mudou-se para novas instalações, mais apropriadas para a produção de máquinas ferramentas³. Não houve estudos formais para definir a nova localiza-

ção da fábrica nem tampouco sobre o seu lay-out ou dimensão

- (1) V. Anuário Banas. Transportes, São Paulo, Ed. Banas, 1962.
- (2) Ressalte-se no entanto que a Romi produzia uma gama muito diversificada de tornos paralelos e tornos revólveres, que iam desde os leves até os extra pesados.
- (3) A firma instalou-se num terreno adquirido no início dos anos 50, localizado em uma pequena cidade da Grande São Paulo que possuía pouca infraestrutura industrial. Ela teve problemas em adaptar o terreno para receber um galpão, obter energia elétrica (os fios de eletricidade não chegavam até o local da fábrica e tiveram que ser puxados), além dificuldades para a obtenção de mão-de-obra com alguma qualificação para trabalhar no setor mecânico. V: o capítulo sobre inovação tecnológica de processo no tópico sobre mão-de-obra).

dos setores produtivos: tudo isto foi fruto do conhecimento empírico dos proprietários. Neste ano ela se transformou em Sociedade Anônima de capital fechado.

Nas novas instalações, a firma manteve um ritmo de crescimento bem elevado tanto na produção de tornos quanto na produção de plainas, consolidando a sua participação nestes dois mercados, conforme mostra a tabela (17).

Em 1964 foi construída uma fundição própria, a fim de garantir o fornecimento de material fundido. Esta preocupação em ter fundição própria é bastante característica do setor metal-mecânico, mesmo em empresas de menor porte. Para a criação desta seção foi necessária a utilização de serviços de assessoria externa.

TABELA 17

PARTICIPAÇÃO DA FIRMA NA PRODUÇÃO NACIONAL EM PESO DE
TORNOS E PLAINAS (EM %)

| Ano | Máquina | Tornos | Plainas |
|------|---------|--------|---------|
| 1961 | | 1,8 | 1,4 |
| 1962 | | 2,1 | 3,8 |
| 1963 | | 3,3 | 5,2 |
| 1964 | | 2,7 | 7,4 |
| 1965 | | 2,9 | 6,4 |
| 1966 | | 2,7 | 5,4 |
| 1967 | | 2,9 | 6,5 |
| 1968 | | 2,6 | 4,6 |
| 1969 | | 2,9 | 3,2 |
| 1970 | | 4,2 | 4,0 |

Fonte: CEPAL

,op. Cit.; Anuário Banas, vários números e dados fornecidos pela firma.

Em 1965, o país entrou em uma séria recessão econômica e todo o setor industrial sofreu com ela; em

particular, a firma sob análise teve uma queda de quase 40% no seu faturamento real (V. tabela (46) no apêndice). Com isto, o nível de utilização do equipamento tendeu a cair bastante e a firma teve que procurar novas alternativas para enfrentar esta crise de demanda. A sua política orientou-se então no sentido da diversificação da produção e da busca de mercados externos.

Em 1966 foram lançados três novos produtos: duas furadeiras e uma fresadora. Em 1964 ocorreram as primeiras exportações. Foram exportados oito tornos e uma plaina para a Bolívia, quatro tornos e quatro plainas para o México. Entre 1966 e 1967 foram exportados 269 tornos, 51 plainas, seis furadeiras e uma fresadora para a ALALC (65% dos quais para o México). A tabela (18) mostra a evolução destas exportações entre 1964 e 1980 e a sua participação no total do faturamento, que atinge cerca de 40% em 1970 e a partir daí começa a decrescer, só voltando a aumentar depois de 1977. Atualmente as exportações são basicamente para o México, para qual já foram exportados cerca de 7.000 tornos desde 1964.

De qualquer forma, a segunda metade dos anos 60 foi de queda de demanda, sendo que a produção física só vai recuperar-se em 1970 (V. tabela (19)). O incentivo à diversificação foi portanto bem forte e, em 1968, lançaram-se dois novos modelos de furadeiras. Na década dos 70, a firma ampliou este número, observando sempre uma tendência à sofisticação do produto. Todos os novos produtos foram desenvolvidos a partir das experiências anteriores e da comparação com algum similar importado ¹

(1) V. o capítulo sobre Inovação Tecnológica de produto, adiante.

A firma conseguiu manter-se, na segunda metade dos anos 60, entre as cinco maiores produtoras de tornos do Brasil, num mercado onde existiam vinte e nove concorrentes e um grande líder que era a Romi. Em 1970, a sua produção de tornos estava por volta de mil unidades, o que representava cerca de 4% da produção nacional em peso (Ver tabela (17)).

TABELA 18

EVOLUÇÃO DAS EXPORTAÇÕES DA FIRMA E SUA PARTICIPAÇÃO
NO TOTAL DO FATURAMENTO

| Ano | Valor das Exportações ^(a) (Em número índice) | Participação no total do Faturamento (em %) |
|------|--|---|
| 1965 | 34,9 ^(b) | - |
| 1966 | 47,1 | 28,2 |
| 1967 | 35,6 | 21,6 |
| 1968 | 42,0 | 23,2 |
| 1969 | 61,6 | 33,9 |
| 1970 | 100,0 | 41,4 |
| 1971 | 87,4 | 26,6 |
| 1972 | 115,2 | 23,3 |
| 1973 | 177,0 | 20,8 |
| 1974 | 212,6 | 20,2 |
| 1975 | 165,6 | 18,1 |
| 1976 | 139,1 | 12,5 |
| 1977 | 112,0 | 14,5 |
| 1978 | 164,4 | 15,9 |
| 1979 | 305,0 | 23,6 |
| 1980 | 387,1 | 29,2 |

Fonte: Elaboração própria sobre dados fornecidos pela firma.

a. Deflacionado pelo Índice de Preços Industriais dos EUA, publicado por International Monetary Fund - International Financial Statistics, EUA, vários números.

b. Inclui as exportações feitas em 1964.

Na década de 60 também foram feitas várias ampliações nas instalações da firma; a área construída que era de 2.000m² em 1963 já nas novas instalações, passou para 3.265 m² em 1969. Neste mesmo ano iniciou-se a produção, para consumo interno, de armários de aço para guardar ferramentas de corte, os quais seriam produzidos em escala industrial para vendas a partir de 1979.

Na primeira metade da década de 70, a firma expandiu bastante a sua produção, acompanhando o crescimento da economia como num todo que vivia o chamado período do "Milagre Brasileiro", e mostrou uma grande capacidade de responder aos estímulos da demanda (V. tabela (19)). Neste período foram lançadas duas novas furadeiras, em 1971 e 1974, e houve um aumento sensível na quantidade de equipamento de que dispunha.

O período pós-74 foi caracterizado por uma certa estagnação da produção e mais uma vez a firma buscou uma saída na diversificação dos produtos. Em 1975 foi lançado um novo modelo de torno; em 1977 foi lançada uma furadeira radial e substituída a furadeira de 1974 por outra, e em 1978 e 1980 foram criados dois novos modelos de fresadoras. Outra característica desse período foi o grande volume de compras de máquinas e equipamentos, boa parte dos quais eram importados.

B. Desempenho de Longo Prazo da Firma

Nesta seção pretende-se apresentar uma visão geral do desempenho de longo prazo da firma através de indicadores de produção, emprego e capital. As informações

sobre as quais foram construídas as séries daqueles indicadores, bem como a metodologia utilizada na sua medição encontra-se exposta no apêndice.

As tabelas (19) e (20) e o gráfico (1) resumem as principais informações e indicam que a firma teve uma expansão significativa na sua produção aumentando 1.695,3%, ou seja, 14% ao ano, nos 22 anos que vão de 1958 a 1980. Se se considera o período 1963-1980, para o qual se dispõe de informações sobre todos os indicadores, esta taxa foi 284,2%, ou seja, 8,2% ao ano, tendo sido superado pela taxa de crescimento do emprego, que foi de 354,2% ou 9,3% ao ano. Como resultado tem-se que a produtividade do trabalho teve um crescimento negativo de -15,4%, ou -2,0% ao ano quando se compara a data inicial do período com a data final; ou seja, a evolução tecnológica por que a firma passou ao longo de sua existência não se encontra refletida neste indicador. ¹ (V. tabela (19)).

O indicador de capital mostra que a firma manteve uma taxa alta de investimentos, quer se considere o período 1958 - 1980, quer se considere o período 1963-1980.

Mas o comportamento da firma não foi uniforme ao longo do tempo, sendo possível identificar-se algumas etapas históricas. A primeira etapa vai de 1958 a 1963, e foi caracterizada por altas taxas de crescimento tanto da produção como do capital, não se dispondo de informações sobre os outros indicadores. A segunda etapa vai de 1963 a 1969 e foi uma fase difícil, pois a economia entrou numa séria recessão em 1963 da qual só saiu por volta de 1968/69, e a firma teve de procurar alternativas para a crise na forma de diversificação da

1. Ao contrário do que ocorreu, por exemplo, no estudo de caso feito com uma firma argentina de máquinas ferramentas, no qual se observou um crescimento de 144,9% na produtividade do trabalho. V. KATZ, J. et al., *op. cit.*, p. 30. O coeficiente de correlação de Spearman (r_s) calculado com base na série de tempo e na série de produtividade da mão-de-obra mostradas na tabela (19) apresentou o seguinte resultado: $r_s = 0,2632$, que não é significativa em teste unilateral à direita a nível de 10%. Portanto, há razões estatísticas para se acreditar que a tendência da produtividade da mão-de-obra foi a de permanecer constante ao longo do tempo.

produção e busca de mercados externos; foram negativas as ta xas de crescimento da produção e da produtividade do traba - lho, e o emprego cresceu um pouco, reforçando a queda na sua produtividade; já os investimentos mantiveram-se num patamar relativamente elevado, embora inferior ao do período anterior. A terceira etapa vai de 1969 a 1974 e caracterizou-se por elevadas taxas de crescimento em todos os indicadores inclu - sive a produtividade do trabalho; esta é considerada a melhor fase da firma segundo a opinião dos seus proprietários. A quarta e última etapa vai de 1974 a 1980 e representou uma fase de certa estagnação da produção e queda no emprego, em - bora o capital tenha crescido bastante (V. tabelas (19), (20) e gráfico (1)).

Estas etapas servirão como referenciais úteis para a análise da inovação tecnológica de produto e de proces - so que será feita nos capítulos (III) e (IV) do presente estu - do de caso.

C. Posição Relativa da firma no setor de máquinas ferramentas brasileiro.

Em 1980 a firma possuía cerca de 500 empre - gados e estava em sexto lugar do setor de máquinas ferramen - tas em número de empregados e volume de faturamento, de acor - do com a revista Visão - Quem é Quem na Economia Brasileira. São Paulo, Editora Visão, 1981. Esteve ainda entre as dez maiores empresas do setor durante praticamente toda a década dos 70, tanto em faturamento como em volume de capital ou nū - mero de empregados, apresentando uma tendência a melhorar a sua posição ao longo do tempo, segundo a mesma revista. Se se considerar apenas as firmas produtoras de máquinas ferramentas para

arranque de cavacos, a sua posição no setor é um pouco me
lhor, embora a distância entre ela e as líderes Romi e Nar
dini seja bem grande.

A estrutura administrativa da firma é eminen
temente familiar, estando na sua direção membros da primeira
geração e alguns da segunda, que está sendo incorporada aos
poucos.

TABELA 19
INDICADORES DO DESEMPENHO GLOBAL DA FIRMA
(EM NÚMEROS ÍNDICES, 1963 = 100)

| Ano | Produção (a) | Emprego (b) | Capital (c) | Produtividade do Trabalho (d) |
|------|-----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|
| 1949 | | | 1,6 | |
| 50 | | | 1,4 | |
| 51 | | | 1,3 | |
| 52 | | | 1,2 | |
| 53 | | | 1,1 | |
| 54 | | | 1,8 | |
| 55 | | | 2,0 | |
| 56 | | | 9,0 | |
| 57 | | | 14,1 | |
| 58 | 21,4 | | 33,5 | |
| 59 | 28,6 | | 45,4 | |
| 60 | 48,4 | | 44,8 | |
| 61 | 47,5 | | 53,5 | |
| 62 | 65,8 | | 86,7 | |
| 63 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| 64 | 80,7 | 105,0 | 103,4 | 76,9 |
| 65 | 87,3 | 106,7 | 137,6 | 81,8 |
| 66 | 79,6 | 145,8 | 152,7 | 54,6 |
| 67 | 83,0 | 92,5 | 159,4 | 89,7 |
| 68 | 87,4 | 96,7 | 180,9 | 90,4 |
| 69 | 80,3 | 115,8 | 196,6 | 69,3 |
| 1970 | 110,2 | 134,2 | 239,2 | 82,1 |
| 71 | 145,5 | 168,3 | 251,1 | 57,9 |
| 72 | 192,2 | 225,8 | 356,6 | 85,1 |
| 73 | 297,0 | 360,8 | 523,3 | 82,3 |
| 74 | 365,9 | 464,2 | 788,4 | 78,8 |
| 75 | 233,4 | 303,3 | 970,9 | 77,0 |
| 76 | 371,6 | 359,2 | 1.115,0 | 103,5 |
| 77 | 275,6 | 265,0 | 1.128,0 | 104,0 |
| 78 | 274,3 | 320,0 | 1.441,8 | 85,7 |
| 79 | 328,4 | 393,3 | 2.059,2 | 83,5 |
| 1980 | 384,2 | 454,2 | 2.550,7 | 84,6 |

Fonte: Tabelas (46), (48), (49) do apêndice.

(a) Índice de Produção expresso em peso ponderado corrigido. V. apêndice.

(b) Número de Empregados em 31 de dezembro. V. apêndice

(c) Estoque de Capital fixo. V. apêndice.

(d) Quociente a/b.

TABELA 20

TAXAS DE CRESCIMENTO DOS INDICADORES DE PRODUÇÃO, EMPREGO, CAPITAL E PRODUTIVIDADE DO TRABALHO

(em %)

| Período | Produção | | Emprego | | Capital | | Produtividade do Trabalho | |
|---------|----------|-------|---------|-------|---------|-------|---------------------------|-------|
| | Total | Anual | Total | Anual | Total | Anual | Total | Anual |
| 58-63 | 362,1 | 36,1 | - | - | 198,5 | 24,5 | - | - |
| 63-69 | -19,7 | - 3,6 | 15,8 | 2,5 | 96,6 | 11,9 | -30,7 | - 5,9 |
| 69-74 | 355,7 | 35,4 | 300,9 | 32,0 | 301,0 | 32,0 | 13,7 | 2,6 |
| 74-80 | 5,0 | 0,8 | -2,2 | -0,4 | 223,5 | 21,6 | 7,4 | 1,2 |
| 58-80 | 1.695,3 | 14,0 | - | - | 7.514,0 | 21,8 | - | - |
| 63-80 | 284,2 | 8,2 | 354,2 | 9,3 | 2.450,7 | 21,0 | -15,4 | -1,0 |

Fonte: Tabela (19)

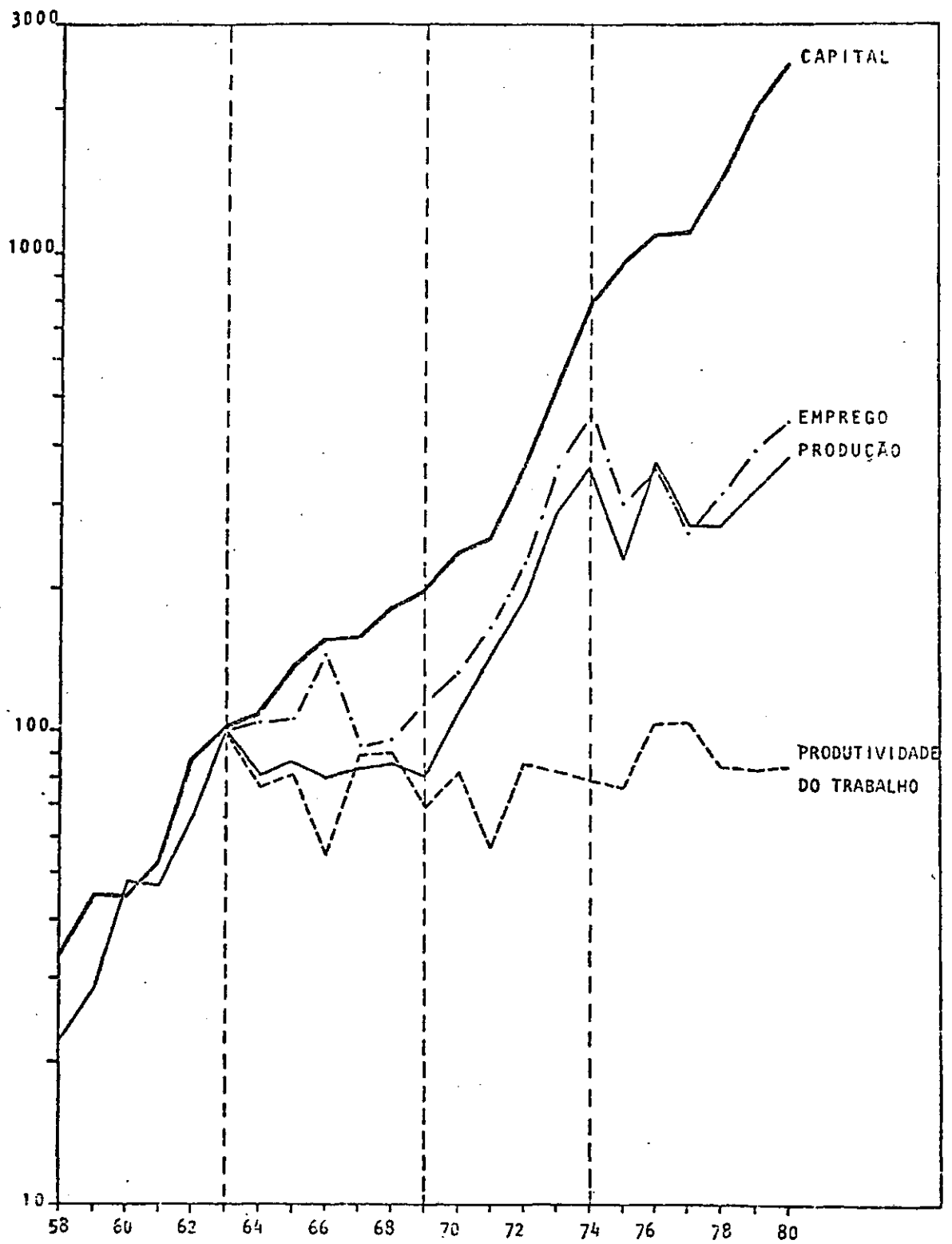
Obs: As taxas de crescimento anuais foram calculadas pela fórmula $Y_n = Y_0 (1+r)^n$
 onde Y_0 = Valor do indicador no início do período

Y_n = Valor do indicador no final do período

n = Número de anos do período

r = taxa de crescimento anual

GRÁFICO 1



Fonte: Tabela (13)

III. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE PRODUTO

A. Medidas de Mudanças Qualitativas Oriundas de Fatores Técnicos

1. Metodologia Utilizada

O problema de como exprimir mudanças na qualidade de um produto através de preços tem merecido a atenção dos economistas desde a década dos 50. O enfoque clássico deste problema é o de Hofsten¹ e consiste em criar um coeficiente técnico g que seja função apenas da qualidade do produto e que seja independente dos preços de outras mercadorias existentes no mercado. Assim, seja a uma mercadoria de determinada qualidade que foi substituída no tempo t por uma mercadoria b de qualidade diferente (melhor ou pior), Hofsten supõe que a mudança de preços relativos que ocorrer se deva exclusivamente à mudança qualitativa nos serviços prestados pela nova mercadoria, isto é, se por exemplo o valor do coeficiente técnico for $g = 2$ significa que a nova mercadoria é duas vezes melhor que a antiga e portanto terá um preço de mercado duas vezes maior.

Como criar então este coeficiente técnico ou índice de qualidade? A idéia básica é de que qualidade não é algo diretamente mensurável, mas alguns atributos das mercadorias o são - por exemplo, o peso ou a potência do motor no caso de máquinas ferramentas - e se correlacionam positivamente com a sua qualidade; portanto, um número índice baseado nestes atributos técnicos serviria muito bem para os propósitos pretendidos.

Tal análise torna-se bastante complexa quando o número de atributos técnicos é maior do que um, pois neste caso deve-se estimar um "preço de qualidade" (uma espécie de "preço sombra")

1. Hofsten, Erland von - Price Indexes and Quality Changes, Londres, George Allen & Unwin, 1952. De acordo com o autor, um dos primeiros a se preocupar com este assunto foi G.H. Knibbs em 1912 no seu livro Prices, Price Indexes and Cost of Living in Australia, Commonwealth Bureau of Census and Statistics, Melbourne.

para cada atributo a fim de que se possa saber a ponderação que vai ser dada a cada um no cálculo do número índice. Um tratamento estatístico foi feito por Griliches em 1961 no cálculo de índices de preços hedônicos (isto é, preços de qualidade) para a indústria automobilística americana¹.

Uma maneira de se contornar este problema foi sugerida por Katz et al.² Consiste em fazer a tabela dos coeficientes de correlação parcial entre os atributos para uma amostra igual ao número de produtos existentes e escolher como "proxy" de todos os atributos aquele que apresentar coeficientes de correlação estatisticamente significantes. Se houver mais de um atributo nestas condições, escolhe-se aquele que mantém as mais altas correlações com os outros. Katz et al. concluíram que o peso é o melhor atributo técnico para espelhar as mudanças qualitativas, isto é, tecnológicas, entre diversos modelos de tornos paralelos.

No presente trabalho, uma metodologia semelhante torna-se pouco compensadora pelos seguintes motivos:

i) A produção da firma é bem heterogênea quanto aos tipos de máquinas ferramentas produzidas e a composição da produção muda sensivelmente ao longo do tempo³.

1. V. Griliches, Z. "Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change" in The Price Statistics of the Federal Government, General Series, nº 73. Reeditado em Griliches, Z. - Price Indexes and Quality Change, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971. Para se aprofundar na teoria econômica subjacente a esta abordagem bem como para uma exposição dos problemas estatísticos envolvidos veja-se Allen, R.G.D. Index Numbers in Theory and Practice, Chicago, Aldine Publishing, 1975, p. 252-269.

2. J. Katz et al., op. cit., p. 61 a 67.

3. No estudo de caso feito por Katz et al. a produção de tornos paralelos representava cerca de 75% do total da produção para todo o período de análise. V. Katz et al., op. cit., p. 63.

ii) O número de modelos existentes dentro de cada "família" de produtos é pequeno, inferior a dez, tornando pouco relevantes os resultados de exercícios estatísticos de correlação e regressão¹.

iii) Os atributos técnicos qualitativos comuns aos vários modelos são muito poucos, mesmo dentro de cada "família", e não expressam as principais diferenças entre eles².

iv) Alguns atributos técnicos não qualitativos sofram modificações relevantes que devem ser ressaltadas para o entendimento das inovações de produto da firma. Por exemplo, as mudanças ocorridas no sistema de transmissão de força e na qualidade do material com que se faz as engrenagens das máquinas.

Por isso optou-se por escolher, como metodologia para a análise das inovações tecnológicas de produto, uma abordagem descritiva das características técnicas das máquinas que a firma produz. Com base nessa descrição, fez-se então um estudo comparativo das principais inovações tecnológicas introduzidas ao longo do tempo para cada família de produtos.

Após essa discussão, onde se espera que tenham ficado evidentes as principais inovações introduzidas ao longo do de desenvolvimento tecnológico de produto da firma, tentou-se mostrar que o peso das máquinas - tradicionalmente utilizado como o melhor atributo técnico a espelhar melhoria de qualidade nas máquinas ferramentas - acompanha de forma bastante razoável a tendência observada na evolução da qualidade dos produtos da firma; isto é, existe uma tendência clara de os produtos ficarem cada

1. Katz et al. trabalharam com 24 modelos de tornos paralelos. No presente estudo de caso existem "famílias" de produtos com apenas dois modelos atualmente, como é o caso dos tornos. Uma "família" é um conjunto de máquinas com características semelhantes.

2. Mesmo quando se analisa a família das furadeiras que é a mais extensa, percebe-se quantas diferenças existem entre os modelos, pois essa família inclui desde simples furadeiras de bancada até sofisticadas furadeiras rádiais.

vez mais complexos tecnologicamente e existe uma tendência clara de ficarem cada vez mais pesados. Isto é válido tanto para os tornos como para as furadeiras e fresadoras. Além disso, os preços das máquinas também acompanham de perto a tendência observada na variável peso, e "a fortiori" a tendência observada no grau de complexidade tecnológica das máquinas. Assim, o presente estudo de caso fornece evidências positivas de que o peso e o preço das máquinas são boas "proxys" de qualidade, pelo menos sob o ângulo de análise mais ordinal do que cardinal. ¹

Portanto, o indicador de produção usado no capítulo (II) do presente trabalho, e que leva em consideração tanto o peso como o preço das máquinas, incorpora elementos de inovação tecnológica de produto ocorrida na firma.

Esta abordagem não resolve totalmente os problemas listados acima, mas tem a vantagem de analisar a questão de inovação tecnológica a partir da comparação direta de atributos técnicos em vez de usar parâmetros econômicos ou estatísticos. Esta vantagem transforma-se em desvantagem pelo fato de se utilizar uma linguagem não muito familiar ao mundo dos economistas, o que talvez represente uma perda de sensibilidade para a análise dos resultados. De qualquer forma, esta abordagem é relevante pois utiliza elementos que os engenheiros mecânicos consideram aceitáveis.

2. Características Técnicas Analisadas

A "Complexidade Tecnológica" ² das máquinas ferrentas produzidas pela firma, expressão usada para definir um conjunto de características ou atributos técnicos, qualitativos ou não, para cada tipo de modelo, será então analisada de acordo com os seguintes elementos: ³

1. Isto decorre do fato de não se tentar construir um índice de qualidade, como se viu atrás.
2. Este termo terá uma conotação qualitativa, não expressando um número-índice de qualidade, conforme se viu atrás.
3. Todas as informações sobre tais elementos foram coletadas a partir dos catálogos dos produtos da firma e de entrevistas com seus proprietários ou funcionários. Os termos técnicos que aparecem serão explicados adiante, quando da análise de cada "família" de máquinas.

i) Desempenho da máquina ferramenta - precisão geométrica da tarefa executada, isto é, dimensões do furo ou rosca feitos no caso de furadeiras ou dimensões da peça fabricada no caso de tornos e fresadoras; rapidez na execução da tarefa; multiplicidade de tarefas que a máquina consegue executar; tamanho da peça a ser trabalhada.

ii) Acionamento do sistema de transmissão de força - nos modelos mais simples ele é feito por correias, planas ou em V, e polias escalonadas; à medida que a firma sofisticada os seus produtos ela substitui este sistema por engrenagens acionadas por uma caixa de câmbio.

iii) Tipos de engrenagens utilizadas - a firma utiliza engrenagens heliocoidais ou engrenagens com dentes retos, sendo que o segundo tipo é mais fácil de ser feito e é mais barato; o material com que se fazem as engrenagens são o ferro fundido e o aço, temperado ou não, sendo que o aço pode estar misturado com outros materiais tais como o cromo e o níquel a fim de ganhar maior resistência; as engrenagens podem funcionar sob dois sistemas: a seco ou em banho de óleo, neste último caso as engrenagens são mais silenciosas e sofrem um menor desgaste; podem também ser retificadas, isto é, ter um acabamento feito em retificadoras, o que proporciona uma maior qualidade para a engrenagem.

iv) Tipos de comandos existentes - os movimentos das máquinas podem ser controlados mecanicamente ou hidraulicamente, sendo que no segundo caso o operador não precisa fazer quase que nenhuma força, bastando apertar teclas, e por isso o seu trabalho sai com maior rapidez e é mais eficiente.¹

v) Existência ou não de sistema de refrigeração para a ferramenta de corte - este sistema só aparece nas máquinas mais sofisticadas e de maior potência e serve para evitar o desgaste da ferramenta de corte.

vi) Movimentos da mesa das furadeiras e fresadoras - podem ser verticais, radiais, transversais e longitudinais; há também modelos que têm a mesa fixa.

1. Eficiente no sentido da engenharia ou da eficiência técnica, que não coincide necessariamente com a eficiência econômica. V. LIPSEY, R.G. e STEINER, P.O. Economics. 2a. ed., USA, Harper & Row, 1969, p. 203-204.

vii) Acionamento dos movimentos da mesa das furadeiras e fresadoras - podem ser manuais, com alavancas de fixação ou então com alavancas de fixação e manivelas cursoras, e automáticos.

viii) Movimentos do cabeçote das furadeiras e fresadoras - podem ser verticais, horizontais, radiais ou inclinados ; há também modelos com o cabeçote fixo.

ix) Acionamento dos movimentos do cabeçote das furadeiras e fresadoras - podem ser manuais ou automáticos; os manuais são operados por meio de alavancas de fixação e/ou manivelas cursoras; os automáticos são feitos por teclas e botões que desbloqueiam o cabeçote mas, em alguns modelos, o movimento do cabeçote é feito manualmente e em outros este movimento é totalmente controlado por meio de teclas.

x) Movimentos da árvore das furadeiras e fresadoras - podem ser manuais, operados por meio de alavancas, ou automáticos, operados por meio de teclas.

xi) Existência ou não de Caixa Norton nos tornos.

xii) Avanços da ferramenta de corte (para todas as máquinas) - podem ser manuais, operados por meio de teclas ou manivelas, e automáticos, acionados por meio de botões e uma caixa de avanços.

xiii) Comparação das máquinas "explodidas", através da contagem do número de peças em cada parte, quando houver sentido técnico nesta comparação.¹

xiv) Especificações técnicas das máquinas ferramentas (número de velocidade, número de avanços, potência, dimensões, etc.) - são, em geral, medidas quantitativas e as que melhor se adaptariam para o cálculo de índices de qualidade.

Os produtos analisados serão os pertencentes às "famílias" dos tornos, das furadeiras e das fresadoras. Para cada família far-se-á uma breve introdução das suas características gerais, juntamente com a definição dos principais termos técnicos que serão utilizados, após o que seguir-se-á a análise da

1. "Explodir" uma máquina ferramenta significa, em linguagem técnica, desagregá-la totalmente para que se possa saber quantas e quais são as peças que a compõem e como elas se acham interligadas.

mudança tecnológica propriamente dita. Finalmente procurar-se-á mostrar que os indicadores de peso e de preço são consistentes com a análise precedente.

O único produto que não merecerá uma maior atenção neste estudo é a plaina, que a firma fabrica desde 1958, por que ela não sofreu modificações significativas nem deu origem a uma "família" de produtos.

B. A "Família" dos Tornos

1. Informações Gerais sobre Tornos¹

O torno é a máquina ferramenta de maior versatilidade e a mais utilizada dentro do setor metal-mecânico. Ele é útil tanto na pequena oficina mecânica como na grande indústria e por isso é considerado a máquina ferramenta básica. O torno é muito antigo, e o primeiro modelo que se tem notícia vem da Idade do Bronze, 1500 a.c., depois passou pela genialidade de Leonardo da Vinci por volta de 1500 d.c. antes de chegar à Revolução Industrial inglesa do século XVIII. No final do século XIX surgem os primeiros tornos automáticos; em 1932 é fabricado um torno universal na Alemanha cuja configuração é muito parecida com os modelos modernos; em 1958 são feitos os primeiros tornos com controle numérico, isto é, programados por computador, abrindo o caminho para o mundo da cibernética. Atualmente as grandes inovações na fronteira tecnológica de máquinas ferramentas estão situadas exatamente neste campo.

A função de um torno é basicamente a de desbastar uma peça de metal bruto a fim de lhe dar alguma forma geométrica pré-definida. Isto é feito através da fixação da peça a ser usina-

1. As seções introdutórias a cada "família" foram baseadas em artigos de revistas do setor tais como Máquinas & Metais da Editora Abril e Máquinas e Ferramentas da Editora Novo Grupo. Existem vários livros que podem ser consultados para uma análise mais detalhada, tanto da parte histórica quanto da parte técnica; entre eles destaca-se o livro Al Rededor de Las Maquinas Herramientas, Ed. Reverté, 1964 de Heinrich Gerling.

da entre duas pontas, girando-a ao redor de um eixo e fazendo-se aproximar uma ferramenta de corte fixa, isto é, sem movimento giratório, que fará o desbaste.

As principais partes de um torno são:

i) Cabeçote-fixo - serve para sustentar o eixo principal do torno, o qual, ao receber impulso do motor, faz girar a peça a ser usinada; nele estão as alavancas de comando de velocidades e avanços da ferramenta de corte.

ii) Caixa de câmbio - responsável pela transmissão de força do motor para o eixo principal; fica no interior do cabeçote fixo.

iii) Caixa Norton - dispositivo que serve para facilitar a seleção dos avanços de ferramenta de corte bem como dos passos de roscas. Foi inventada em 1908 e representou uma grande melhora na rapidez com que o operador da máquina trabalha.

iv) Carro porta-ferramenta - desempenha a função de órgão de sujeição, guia e deslocamento da ferramenta de corte. Na realidade é composto de vários carros, dotados de movimentos longitudinais e transversais.

v) Avental - é o responsável pelos movimentos do carro e pelos comandos de corte liso e rosqueamento.

vi) Cabeçote-móvel - auxilia a sustentação da peça a ser usinada e fica do lado oposto ao cabeçote fixo.

vii) Barramento - leito onde deslizam o carro porta-ferramentas e o cabeçote móvel; é feito, em geral, de ferro fundido com têmpera de grande dureza para evitar o seu desgaste pelo atrito.

viii) Lunetas - instrumentos que se colocam sobre o barramento e servem como sustentáculos auxiliares de peças muito longas.

Os tornos classificam-se de vários modos. A posição do eixo principal é um dos critérios utilizados; assim há os tornos horizontais nos quais a peça a ser usinada gira ao redor de

um eixo horizontal e os tornos verticais nos quais este eixo está colocado verticalmente.

A partir da classificação anterior, existe uma diversidade enorme de tipos, que tomam como referencial o peso do torno, a sua precisão, o tipo de comando dos movimentos (mecânico, hidráulico, numérico, etc.) e outros elementos. Para os objetivos do presente estudo será suficiente distinguir dois tipos de tornos: os tornos de bancada, isto é, que funcionam apoiada dos numa mesa ou bancada e são em geral bem pequenos; e os tornos que já possuem um gabinete sobre o qual se apóiam e que são geralmente maiores que os anteriores.

2. Os Modelos de Tornos da Firma

São produzidos atualmente dois modelos de tornos, embora a firma tivesse uma linha um pouco mais diversificada até meados da década de 70. A evolução tecnológica deste produto se dá do mais simples para o mais complexo, não havendo ao longo desta evolução uma mudança na concepção mecânica das máquinas. Far-se-á agora uma descrição técnica das alterações ocorridas e, no último tópico desta seção, serão tecidos alguns comentários sobre a validade de se utilizar o preço e o peso das máquinas como "proxys" de sua qualidade.

a. Os primeiros modelos (Tornos "A", "B" e TMB-230)

Um torno foi a primeira máquina ferramenta produzida pela firma, em 1954, e teve o seu modelo baseado em similar importado. Tratava-se de um torno mecânico de bancada, apto para executar serviços simples de tornearia. Neste período, as firmas nacionais de máquinas ferramentas fabricavam tornos bem maiores que esse¹, apropriados para trabalhar na linha de produção de

1. O primeiro torno nacional foi fabricado em 1941, pela RCM, dadas as dificuldades que a II Guerra Mundial impôs às importações em geral e de Máquinas em particular. Ver a revista Máquinas e Ferramentas, nº 21 para um breve histórico das firmas brasileiras produtoras de tornos.

empresas do setor metal-mecânico e de transportes, porém muito sofisticados para as necessidades das pequenas oficinas mecânicas ou escolas industriais, cuja demanda era atendida basicamente por importações. O modelo lançado veio então cobrir esta faixa mais simples de produto, sendo um dos primeiros tornos brasileiros com avanços manuais dentro dessa categoria.

O modelo lançado em 1954 ficou conhecido como modelo "A". Não possuía caixa de câmbio nem o carro era automático. Os avanços longitudinais da ferramenta de corte eram obtidos pela ligação de meias porcas ao fuso principal do carro porta-ferramentas e o avanço transversal era manual. Ele vinha equipado com um jogo de engrenagens para troca independente através do qual se selecionavam os avanços. A mudança de velocidade era feita por meio de polias escalonadas e correia plana que se deslocava manualmente.

Em 1955 foi lançado uma variante desse modelo, denominada modelo "B", que apresentava como principal inovação, o carro porta-ferramentas com avanços transversal e longitudinal inteiramente automáticos, facilitando a operação do torno e dando melhor rapidez à execução da tarefa pretendida. Também não possuía caixa de câmbio e a mudança de velocidade da árvore do cabeçote fixo era feita de modo análogo ao descrito no modelo anterior.

No mesmo ano foi lançado o modelo TMB-230¹, uma segunda variante do modelo original, que vinha equipado com Caixa Norton para se selecionar os avanços da ferramenta de corte de maneira mais rápida. Esse foi o grande passo dado pela firma nesse estágio de desenvolvimento do produto.

O torno TMB-230 também possuía todos os avanços automáticos e as engrenagens do cabeçote fixo eram de dentes helicoidais e feitas em ferro fundido. Não possuía caixa de câmbio e a mudança de velocidade (rotação) da árvore do cabeçote fixo era

1. No início, esse modelo era conhecido como modelo "C".

efetuada por meio de polias escalonadas e correia em V, a qual era deslocada manualmente.

Os três modelos de torno "A", "B" e TMB-230, tinham a mesma estrutura mecânica, a mesma potência do motor e estavam capacitados a executar tarefas semelhantes, variando apenas a sua eficiência em virtude dos recursos técnicos disponíveis em cada um. O modelo TMB-230 foi o de maior aceitação no mercado, tanto interno como externo, atendendo com bastante eficiência aquela faixa de produto simples para a qual se destinava. Foi muito utilizado, desde o início de sua produção, pelas escolas técnicas, pois as suas pequenas dimensões e a simplicidade de operação qualificava-o para a aprendizagem industrial. Esse modelo existe hoje em dia na maioria das escolas técnicas do país as quais constituem um excelente mercado para a firma. Um outro mercado importante para a firma foi o mercado externo, principalmente América Latina, onde o TMB-230 conseguiu conquistar inclusive mercados que eram dominados pelo modelo importado a partir do qual foi reproduzido.

Os dois primeiros modelos, "A" e "B", tiveram uma aceitação mais restrita, e a sua produção foi diminuindo ao longo da década de 60 até ser definitivamente suspensa em meados da década de 70.

b. O quarto modelo de torno (TM-280)

A família dos tornos foi aumentada em 1975, quando a firma lançou o modelo TM-280¹. Tratava-se de um torno bem maior que o TMB-230, com especificações técnicas superiores (V.Tabela (22)) o que permitia a usinagem de peças maiores e viabilizava a sua utilização também nas seções de produção das empresas do setor metal-mecânico e de transportes. Entre as diferentes especificações técnicas dos modelos TM-280, destacam-se a distân-

1. Este modelo era inicialmente conhecido como modelo "D" e, embora os dados disponíveis indiquem que a sua produção começou em 1975, ele já aparecia no catálogo de vendas desde 1974 como uma variante do TMB-230.

cia entre pontas, a altura do barramento ao centro da árvore, o diâmetro torneável sobre o barramento e a potência do motor.

O TM-280 foi lançado inicialmente com a mesma distância entre pontas do TMB-230 (600mm) mas em 1979 ela foi aumentada para 750 mm, propiciando uma maior área útil de trabalho.

A qualidade das engrenagens do TM-280 foi melhorada, vis-à-vis as do modelo TMB-230, passando a ser feitas em aço temperado em vez de ferro fundido; eram engrenagens cementadas com dentes retificados, sendo que as engrenagens do cabeçote fixo trabalhavam em banho de óleo¹. O TM-280 já possuía caixa de câmbio para a mudança de velocidade da árvore do cabeçote fixo, um sistema bem mais avançado que o sistema de polias escalonadas e correia em V do modelo TMB-230.

Outras alterações relevantes foram no motor, que passou a vir embutido no gabinete, e no carro porta-ferramentas, que abrigava quatro ferramentas de corte em vez de apenas uma como no TMB-230².

Os acessórios opcionais oferecidos nos modelos TMB-230 e TM-280 eram praticamente os mesmos, com exceção daqueles já assinalados como sendo normais no segundo e opcionais no primeiro modelo³. Estes opcionais eram: retífica, dispositivo de tornear cônicos e pontas rotativas.

Uma outra forma de se analisar o grau de complexidade tecnológica dos tornos pode ser através da comparação do número de peças de que se compõe as suas diversas partes, isto é, através da "explosão" do torno. A tabela(21) mostra quais são essas partes e qual o número de peças em cada uma. Como as partes dos dois tornos possuem a mesma concepção mecânica, o número maior

1. No TMB-230, estas engrenagens trabalhavam sem o banho de óleo.

2. O gabinete e o porta-ferramentas para quatro ferramentas eram oferecidos como opcionais no modelo TMB-230.

3. Gabinete e porta-ferramentas para 4 ferramentas além do relógio indicador de rosca que não havia sido citado.

de peças - principalmente no cabeçote fixo, cabeçote móvel, avental, caixa norton e carro longitudinal - fornece uma boa indicação de que o TM-280 é efetivamente mais complexo que o TMB-230.

TABELA 21
"EXPLOÇÃO" DAS PRINCIPAIS PARTES DOS TORNOS PRODUZIDOS
POR UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980
Número de peças por parte

| Modelo | | |
|--------------------|---------|--------|
| Partes | TMB-230 | TM-280 |
| Barramento | 18 | 17 |
| Cabeçote Fixo | 58 | 88 |
| Cabeçote Móvel | 19 | 34 |
| Caixa de Câmbio | - | 55 |
| Caixa Norton | 70 | 82 |
| Avental | 57 | 66 |
| Carro Longitudinal | 38 | 46 |
| Carro Superior | 22 | 23 |
| Luneta Fixa | 12 | 26 |
| Luneta Móvel | 10 | 10 |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma

Uma outra questão importante de ser analisada diz respeito ao grau de integração vertical da firma. No caso dos tornos, quase todas as peças são feitas, hoje em dia, dentro da própria firma, sendo comprados de terceiros apenas os rolamentos, correias, fiação e chaves elétricas, os quais dificilmente serão produzidos internamente pois representam um universo de trabalho muito mais complexo do que aquele a que a firma está acostumada¹.

1. As firmas que produzem esses itens são altamente especializadas.

Os motores dos tornos eram comprados de terceiros até 1974, quando foi criada uma seção dentro da firma especificamente para encriar motores elétricos¹.

Quanto às modificações de processo produtivo associadas a melhorias técnicas nos tornos, destaca-se a aquisição de um Centro de Usinagem americano dotado de controle numérico especificamente para usinar a caixa norton e o avental, o que implicou uma enorme redução nos seus tempos de fabricação². O ganho de eficiência obtido na produção dessas duas peças foi estimulado pelo desejo de se melhorar a qualidade dos tornos através do aumento da precisão geométrica de ambas, que eram peças importantes para o seu bom desempenho.³

c. Análise dos indicadores "proxy" para a qualidade dos tornos

Como se viu, os tornos tendem a evoluir do mais simples para o mais complexo, restando agora analisar o comportamento dos indicadores tradicionais de evolução tecnológica para mostrar em que medida eles são consistentes com esse resultado. Os indicadores "proxy" são: peso, preço total e preço/kg.

A Tabela (28) resume os resultados obtidos. Nela, o peso dos tornos cresce monotonicamente, havendo uma certa desconti-

-
1. No início, esta seção de motores fazia apenas motores para a furadeira de coluna que a firma lançou em 1974, mas em pouco tempo ela passou a fazer motores para todas as outras máquinas ferramentas produzidas pela firma. Parece haver uma razoável economia de escala nessa seção, pois o rotor do motor é praticamente o mesmo em todos eles.
 2. A firma não possui sistema de controle de tempo, mas há indicações de que essas peças demoravam mais de 10 horas pra serem usinadas utilizando-se várias máquinas ferramentas e este tempo foi diminuído para menos de uma hora com o Centro de Usinagem, que sozinho fazia todas as operações de usinagem.
 3. O fato de o Centro de Usinagem ser programável permite que todas as suas tarefas sejam executadas sem a intervenção do operador, bastando que este coloque a peça e retire-a quando estiver pronta.

nuidade quando se passa do modelo TMB-230 para o TM-280, o que está de acordo com o salto tecnológico observado através da análise anterior. Portanto o peso pode ser utilizado para indicar que houve um nítido progresso tecnológico no produto da firma, pelo menos dentro das "família" dos tornos.

A variável preço total também tem um comportamento semelhante, mas deve ser analisada com mais cuidado. Olhando-se apenas para este indicador haveria um significativo progresso tecnológico quando da passagem do modelo "B" para o TMB-230, pois o preço passa de 61,1 para 100,0 em número índice. A análise anterior mostrou que a mudança significativa que ocorreu foi a introdução da Caixa Norton, a qual por si só não conseguiria explicar um aumento de quase 64% no preço do torno.

Na realidade, o preço relativo do TMB-230 está muito elevado, pois foi um modelo de boa aceitação no mercado externo, o que estimulou tal política de preços pois a concorrência neste mercado era bem menor que a concorrência no mercado interno. Esta política de preços desestimulou de tal maneira as vendas do TMB-230 no mercado interno que hoje em dia ele é produzido praticamente apenas para exportação¹.

Desse modo, o mercado introduziu um viés no preço total dos tornos e, "fortiori" no seu preço/kg, que distorce um pouco a análise de progresso tecnológico quando estes indicadores são levados em consideração.

1. O TM-280 não teve o mesmo sucesso que o TMB-230 como produto de exportação porque o mercado atendido pela firma, basicamente América Latina, é pouco sofisticado e constituído de oficinas mecânicas ou pequenas fábricas, não havendo por parte delas interesse em adquirir um torno mais caro, embora de melhor qualidade.

TABELA 22

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS TORNOS DE UMA FIRMA
BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS - 1980.

| Modelo | TMB-230 | TM-280 |
|---|----------------------------|------------------------------------|
| Especificações | | |
| 1. Distância entre pontas | 600 | 750 mm |
| 2. Altura do barramento do centro da árvore | 117 | 140 mm |
| 3. Diâmetro torneável sobre o barramento | 230 | 280 mm |
| 4. Potência do motor | 1/2 | 1 c.v. |
| 5. Diâmetro torneável sobre o carro transversal | 130 | 165 mm |
| 6. Curso do carro transversal | 150 | 175 mm |
| 7. Largura do barramento | 152 | 166 mm |
| 8. Diâmetro de furo da árvore | 20 | 20 mm |
| 9. Cone morse da árvore | no.3 | no.3 |
| 10. Diâmetro da placa universal | 135 | 135 mm |
| 11. Curso do mangote do cabeçote móvel | 60 | 105 mm |
| 12. Cone morse do mangote | no.2 | no.2 |
| 13. Velocidades do eixo da árvore | 6 | 6 |
| 14. Rotações por minuto (60Hz) | 1200-750- 480-140-90 | 1430-770- 370-230-110 r.p.m. |
| 15. Rotações por minuto (50Hz) | 990-620-395- 190-115-75 | 1190-640-360- 310-190-90 r.p.m. |
| 16. Passo de rosca em polegadas - 48 passos | de 4 a 224 | de 4 a 224 FPP |
| 17. Passo de rosca métrica - 33 passos | de 0,2 a 6,0 | de 0,2 a 6,0 mm |

FONTE: Dados fornecidos pela firma.

C. A "Família" das Furadeiras

1. Informações Gerais sobre Furadeiras¹

A furadeira é a máquina apropriada para executar furos cilíndricos, redondos ou cônicos - em uma peça sólida de metal. Esta operação também pode ser feita num torno, mas com uma eficiência bem menor tanto em termos de tempo de execução como em termos de precisão do furo. Uma diferença importante entre o torno e a furadeira é que, no primeiro, a peça a ser usinada gira e a ferramenta de corte permanece parada, enquanto que na furadeira ocorre o contrário, isto é, a ferramenta de corte gira e a peça a ser usinada é mantida parada por um mecanismo de fixação.

A furadeira opera através de movimentos combinados de rotação e avanço axial (ao longo de um eixo) entre a peça e a ferramenta de corte, a qual se constitui de uma broca com arestas cortantes, dispostas helicoidalmente na sua periferia. A profundidade do corte é igual a meio diâmetro da broca e a sua rotação garante a velocidade desejada.

Existem dois elementos fundamentais numa furadeira:

i) Porta-ferramentas - é o local onde se aloja a ferramenta de corte; é dotado de um eixo propulsor, denominado árvore, montado sobre rolamentos um dos quais serve de suporte para as cargas axiais resultantes do avanço da ferramenta de corte.

ii) Cabeçote - sustenta o porta-ferramentas, transmitindo-lhe o movimento de rotação por meio de um motor elétrico.

Outras partes importantes da furadeira são:

i) Mesa - local onde se fixa a peça a ser usinada.

ii) Coluna - sustenta o cabeçote, o qual pode ser movimentado axial ou radialmente, ou seja, em volta da coluna.

iii) Base de sustentação - às vezes serve também como

1. Ver rodapé da página 47.

uma segunda mesa.

iv) Caixa de velocidades - faz a transmissão de energia do motor para o cabeçote, a fim de que se possa movimentar a ferramenta de corte.

Uma classificação das furadeiras que será útil para o entendimento deste trabalho é a que se refere ao tipo de construção da furadeira. Existem quatro tipos básicos que são produzidos pela firma.

i) Furadeira de Bancada - é fixada em uma mesa ou bancada, sendo apropriada para trabalhos leves e furos de diâmetro reduzido; funciona com rotações elevadas e possui potência reduzida.

ii) Furadeira Radial - a sua principal característica é o movimento do cabeçote em torno da coluna (este movimento chama-se radial).

iii) Furadeira de Coluna - possui uma longa coluna na qual se montam tanto o cabeçote como a mesa.

iv) Furadeira de Coordenadas - a mesa possui movimentos transversais e longitudinais coordenados.

Em geral, as furadeiras vão se sofisticando através de melhoramentos no cabeçote, que vão ganhando maior versatilidade e um número maior de movimentos. Quando o operador de uma furadeira tem de explorar muito mais os movimentos e dispositivos do cabeçote, em vez de explorar os movimentos e dispositivos da mesa ou da base de sustentação, o trabalho executado é de melhor qualidade e pode ser feito em menos tempo.

2. Os Modelos de Furadeiras da Firma

São produzidos atualmente seis modelos de furadeiras mas este número sofreu variações desde o início da produção, em 1966; vários modelos já deixaram de ser produzidos seja por questões de mercado, seja por questões de aperfeiçoamento tecnológico da firma. Através do detalhamento das características técnicas aponta-

das no item 1 desse capítulo, procurar-se-á evidenciar que neste caso, analogamente ao que ocorreu com os tornos, os modelos de furadeiras evoluem do mais simples para o mais complexo e algumas inovações bem sucedidas são incorporadas nos modelos posteriores, mesmo quando ocorrem mudanças fundamentais na concepção da máquina, por exemplo, quando se passa de furadeira de coluna para furadeira radial.

No último tópico desta seção será feita uma discussão breve para mostrar que as variáveis "proxy" de qualidade refletem de forma relativamente clara a tendência à sofisticação de produto, a qual já foi apontada no caso dos tornos.

a. O primeiro modelo de furadeira (FB-10)

A primeira furadeira lançada pela firma foi uma furadeira de bancada, denominada FB-10, em 1966. Era apropriada para serviços leves porém de alta precisão, baseando-se em similar importado da Suécia, do qual incorporou, entre outras coisas, um dispositivo excêntrico que permitia que a blocagem do cabeçote fosse feita com grande rigidez, dando maior precisão ao furo a ser executado. Esta furadeira conseguia fazer furos de 1 mm com a mesma precisão com que fazia furos de 10 mm¹.

De acordo com a publicação Especificações do Comprador Industrial editado por Consulta-Serviço Informativo da Indústria do Estado de São Paulo, em 1963, havia pelo menos cinco empresas produzindo furadeiras de bancada com especificações técnicas semelhantes às da FB-10 ou até mesmo superiores (V. tabela (23)). Portanto a firma não foi uma pioneira no Brasil em matéria de furadeiras de bancada.

Mas nenhuma dessas estava adaptada com o dispositivo citado acima, não possuindo a mesma precisão de furo que a FB-10.

1. Este dispositivo excêntrico permitia a regulagem do pinhão do cabeçote na cremalheira da coluna, tornando a blocagem do cabeçote bem mais eficaz que o sistema simples de blocagem por meio de alavancas.

TABELA 23
COMPARAÇÃO DA FURADEIRA FB-10 COM FURADEIRAS DE BANCADA
PRODUZIDAS POR OUTRAS FIRMAS BRASILEIRAS DE MÁQUINAS
FERRAMENTAS EM 1963

| Máquina Especificações Técnicas | FB-10 | Furadeiras de outras Firmas |
|--|------------|-----------------------------|
| 1. Capacidade de Furo | 10. | 6 a 25 m m |
| 2. Cone Morse | B16 | 1,2 e B10 |
| 3. Curso da Árvore | 75 | 70 a 200 m m |
| 4. Número de Velocidades da árvore | 3 | 3 a 6 |
| 5. Gama de Velocidades | 700 a 8000 | 72 a 10.200 r.p.m. |
| 6. Distância máxima da árvore à mesa | 200 | 220 a 650 m m |
| 7. Distância mínima entre árvore a mesa | 110 | 50 a 230 m m |
| 8. Distância da Coluna ao Centro da árvore | 175 | 130 a 300 m m |
| 9. Superfície total da Base | 270 x 270 | 250 a 480 m m |
| 10. Potência do motor | 0,5 | 0,5 a 1,0 H.P. |
| 11. Altura total | 780 | 650 a 1050 m m |

FONTE: Especificações Técnicas do Comprador Industrial, São Paulo, Consulta-Serviço Informativo da Indústria do Estado de São Paulo, 1963 e dados fornecidos pela firma.

Portanto, a firma teve um certo pioneirismo neste lançamento pois o seu produto diferenciava-se dos concorrentes num item bastante importante numa máquina ferramenta, ou seja, na precisão com que executava os serviços de perfuração.

Com exceção desta característica, a FB-10 era bastante simples. A transmissão de força do motor era feita através de polias escalonadas e correia plana que se deslocava manualmente¹; o movimento vertical do cabeçote era regulado manualmente por meio de alavancas e o avanço da árvore também era operado manualmente por meio de alavancas. A árvore desta furadeira estava dotada de seis velocidade, que eram obtidas combinando duas velocidades do motor (alta e baixa) com um jogo de três polias escalonadas². Apesar de sua relativa simplicidade, tratava-se de uma furadeira bastante robusta, com uma base e uma coluna construídas em ferro fundido de boa têmpera.

A tabela(25) mostra as suas principais especificações técnicas, as quais apresentavam valores numéricos inferiores aos das furadeiras que se seguiram atestando mais uma vez a sua simplicidade, agora com relação a outros produtos que a firma iria lançar, enquanto que anteriormente (tabela(23)) fez-se uma comparação com furadeiras de outras firmas existentes desde 1963 pelo menos.

b. O segundo modelo (FB-20)

Ainda no ano de 1966 foi lançada a segunda furadeira de bancada, a FB-20, também baseada em similar oriundo da mesma fábrica que se viu no caso anterior. Este modelo foi produzido até por volta de 1975, não se dispondo de informações muito detalhadas; sabe-se que era bastante similar ao modelo anterior, com um peso aproximadamente igual mas com maior capaci

-
1. Os modelos posteriores possuíam caixa de câmbio para a mudança de velocidade.
 2. O número de opções de avanço, isto é, de velocidades de ferramenta de corte foi ampliada sensivelmente nos modelos mais sofisticados (Ver as próximas seções).

de de furar aço¹. Não possuía, no entanto, o dispositivo de precisão que diferenciava a FB-10 dos outros modelos desta faixa e xistentes no mercado doméstico. Esta furadeira FB-20 teve uma variante que possuía uma mesa intermediária entre a base e o cabeçote, a FBM-20, que também foi retirada da linha de produção por volta de 1975.

c. O terceiro e quarto modelos (FB-25 e FC-25)

Em 1968 a firma lançou um modelo de furadeira de bancada, a FB-25, e um modelo de furadeira de coluna, a FC-25, ambos baseados em similares importados suecos². Eram modelos muito parecidos entre si, com a diferença que a FC-25 possuía a coluna bem maior, podendo usinar peças maiores. A diferença entre a furaadeira de bancada e a de coluna é basicamente o tamanho da coluna.

A tabela (25) mostra as especificações técnicas das duas máquinas e por ela percebe-se que não existe diferenças quantitativas relevantes entre ambas, com exceção daquelas relacionadas com o tamanho da coluna - em especial o curso vertical do cabeçote e a distância máxima da árvore à mesa³.

A tabela(24) mostra as partes das furadeiras "explodidas", isto é, o número de peças em cada parte; também aqui fica claro que não existem diferenças fundamentais entre as duas além daquelas já assinaladas.

-
1. A FB-20 estava capacitada para fazer furos de até 20 mm de diâmetro em aço, ou seja, era apropriada para serviços um pouco maiores que a FB-10.
 2. A firma continuava a reproduzir modelos oriundos de uma mesma fábrica.
 3. Uma diferença decorrente das estruturas das duas máquinas era que a FC-25 não possuía a base útil, pois o movimento da mesa ao longo da coluna tornava desnecessário o aproveitamento da base. Por outro lado, a FB-25 foi oferecida, durante um certo tempo, com uma mesa intermediária para facilitar a execução de pequenos serviços.

TABELA 24

"EXPLOÇÃO" DAS FURADEIRAS PRODUZIDAS POR UMA FIRMA
BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980
(Nº de peças por parte)

| Furadeira | FB-25 | FC-25 | FF-20 |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| Partes* | | | |
| Base + Coluna + Mesa | 30 | 48 | 62 |
| Cabeçote + Árvore | 79 | 79 | 141 |
| Caixa de Câmbio | 77 | 77 | 72 |
| Sistema de Refrigeração | - | - | 20 |

* As informações disponíveis não permitiam uma maior subdivisão das partes.

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

Em virtude disto, a análise das modificações tecnológicas incorporadas neste estágio de evolução de produto será feita simultaneamente para os dois modelos, distinguindo-os apenas quando for necessário.

Dentre as modificações introduzidas, destaca-se a alteração no sistema de transmissão de força do motor para a máquina, que passou a ser feito através de uma caixa de câmbio dotada de engrenagens¹, em vez de ser feita por meio de polias escalonadas e correia plana como ocorria com a furadeira FB-10. A existência de uma caixa de câmbio facilitava bastante a mudança de velocidade da árvore, pois o sistema de engrenagens é bem mais eficiente e fácil de ser operado que o sistema de polias e correias.

O tipo de caixa de câmbio destas furadeiras implicava, porém, que a mudança de velocidade fosse feita necessariamente com a máquina desligada, através de alavancas cuja posição indicava a velocidade desejada.

1. As engrenagens da caixa de câmbio eram helicoidais, feitas em ferro fundido e trabalhavam sem banho de óleo.

O motor das duas podia ser utilizado em duas rotações, permitindo que a árvore operasse com 4 velocidades¹. Os avanços da árvore eram feitos manualmente através de alavancas.

Uma outra modificação importante era que nestes modelos o cabeçote estava dotado de movimentos radial e vertical, o que dava maior liberdade de ação para operar com a furadeira, enquanto que na FB-10 o cabeçote possuía apenas o movimento vertical. Também a mesa da FC-25 estava dotada de movimentos radiais e verticais, enquanto que a mesa da FB-25 possuía apenas o movimento radial.

Todos os movimentos da mesa e do cabeçote eram operados manualmente por meio de manivelas e a sua blocagem, isto é, a fixação da mesa ou do cabeçote em uma determinada posição, era feita através de alavancas.

A base, coluna e mesa das duas furadeiras eram feitas em ferro fundido, sendo que a FB-25 possuía a base retificada e com ranhuras em T, podendo fixar peças para a usinagem².

Pela descrição feita, percebe-se que as furadeiras FB-25 e FC-25 estavam num patamar tecnológico superior ao da FB-10 em todos os sentidos, com exceção do item precisão. As maiores diferenças situavam-se no sistema de transmissão, na versatibilidade do cabeçote e na magnitude das especificações técnicas (tabela (25)). Em decorrência disto, eram máquinas apropriadas para executar serviços mais pesados, contanto que não exigissem um alto nível de precisão³.

-
1. O número de velocidades da árvore era menor que o da FB-10 porque os serviços a serem executados pela FB-25 e FC-25 não necessitavam de uma precisão tão grande, isto é, eram serviços um pouco mais grosseiros.
 2. As ranhuras em T fixam a peça a ser usinada na mesa ou na base da furadeira através de parafusos que possuem o mesmo formato da ranhura.
 3. Quando comparados com o nível de precisão dos serviços executados pela FB-10.

d. O quinto modelo (FF-20)

Em 1971 a firma lançou um modelo de furadeira, a FF-20, que possuía uma mesa dotada de movimentos transversal e longitudinal coordenados entre si, podendo ser classificada de furadeira-fresadora. Com este mecanismo, a furadeira estava habilitada a fazer, além dos serviços de perfuração, operações de fresagem¹. Também foi baseado em similar importado da mesma firma sueca já citada, com uma alteração importante: a coluna da furadeira foi trocada, passando de redonda para prismática a fim de dar maior eficiência ao movimento vertical do cabeçote.

Este modelo representou um ponto de contato entre a "família" das furadeiras e a "família" das fresadoras, as quais a firma vinha desenvolvendo desde meados da década de 60 sem uma maior integração entre elas.

Com a FF-20, a firma dava então um salto tecnológico de produto não só pelo fato de esta furadeira ser de uma concepção mecânica superior às anteriores, como se verá abaixo, mas também por estar habilitada a fazer uma gama muito maior de operações, inclusive fresagem.

A tabela (24), que mostra a "explosão" das furadeiras em suas partes constituintes, indica que a FF-20 possuía um cabeçote bem mais sofisticado que a FB-25 e a FC-25, estando dotada de um sistema de refrigeração para facilitar os trabalhos da ferramenta de corte, dispositivo este que era inexistente nas furadeiras que a precederam.

A tabela (25), que fornece as especificações técnicas das furadeiras, indica que a FF-20 era quantitativamente superior às furadeiras anteriores no número de velocidades da árvore, na distância da coluna ao centro da árvore e na superfície útil da mesa. Quanto aos movimentos da mesa, já foi visto que davam maior

1. Fresar significa desbastar uma peça através de rotação de uma ferramenta de corte apropriada, denominada fresa. Uma fresa possui formato semelhante à broca, não sendo, porém, pontiaguda.

versatilidade à furadeira, permitindo inclusive operações de fresagem; estes movimentos transversais e longitudinais eram obtidos manualmente por meio de manivelas.

Por outro lado, o cabeçote da FF-20 não possuía movimentos radiais em volta da coluna, mas possuía movimentos radiais num plano vertical à coluna, isto é, movimentos em ângulo para a esquerda e para a direita, possibilitando a abertura de furos ou fresagens inclinadas, o que não era possível nos modelos anteriores. Esta inclinação era feita manualmente através de porcas de fixação.

O sistema de transmissão de força era semelhante ao das furadeiras FB-25 a FC-25, isto é, por meio de engrenagens helicoidais feitas em ferro fundido que ficavam numa caixa de câmbio. O motor possuía duas velocidades e a árvore oito, dando oito opções de avanço para a ferramenta de corte, ou seja, o dobro das opções existentes nas furadeiras FB-25 e FC-25; porém ainda era necessário que a mudança de velocidades fosse feita através de alavancas e com a máquina desligada.

A FF-20 possuía dispositivo de avanço rápido da ferramenta de corte, operado manualmente através de alavanca, e dispositivo de avanço lento, também manual mas operado por meio de um volante dotado de manivela. Estes dispositivos davam maior precisão à profundidade pretendida do furo.¹

O movimento vertical do cabeçote era manual e feito através de alavancas de fixação e manivela; nos modelos anteriores este movimento era manual mas não existia a manivela para executar o deslocamento do cabeçote, tornando a operação muito mais demorada e menos precisa.

A árvore da FF-20 possuía um dispositivo de bloqueio da sua bucha no sentido vertical para fixar a ferramenta de corte na altura desejada, facilitando as operações de fresagem. Este bloqueio era manual e feito através de alavanca de fixação.

1. Este caso é um pouco diferente do descrito para a furadeira FB-10 porque lá tratava-se mais da precisão no diâmetro do furo e não na sua profundidade.

Finalmente, a árvore porta-brocas ou porta-fresas era feita em aço cromo níquel, tratado e retificado, enquanto que o cabeçote, a coluna e a mesa eram feitos em ferro fundido.

Como se vê, tratava-se efetivamente de uma furadeira bem mais complexa tecnologicamente que os modelos anteriores, o que permite dizer que houve um salto tecnológico expressivo neste estágio de desenvolvimento de produto.

e. Sexto e sétimo modelos (FC-40 e FC-35)

Em 1974, a firma lançou um novo modelo de furadeira de coluna, a FC-40, também baseada em similar importado da Suécia¹. Tratava-se de uma furadeira para serviços médios, dotada de mesa inclinável e giratória², sistema de refrigeração e avanço automático da ferramenta de corte. Esta última característica foi a grande inovação introduzida, pois permitia que as operações de perfuração fossem feitas com uma precisão muito maior que aquelas efetuadas através de controles manuais dos avanços.

Apesar desta característica, a FC-40 era considerada uma máquina de porte intermediário entre as furadeiras pequenas e médias produzidas no Brasil, não tendo condições de competir na faixa de furadeiras médias ou médias-grandes com características semelhantes às suas³. Por isso, apesar de ter sido muito bem aceita pelo mercado consumidor, os proprietários da firma resolveram substituí-la, em 1977, por um outro modelo, maior e mais avançado tecnologicamente, com condições de ser adquirido pelas empresas metal-mecânicas para trabalhos na linha de produção ou até mesmo nas seções de ferramentaria, as quais em geral necessitam de máquinas mais versáteis e precisas do que as seções de produção.

1. Produzida pela mesma fábrica sueca citada nos casos anteriores.

2. Este foi o primeiro modelo que a firma lançou com mesa inclinável.

3. De acordo com depoimento dos proprietários da empresa, esta furadeira estava fadada a permanecer no rol das furadeiras para serviços gerais, sem ter condições de ser utilizada nas seções de produção das fábricas.

A nova furadeira de coluna, denominada FC-35, foi construída a partir de um modelo alemão, com características mecânicas bem diversas daquelas dos modelos suecos que vinham sendo utilizados até então como padrão para a firma.

O sistema de transmissão de força era bem diferente dos anteriores: era feito através de um motor de tripla potência cuja produção não era muito comum no Brasil e os fornecedores tradicionais de motores para a firma não demonstram interesse em produzi-lo em série. Por esta razão, a firma viu-se obrigada a construir internamente os motores da FC-35, contratando um técnico especializado e montando uma seção própria dentro da fábrica. No início, esta seção era apenas para fazer os motores desta furadeira, mas em pouco tempo começou a fabricar os motores de outras máquinas ferramentas (das furadeiras FB-10, FB-25, FC-25, FF-20, dos tornos, etc.), dando mais um passo importante no sentido da integração vertical da fábrica¹.

Mas as mudanças no sistema de transmissão não pararam aí. A FC-35 possuía uma caixa de velocidades com eixos e engrenagens feitos em aço cromo níquel temperado e retificado, que trabalhavam em banho de óleo²; o eixo árvore era construído em aço-liga, temperado e retificado, dotado de 9 velocidades; os avanços da ferramenta de corte eram controlados por uma caixa de avanços com 3 velocidades, as quais, combinadas com as 9 velocidades da árvore, permitiam 27 opções de avanço; os avanços podiam ser controlados automaticamente através de um sistema de fricção eletromagnética e uma escala graduada e ajustável permitia a pré-seleção da profundidade desejada durante a operação de furar, quando se utilizasse o avanço automático. Todas as engrenagens e eixos da caixa de avanços era feitos em aço cromo-níquel, temperados e retificados. A FC-35 estava capacitada ainda para

1. Atualmente apenas o motor de um modelo de fresadora é feito fora da firma (Ver a seção de fresadoras adiante).

2. Até este momento, todas as furadeiras tinham engrenagens helicoidais que trabalhavam sem o banho de óleo.

fazer operações de rosqueamento e dispunha de um mecanismo de reversão automática do eixo quando a profundidade de rosca pré-selecionada fosse atingida. O movimento vertical da árvore podia ser manual, através de manivela, ou automático, através do aperto de teclas.

Tanto a mesa quanto o cabeçote da FC-35 eram providos de movimentos vertical e radial, acionados manualmente por meio de manivelas e alavancas de fixação; a mesa, cabeçote e coluna eram construídos em ferro fundido e a furadeira vinha dotada de sistema de refrigeração para a ferramenta de corte.

Por todas estas características, a FC-35 era mais avançada tecnologicamente que os modelos anteriores; além disso, ela podia usinar peças maiores pois possuía especificações técnicas superiores conforme mostra a tabela (25), principalmente no que concerne ao tamanho da mesa e da base, curso vertical do cabeçote, distância máxima da árvore à base ou à mesa e curso vertical da mesa.

f. O oitavo e último modelo de furadeira (FR-25)

Em 1977, quase que simultaneamente ao lançamento da furadeira de coluna descrita no item anterior, foi lançado um modelo de furadeira radial, a FR-25¹, que representou o último passo na inovação de produto da firma em termos de furadeiras. Este novo modelo foi baseado em duas furadeiras alemãs, sendo que o cabeçote veio de uma máquina e o corpo de outra. Foi modificado apenas o formato do torpedo do cabeçote, que passou de quadrado para triangular.

As principais modificações introduzidas com este novo modelo situaram-se nos movimentos do cabeçote. O deslocamento vertical do cabeçote era automático, operado por meio de teclas. O deslocamento horizontal do cabeçote (para frente e para trás) era manual, mas existia um freio automático para controlá-lo que

1. Furadeiras radiais de porte bem maior que a FR-25 eram produzidas no Brasil pelo menos desde 1963, cf. Consulta - Serviço Informativo da Indústria do Estado de São Paulo, op.cit.

era operado por meio de teclas. O deslocamento radial do cabeçote era manual mas existia um freio automático para a sua blocagem, também operado por meio de teclas. Havia a possibilidade de se fazer blocagem ou desblocagem simultânea do cabeçote no sentido horizontal e radial através de um botão que acionava ao mesmo tempo o freio radial e horizontal.

A operação de blocagem ou desblocagem do cabeçote da FR-25 era comandado por um sistema hidráulico, sendo este o único comando não mecânico que a firma utilizava. Todos os outros comandos de todas as máquinas produzidas eram comandos mecânicos¹.

Este sistema de desbloqueio automático dava uma grande rapidez e versatilidade à FR-25 para a execução de trabalhos mais complexos, tornando-a apropriada para as seções de produção das fábricas.

Em outros aspectos, esta furadeira era bastante parecida com a FC-35 descrita no item anterior. O sistema de transmissão era o mesmo, o que lhe dava 27 opções de avanços para a ferramenta de corte; o avanço automático funcionava da mesma forma; a árvore estava dotada de movimento vertical automático e a troca de velocidades tinha de ser feita com a máquina desligada.

Outras características técnicas importantes da FR-25 eram: sistema de refrigeração para a ferramenta de corte; mesa fixa embaixo da qual ficava um armário; base útil, colocada na parte de trás da furadeira, podendo ser utilizada virando-se o cabeçote em 90 graus; e construção da base, coluna e mesa em ferro fundido.

Quanto ao porte desta furadeira, a tabela (25) indica que ela podia usinar peças maiores que as furadeiras anteriores, principalmente pelas dimensões da mesa e da base e pela distância máxima da árvore à mesa ou à base.

1. Esta informação é importante porque mostra como a firma se desenvolveu na parte mecânica e não se desenvolveu, ou se desenvolveu muito pouco, em outros setores tais como a eletrônica ou a hidráulica.

g. Análise dos indicadores "proxy" para a qualidade das furadeiras

Pela descrição feita nos itens anteriores, percebe-se que houve efetivamente um processo intenso de sofisticação tecnológica de acordo com uma trajetória que vai do mais simples para o mais complexo também no caso das furadeiras, restando agora, para completar a análise, fazer uma comparação desta evolução com o comportamento observado nos indicadores de qualidade escolhidos "a priori", ou seja, no preço e no peso das furadeiras.

A tabela (28) contém as informações sobre estes índices. O peso da furadeira reflete muito bem a evolução tecnológica observada, apresentando inclusive certas descontinuidades ou "saltos" compatíveis com a descrição feita anteriormente. O primeiro "salto" que se observou foi em 1971 quando a firma passou a produzir a furadeira de coordenadas FF-20, a qual, como se viu, distinguia-se bastante dos modelos anteriores principalmente pela gama de operações que executava (fresagem e furação, entre outras). O segundo salto foi em 1974 com a furadeira de coluna FC-40 que vinha dotada de avanço automático. O terceiro salto significativo ocorreu em 1977 com a furadeira radial FR-25, que se distinguia das outras principalmente pela automatização dos movimentos do cabeçote.

Dessa forma, a conclusão que pode tirar observando a evolução do peso das furadeiras é de que as modificações introduzidas durante a década de 60 seguiram uma trajetória mais suave e que as modificações ocorridas na década de 70 se deram de forma mais abrupta, e não está muito distante da realidade descrita nos itens anteriores.

A coluna de preço total apresenta um comportamento semelhante, com as furadeiras ficando mais caras à medida que ficam mais complexas. Só que aqui ocorrem duas exceções. A primeira é com a furadeira FR-10, a primeira da "família", que apresenta um preço total superior ao preço total das furadeiras FB-20 e FBM-20 as quais, como se viu, eram mais avançadas tecnologicamente que a FB-10 em muitos aspectos, mas esta última possuía um

dispositivo de precisão que a distinguia sobremaneira das outras furadeiras desta faixa e era este o motivo de o seu preço ser tão elevado. A segunda exceção é a furadeira de coluna FC-40 lançada em 1974 e que apresenta um preço total inferior ao da FF-20 lançada em 1971; a explicação neste caso é que a FC-40 não possuía porte de uma furadeira de produção e sim porte de furadeira para serviços gerais, apesar de estar dotada de alguns dispositivos especiais tais como avanço automático e sistema de refrigeração, sendo mais complexa tecnologicamente que a FF-20. Por isso o seu preço de mercado não conseguia atingir valores muito elevados.

Este comportamento dos preços reflete-se no comportamento do preço/kg, de maneira que ele também apresenta estas duas exceções bem flagrantes¹. Mas de maneira geral os indicadores de peso e de preço aparentam servir como boas "proxys" para representar a evolução tecnológica de produto ocorrida nesta firma produtora de máquinas ferramentas.²

1. O preço/kg da furadeira radial FR-25 é inferior ao da furadeira de coluna FC-35 e até mesmo da furadeira de coordenadas FF-20, mas isto não deve influir muito nas conclusões tiradas se forem vistos todos os indicadores em conjunto, pois trata-se apenas de um indicador para uma máquina.

2. O teste de correlação ordinal de Spearman (r_s) apresentou o seguinte resultado:

| Variáveis Correlacionadas | Valor de r_s | Tamanho da Amostra | Significância |
|---------------------------------|----------------|--------------------|---------------|
| Peso X Preço Total | 0,934 | 9 | * * * |
| Peso X Preço/Kg | 0,570 | 9 | * |
| Preço Total X Preço/Kg | 0,802 | 9 | * * * |
| Ano de Lançamento X Peso | 0,950 | 9 | * * * |
| Ano de Lançamento X Preço Total | 0,932 | 9 | * * * |
| Ano de Lançamento X Preço/Kg | 0,599 | 9 | * |

Obs.: * * * - significante em teste unilateral à direita ao nível $\alpha = 1\%$

* * - significante em teste unilateral à direita ao nível $\alpha = 5\%$

* - significante em teste unilateral à direita ao nível $\alpha = 10\%$

FONTE: Tabela (28). Não foram feitos testes de correlação ordinal para os tornos e fresadoras porque o número de observações era muito pequeno.

TABELA 25

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS FURADEIRAS PRODUZIDAS POR UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980

| Especificações Técnicas | Modelos | FB-10 | FB-25 | FC-25 | FF-20 | FC-40 | FC-35 | FC-25 | Unidade de Medida |
|---|---|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|----------------------------|-------|-------------------|
| 1. Capacidade de furar em aço | | 10 | 25 | 25 | 20 | 40 | 35 | 25 | m m |
| 2. Curso Vertical da árvore | | 75 | 120 | 120 | 110 | a | 160 | 160 | m m |
| 3. Número de velocidades da árvore | | 6 | 4 | 4 | 0 | 8 | 9 | 9 | |
| 4. Gama de velocidade da árvore | * Baixa: 700-3.000-4.000 Alta: 1.500-8.000-8.000 | 125-310-557-1395 | 125-310-557-1394 | 125-250-418-520 | 85 a 1080 | 118-155-216-325-425 | 118-155-216-325-425 | | r.p.m. |
| 5. Número de velocidades do motor | | 3 | 3 | 2 | 2 | a | 3 | 3 | |
| 6. Gama de velocidades do motor | Baixa-Alta | 1400 - 1700 | 1400 - 1700 | 1700 - 3400 | a | 840-1.140-1740 | 840-1140-1740 | | r.p.m. |
| 7. Avanços Automáticos | não tem | não tem | não tem | não tem | a | 0,1-0,2-0,3 | 0,1-0,2-0,3 | | m/minuto |
| 8. Número de opções de avanço | 8 | 4 | 4 | 8 | 8 | 27 | 27 | | |
| 9. Potência do motor principal | 0,3 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | a | 2-2,2-3 | 2-2,2-3 | | HP |
| 10. Curso Vertical do cabeçote | 90 | 440 | 280 | 110 | a | 410 | 430 | | m m |
| 11. Curso horizontal do cabeçote | não tem | não tem | não tem | não tem | não tem | não tem | 540 | | m m |
| 12. Ângulo do giro horizontal do cabeçote | não tem | 360 | 360 | não tem | a | 360 | 360 | | graus |
| 13. Curso vertical da mesa | não tem | não tem | 520 | não tem | a | 310 | não tem | | m m |
| 14. Curso transversal da mesa | não tem | não tem | não tem | 150 | a | não tem | não tem | | m m |
| 15. Curso longitudinal da mesa | não tem | não tem | não tem | 310 | a | não tem | não tem | | m m |
| 16. Ângulo do giro da mesa | não tem | 360 | 360 | não tem | a | 360 | não tem | | graus |
| 17. Distância máxima da árvore à mesa | 200 | 390 | 740 | 540 | 620 | 700 | 760 | | m m |
| 18. Distância máxima da árvore à base | 200 | 650 | - | - | 1200 | 1280 | 1610 | | m m |
| 19. Distância mínima da árvore à mesa | - | - | - | 130 | a | a | 330 | | m m |
| 20. Distância mínima da árvore à base | - | - | - | - | a | - | 1170 | | m m |
| 21. Distância da coluna ao centro da árvore | 175 | 225 | 225 | 290 | 320 | 334 | máxima: 875 mínima: 335 | | m m |
| 22. Superfície útil da mesa | 270 x 270 | ø - 380 | ø - 380 | 560 x 250 | a | 500 x 500 | 1.000 x 500 | | m m |
| 23. Superfície útil da base | 270 x 270 | 260 x 260 | - | não tem | a | 500 x 460 | 080 x 080 | | m m |
| 24. Cone Morse nº | B 16 | 3 | 3 | 3 | a | a | 3 | | |
| 25. Capacidade de rosquear em aço | não tem | não tem | não tem | não tem | a | 25 | 20 | | m m |
| 26. Bomba de refrigeração | não tem | não tem | não tem | 0,12 HP-1700 RPH | 0,12 HP-1700 RPH | 0,12 HP-1700 RPH | 0,75 HP-1700 RPH | | HP-RPH |
| 27. Ângulo do giro vertical do cabeçote | não tem | não tem | não tem | 80 | não tem | não tem | não tem | | graus |

* Dado não disponível.

- Dado não relevante, consideradas as características da máquina.

FONTE: Dados fornecidos pela firma.

D. A "Família" das Fresadoras

1. Informações Gerais sobre as Fresadoras¹

A fresadora é uma máquina ferramenta usada para se desbastar uma determinada peça e é muito utilizada para fazer diversos tipos de engrenagens. Ela se distingue de outras máquinas principalmente pelas seguintes características:

i) A sua ferramenta, denominada fresa, tem múltiplos pontos de corte.

ii) A retirada do cavaco é feita através do avanço da peça a ser usinada e não pela ferramenta de corte. Isto é possível graças aos movimentos de que a sua mesa é dotada (longitudinais, transversais e horizontais, em geral).

iii) A sua geometria é muito variável, e nela se destacam as diversas posições que o eixo porta-ferramentas pode ter. É comum existirem fresadoras com mais de um eixo, conforme se verá adiante.

A posição do eixo porta-ferramentas fornece a classificação mais comum das fresadoras. Desse modo, existem fresadoras verticais, horizontais e universais, sendo que nesta última o eixo pode ficar, alternativamente em posição vertical ou horizontal graças a um cabeçote especial; existem ainda fresadoras dotadas de um ou mais eixos verticais e um ou mais eixos horizontais.

As partes principais de uma fresadora são:

i) Corpo da fresadora - formado de um apoio (torpedo) para o eixo porta-ferramentas e uma coluna. Esta construção tem de ser bem robusta para resistir aos esforços elevados a que se submete a ferramenta de corte.

ii) Um suporte para mesa, dotado de movimento vertical.

1. Ver rodapé da página 47 .

iii) Um carro, que pode deslizar transversalmente sobre o suporte.

iv) Uma mesa porta-peças, dotada de movimento longitudinal em relação ao carro.

Assim, a peça a ser usinada aproxima-se do eixo porta-fresa através dos movimentos coordenados do suporte, da mesa e do carro. Estes movimentos podem ser comandados hidráulica ou mecanicamente e podem ser automáticos ou manuais,

2. Os Modelos de Fresadoras da Firma

A "família" de fresadoras da firma é bem menor que a de furadeiras, apresentando "saltos" tecnológicos mais bruscos entre os modelos. Pode-se considerar, porém, que as fresadoras e as furadeiras são "parentes" bem próximas, dada a forma como operam e a integração que existe entre os serviços de uma e de outra. Assim, a aprendizagem obtida na evolução das furadeiras foi bastante útil para permitir um desenvolvimento das fresadoras.

a. O primeiro e segundo modelos (FU-1 e FUR-1)

Em 1966 a firma lançou o seu primeiro modelo de fresadora, a FU-1, baseado em similar importado. Tratava-se de uma fresadora universal apta para ser utilizada nas seções de produção das fábricas para usinar peças de pequeno e médio porte. Fresadoras com especificações técnicas semelhantes a ela já eram produzidas no Brasil antes do seu lançamento por pelo menos três empresas (Ver tabela(26) e Consulta, op.cit.), não se identificando um pioneirismo tão claro como no caso da furadeira FB-10.

A FU-1 possuía apenas o avanço longitudinal da mesa automático, acionado por meio de alavanca de engate e alavanca de controle para os avanços máximos, médios e mínimos. Os avanços vertical e transversal da mesa eram manuais e acionados por meio de volante.

TABELA 26

COMPARAÇÃO DA FRESADORA FU-1 COM FRESADORAS UNIVERSAIS
PRODUZIDAS POR OUTRAS FIRMAS BRASILEIRAS DE MÁQUINAS
FERRAMENTAS EM 1963

| Máquina | FU-1 | Fresadoras de outras Firmas |
|-------------------------------|-------------|-----------------------------|
| Especificações Técnicas | | |
| 1. Mesa | | |
| Superfície útil | 1000 x 230 | 1500 a 170 m m |
| Ranhuradas | 3 de 14 | 3 de 18 m m |
| Curso Longitudi- nal | 680 | 480 a 750 m m |
| Curso vertical | 400 | 330 a 490 m m |
| Curso transversal | 200 | 125 a 310 m m |
| Ângulo de giro | 50 | 45 a 60 graus |
| 2. Árvore | | |
| Cone | 150 40 | I 50 30 a 70 |
| Velocidade | 50 a 780 | 20 a 1400 r.p.m. |
| 3. Motores | | |
| Principal | 2; 2,2; 3 | 1,5 a 7,5 H.P. |
| de Mesa | 0,25 a 0,33 | 0,5 H.P. |
| da Bomba de Refri- geração | 0,12 | 0,13 H.P. |

FONTE: i) Consulta- Serviço Informativo da Indústria do Estado
de São Paulo. Especificações Técnicas do Comprador
Industrial. São Paulo, (s/e), 1963.

ii) Dados fornecidos pela firma.

O sistema de transmissão era feito através de caixa de câmbio, a qual foi trocada em 1979 por uma caixa de velocidades bem mais moderna, dotada de eixos e engrenagens construídos em aço cromo-níquel temperados e retificados, trabalhando em banho de óleo. O avanço longitudinal da mesa também foi alterado, passando a ser feito através de uma caixa de avanços com engrenagens e eixos construídos da mesma forma que os da caixa de velocidades; permaneceu, no entanto, o acionamento por meio de alavancas.

O motor principal da fresadora foi alterado na mesma época, passando de dupla para tripla potência. Este motor era o mesmo que foi projetado para a furadeira de coluna FC-35 e esta troca de motores representou um interessante exemplo de aproveitamento de uma inovação introduzida numa máquina e que se mostrou bem sucedida¹. Acarretou também uma certa economia de escala na seção de motores da firma, pois um mesmo tipo de motor passou a ser produzido para diferentes máquinas².

Antes de a firma começar a produzir fresadoras, ela fabricada as engrenagens das máquinas com algumas fresadoras de segunda mão importadas ou então subcontratava estes serviços. Com o início da produção de fresadoras, as engrenagens passaram a ser feitas quase que em sua totalidade dentro da fábrica; mas para isso foi necessário adaptar a fresadora universal FU-1 com um aparelho gerador de engrenagens, nascendo assim a FUR-1, ou seja, uma variante da fresadora universal dotada de um cabeçote gerador de engrenagens tipo Renânia. Esta modificação ocorreu ainda em 1966.

A FUR-1 tinha condições de fresar, em ferro fundido, engrenagens cilíndricas com dentes retos e engrenagens cilíndricas com dentes inclinados (helicoidais), além de eixos ranhurados , coroas e roscas sem fim. Esta máquina representou um avanço im

1. Vide a seção de furadeiras, atrás

2. Até agora viu-se que este motor de tripla potência estava sendo usado nas furadeiras FC-35 e FR-25 e nesta fresadora FU-1.

portante no processo produtivo da firma, pois a FUR-1 foi largamente utilizada na produção de engrenagens, substituindo as antigas fresadoras importadas e internalizando esse serviço que é de vital importância dentro de uma firma de máquinas ferramentas.¹

b. O terceiro modelo (FF-600)

Durante cinco anos, a firma só produziu os dois modelos de fresadoras citados, a FU-1 e a FUR-1. Em 1971 surgiu a furadeira de coordenadas FF-20, como se viu na seção de furadeiras, e que representou um ponto de contato entre essas duas "famílias" de máquinas, dado que ela possuía uma mesa com movimentos tais que permitiam operações de fresagem, e assim era considerada pelos próprios donos da firma. Para os objetivos do presente trabalho não é muito importante a "família" em que a se classifica; importa muito mais reconhecer que a trajetória de desenvolvimento de produto da firma levou-a a um produto misto de furadeira e fresadora.

Sendo assim, um novo modelo de fresadora propriamente dito surgiu apenas em 1978. Tratava-se de uma fresadora ferramenteira, a FF-600, baseada em dois modelos de máquinas distintos, uma suíça e outra tcheca.

Esta nova máquina representou um salto bem significativo dentro da "família" de fresadoras. Não era uma máquina de produção e sim uma máquina projetada especificamente para trabalhar nas ferramentarias das fábricas, sob condições de alta precisão; rigidez e segurança, com capacidade de executar um sem número de operações.

A FF-600 possuía os três avanços automáticos², sendo o avanço transversal obtido através de movimentos no torpedo da máquina e os avanços longitudinais e vertical obtidos através de movimentos da mesa vertical. Os avanços eram controlados por

1. As engrenagens de uma máquina ferramenta são responsáveis em boa parte pelo seu desempenho e um dos pontos altos dos produtos da firma é a qualidade das suas engrenagens.

2. A automatização dos avanços constitui-se numa das principais inovações que podem ser introduzidas numa fresadora.

uma caixa de avanços com eixos e engrenagens de aço cromo-níquel temperados e retificados, trabalhando em banho de óleo. O acionamento desta caixa de avanços era feito através de um motor individual de acoplamento direto com potência de 1,5 HP; os avanços rápidos eram disponíveis nos três sentidos, vertical, transversal e longitudinal; havia 18 opções de avanço nos três sentidos.

A transmissão do motor principal (2 HP) era feita através de uma caixa de velocidades construída com engrenagens de aço cromo-níquel, temperados e retificados, trabalhando em banho de óleo, dotada de 18 velocidades.

Os acessórios normais da máquina eram o torpedão universal, o cabeçote vertical, a mesa fixa (acoplada horizontalmente à mesa vertical) e o sistema de refrigeração. Opcionalmente podia ser adquirido: painel de comando com sistema elétrico, alojando visores para leitura digital X, Y, Z; cabeçote automático de broquear e facear; mesa universal; mesa giratória divisora; cabeçote angular (para fresagem horizontal); divisor universal; morsa giratória e uma gama enorme de eixos, mandris, chaves, pinças, etc.

Destes opcionais, apenas o comando elétrico era exclusivo da FF-600; todos os outros podiam ser adaptados na FU-1, porém com uma menor precisão no trabalho executado pois era uma máquina com menos recursos mecânico, principalmente no que tange à automatização dos avanços, ao número de velocidades da árvore e ao número de opções de avanços automáticos (Ver tabela(27)).

A FU-1 podia usinar peças maiores que a FF-600 (Ver tabela (27)) o que era outra indicação de que as inovações técnicas incorporadas na FF-660 não a habilitavam para trabalhar em seções de produção (onde, em geral, o serviço de usinagem é mais pesado e requer fresadoras com superfícies e cursos de mesa e cabeçote maiores), mas sim em seções onde se requer um trabalho mais fino, como é o caso das ferramentarias das fábricas.

c. O quarto modelo (FHV)

Em 1980 a firma lançou um novo modelo de fresadora, só que desta vez não procurou avançar na direção de uma máquina de maior precisão, mas sim no sentido de produzir uma máquina com capacidade de usinar peças maiores.

Assim, surgiu o modelo FHV, que era uma fresadora com um eixo horizontal e um eixo vertical, própria para os trabalhos mais pesados da produção¹. A sua concepção mecânica era bem mais simples que a da FF-600, possuindo apenas o curso longitudinal da mesa automático e outros dois (transversal e vertical) manuais; o tamanho desses cursos da mesa era bem maior que o das fresadoras anteriores (Ver tabela(27)) e a superfície útil da mesa era também maior, sendo estas as principais indicações de que ela foi planejada para executar serviços médios e pesados. O cabeçote vertical possuía um suporte articulador que proporcionava a inclinação para frente e para trás, giro para a esquerda e para a direita, bem como uma combinação de ambos os movimentos.

As especificações técnicas da FHV colocavam-na como uma máquina intermediária entre a FU-1 e a FF-600, conforme mostra a tabela (27)². A origem da FHV, isto é, o fato de ela ter sido uma máquina planejada para fazer serviços mais pesados e rústicos, explica em boa parte as diferenças existentes.

d. Análise dos indicadores "proxy" para qualidade

Pela tabela (28) tanto o indicador de peso como os indicadores de preço total e preço/kg são consistentes com a descrição feita nos itens anteriores, ou seja, mostram que a "família" das fresadoras foi se modernizando com o tempo e que os produtos lançados na segunda metade da década de 70 represen-

1. Mais pesados em relação ao porte da FF-600 e da FU-1.

2. O motor e o sistema de transmissão da FHV era o mesmo das furadeiras FC-35 e FR-25 e da fresadora FU-1 (Ver no texto os respectivos tópicos). O surgimento desta fresadora é um bom exemplo de que o alargamento do horizonte tecnológico que a firma domina não significa que ela vai produzir apenas produtos cada vez mais complexos. Outras razões, como por exemplo as de mercado, são levadas em consideração com bastante frequência e influenciam a direção que a firma vai seguir. O importante é perceber que existe uma tendência à sofisticação dos produtos, mas que isto não representa um caminho linear.

taram um "salto" tecnológico "vis-à-vis" as fresadoras universais da década de 60. A diferença de peso entre a FF-600 e FHV se deve ao fato de a primeira ser uma máquina para serviços de ferramentaria enquanto que a segunda é uma máquina para serviços mais pesados da linha de produção, tendo portanto um porte um pouco maior.

TABELA 27

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS FRESADORAS PRODUZIDAS POR UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980.

| Modelo | FU-1 | FF-600 | F.H.V. |
|--|-------------|-------------|---------------------|
| Especificações Técnicas | | | |
| 1. Sede Cônica | ISO 40 | ISO 40 | ISO 40 mm |
| 2. Número de Velocidades da árvore | 9 | 18 | 9 |
| 3. Número de avanços automáticos: | | | |
| Longitudinal | 6 | 6 | 10 |
| Vertical | ñ tem | 6 | ñ tem |
| Transversal | ñ tem | 6 | ñ tem |
| 4. Cursos da mesa: | | | |
| Longitudinal | 680 | 500 | 700 mm |
| Vertical | 400 | 340 | 410 mm |
| Transversal | 200 | ñ tem | 280 mm |
| 5. Curso transversal do torpedo | ñ tem | 200 | ñ tem |
| 6. Superfície útil da mesa | 1.000 x 230 | 850 x 300 | 1.100 x 260 mm x mm |
| 7. Superfície útil da mesa vertical | ñ tem | 1.000 x 200 | ñ tem: mm x mm |
| 8. Potência do motor principal | 2-2,2-3 | 2,0 | 2-2,2-3 HP |
| 9. Potência do motor da caixa de avanços | 0,25 | 1,5 | 1 HP |
| 10. Potência do motor da bomba de refrigeração | 0,12 | 0,12 | 0,12 HP |

Fonte: Dados fornecidos pela firma.

TABELA 28

VARIÁVEIS "PROXY" PARA SE MEDIR O GRAU DE COMPLEXIDADE TECNOLÓGICA DOS PRODUTOS
DE UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980.

| MÁQUINAS | ANO DE LANÇAMENTO | PESO (EM NÚME- RO ÍNDICE) | PREÇO TOTAL REAL (EM Nº ÍNDICE) ** | PREÇO / KG (EM Nº ÍNDICE) |
|--|----------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Torno modelo "A" * | 1954 | 91,9 | 54,7 | 59,5 |
| Torno modelo "B" * | 1955 | 96,3 | 61,1 | 63,4 |
| Torno modelo "C" (TMB-230) | 1955 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Torno modelo "D" (TM-280) | 1975 | 274,1 | 183,0 | 66,8 |
| Furadeira de Bancada FB-10 | 1966 | 74,1 | 57,2 | 77,2 |
| Furadeira de Bancada FB-20* | 1966 | 85,9 | 38,3 | 44,6 |
| Furadeira de Bancada FBM-20* | 1966 | 103,7 | 53,4 | 51,5 |
| Furadeira de Bancada FB-25 | 1968 | 111,2 | 67,7 | 60,9 |
| Furadeira de Coluna FC-25 | 1968 | 125,9 | 82,3 | 65,3 |
| Furadeira de Coordenadas FF-20 | 1971 | 229,8 | 234,4 | 102,1 |
| Furadeira de Coluna FC-40 * | 1974 | 340,9 | 186,3 | 54,7 |
| Furadeira de Coluna FC-35 | 1977 | 385,4 | 426,0 | 110,6 |
| Furadeira Radial FR-25 | 1977 | 1051,6 | 979,9 | 93,2 |
| Fresadora FU-1 | 1966 | 741,1 | 524,9 | 70,9 |
| Fresadora Ferramenteira FF-600 | 1978 | 1037,5 | 2608,3 | 251,5 |
| Fresadora Horizontal e Vertical F.H.V. | 1980 | 1111,5 | 1873,8 | 168,6 |
| Plana Limadora PL-400 | 1958 | 211,2 | 111,2 | 52,7 |

* Não são produzidos atualmente.

** Foram usadas várias listas de preços nominais disponíveis entre 1973 e 1980.

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

IV. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE PROCESSO

A definição de tecnologia usada no presente trabalho considera que uma das áreas básicas de conhecimento da firma localiza-se no processo produtivo¹. De acordo com Katz, os temas que esta área abarca são o conjunto de métodos de produção, os equipamentos e sua organização na fábrica, a força de trabalho, as matérias-primas, o ciclo do processo etc². A experiência vivida pela firma mostra que, dentro destes temas, os assuntos mais interessantes de serem abordados estão relacionados com a busca de uma crescente integração vertical. Esta, por sua vez, consubstancia-se na aquisição de novos equipamentos, nas inter-relações entre o desenvolvimento de produto e de processo produtivo, no grau de divisão interna do trabalho, na utilização de máquinas de produção própria, na aprendizagem proporcionada pelo contato constante com problemas de ordem mecânica e, em alguns casos, elétricos ou hidráulicos etc..

Neste capítulo, procurar-se-á fazer uma análise, tão detalhada quanto possível, de como se deram as inovações no processo produtivo a partir dos elementos citados acima. Com o fito de melhor organizar as informações, o capítulo será dividido em duas partes. Primeiramente far-se-á uma descrição de como este processo é atualmente, para depois se ver como ele foi se organizando ao longo do tempo.

Por processo produtivo entende-se a sequência de etapas necessárias para a consecução do produto, desde a fundição das peças até à sua montagem final, passando pela criação de novos modelos. Nele podem existir várias atividades que não são executadas dentro da firma, isto é, subcontratadas, ou então atividades que só foram desenvolvidas dentro da firma com a ajuda de assessoria externa, as quais dão uma indicação de sua dependência vis-à-vis

1. Y. a Introdução, p. 2.

2. V. Katz, J. et al., op. cit., p. 2.

o restante do setor industrial. O processo produtivo revela também o grau de divisão do trabalho interno e qual é o nível de especialização da mão-de-obra.

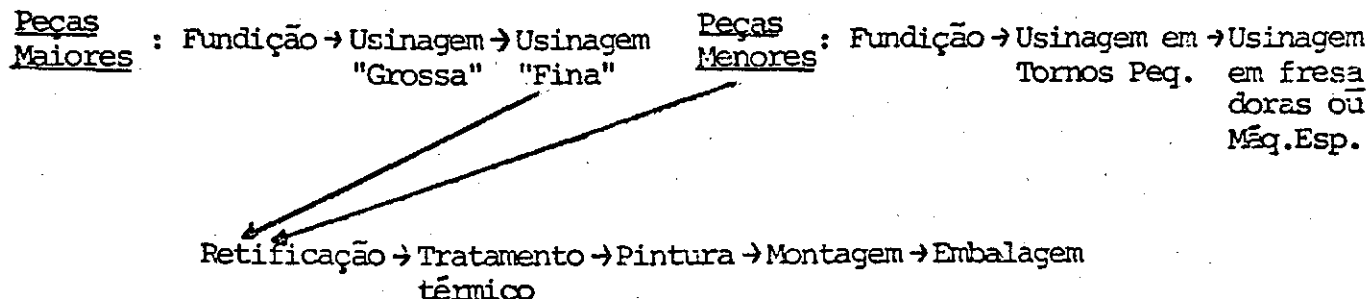
A. O Processo Produtivo

A firma possui uma integração vertical muito grande quando comparada com os padrões dos países desenvolvidos, e empenha-se por aprofundá-la cada vez mais, pois a estratégia de crescimento dos proprietários é orientada na busca da autosuficiência (que vai desde serviços técnicos até a comercialização dos seus produtos).

Ela se encontra numa fase de evolução em que ainda não desenvolveu estudos formais (métodos e tempos, programação da produção e laboratórios de controle de qualidade do produto) que visassem à otimização do processo produtivo. A explicação para este fato está vinculada a sua origem familiar e a sua formação basicamente empírica, na qual a preocupação maior sempre foram as atividades relacionadas com o mundo mecânico.

1. Descrição do Processo Produtivo

O processo produtivo da firma pode ser resumido no seguinte esquema:¹



O início da produção se dá na fundição, onde são feitas desde as ferramentas de corte até as partes maiores das máquinas, como mesas, colunas, bases etc. Depois de fundidas, as peças passam por um jateamento de limalha de aço para limpeza e em seguida

1. Não se dispõe de informações sobre a duração de cada etapa deste processo.

são armazenadas para envelhecimento. Existe um laboratório para a análise do fundido e o controle de sua qualidade, pois a temperatura do material, ou seja, a sua composição química após ter sido tratado termicamente, varia com a qualidade do metal que vem da fundição e a liga do fundido nem sempre é perfeita.

A segunda etapa do processo produtivo é a usinagem das peças, que é feita em máquinas dispostas em "ilhas" ou seções, tais como ilhas de tornos, furadeiras, fresadoras etc., que não caracterizam uma linha de produção bem definida; as peças vão passando de uma "ilha" de máquina para outra em função do tipo de usinagem que requerem e um mesmo conjunto de máquinas executa uma gama bem variada de operações. Esta etapa é a que melhor caracteriza a descontinuidade do processo produtivo da firma.

As peças maiores passam primeiro por uma usinagem "grossa" feita em fresadoras e tornos grandes sendo esta a principal fonte de alimentação da produção; depois são submetidas a uma usinagem "fina" em máquinas mais sofisticadas, em geral importadas, que são as mandriladoras; a última etapa da usinagem é a retificação, que consiste em dar um acabamento melhor às peças, aumentando assim a sua precisão geométrica.

Paralelamente é feita a usinagem das peças menores, isto é, componentes, engrenagens, roscas sem fim etc., as quais passam primeiro pelos tornos de pequeno porte, depois pelas fresadoras universais e, quando for o caso, pelas máquinas especiais de engrenagens; finalmente as peças são enviadas para a seção se retificadoras.

Depois de retificadas, todas as peças vão para o almoxarifado e ficam aguardando os pedidos das seções de montagem; existem quatro seções de montagem: tornos, furadeiras, plainas e fresadoras. É nesta etapa que as máquinas recebem o motor e o sistema de refrigeração, quando for o caso.

As máquinas são sempre produzidas em lotes e a tabela (29) indica qual era o tamanho aproximado de cada lote em 1980¹.

1. A duração do processo industrial mostrada na tabela supõe um estoque de peças já fundidas.

o tamanho dos lotes é variável, pois depende em grande parte das condições de demanda. Por exemplo, os tornos já chegaram a ser produzidos em lotes de 50 unidades de cada modelo por quinzena e as furadeiras FB-25 e FC-25 em lotes de 50 unidades das duas por semana. Devido ao grande número de modelos de produtos (atualmente existem 11 modelos principais, que utilizam centenas de peças e componentes) e à instabilidade da demanda de cada um deles, é extremamente complexa a atividade de organização do processo produtivo. As soluções para estes problemas são obtidas através de um constante acompanhamento da produção que é feito pelos proprietários com a ajuda dos chefes de seção; é um trabalho totalmente empírico, que não conta com estudos de capacidade das máquinas, do processo produtivo, de otimização dos estoques, etc. A disposição das máquinas em "ilhas" impõe um controle a nível de atividades (tornear, fresar, etc) mas não do produto final propriamente dito.

TABELA 29

TAMANHO DOS LOTES DE PRODUTOS DE UMA FIRMA

BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980.

| Modelo (a) | Quantidade Produzida (em unidades) | Duração do Processo Industrial (em dias) (b) |
|------------------|---------------------------------------|--|
| Torno TMB-230 | } 15 (dos dois modelos em conjunto) | 7 |
| Torno TM-280 | | |
| Furadeira FB-10 | 20 | 60 |
| Furadeira FB-25 | } 15 (dos dois modelos em conjunto) | 7 |
| Furadeira FC-25 | | |
| Furadeira FF-20 | 10 | 15 |
| Furadeira FC-35 | 1 | 15 |
| Furadeira FR-25 | 6 | 60 |
| Fresadora FU-1 | 10 | 15 |
| Fresadora FF-600 | 3 | 30 |
| Platina PL-400 | 22 | 15 |

FONTE: Dados fornecidos pela firma.

(a) Não se dispõe de informações sobre a Fresadora F.H.V. pois a sua produção é muito recente.

(b) A partir de um dado estoque de material fundido, não inclui portanto o tempo gasto na fundição.

A firma reconhece a existência de pontos de estrangulamento nas seções em que se exige um elevado grau de precisão na execução das tarefas, como é o caso das retificadoras e das mandriladoras de usinagem "fina". Como o tamanho de um lote está vinculado ao tamanho dos outros, dada a disposição das máquinas

em "ilhas" e não em linhas de produção, a eficiência do processo industrial fica dependendo, em grande parte, do desempenho das seções.

2. Subcontratação

O nível de subcontratação da firma é bem baixo e apresentou uma tendência decrescente ao longo do tempo. Constitui-se basicamente daquelas atividades que estão distantes do mundo mecânico em que ela vive, ou então que requerem elevado grau de especialização e domínio de tecnologia bastante avançada¹.

Os principais serviços subcontratados são os de fundição das ferramentas de corte e o tratamento térmico de algumas delas, tais como as fresas. O motor da fresadora FF-600 também é produzido fora da firma, mas em breve será feito internamente pois o seu projeto está em fase final de elaboração. Quando a firma começou a produzir ferramentas do corte como produto final, em 1977, foi criada uma seção de galvanoplastia, isto é, de banhos de cromo, para a cromação destas ferramentas e de certas partes das máquinas ferramentas produzidas; geralmente são utilizados banhos de cromo fosco e preto. Anteriormente estes banhos eram feitos fora por uma firma especializada.

Também em 1977, foi criado um departamento de vendas, que assumiu totalmente esta atividade através do controle de uma equipe de vendedores próprios espalhados pelo Brasil. Antes as vendas eram feitas por revendedores sobre os quais a firma não tinha controle; a decisão de incorporar o setor de vendas foi

1. O nível de subcontratação observado nesta firma é menor que o encontrado por Katz numa firma de máquinas ferramentas argentina, na qual o material de fundição, por exemplo, sempre foi adquirido externamente. No mesmo trabalho, Katz chama a atenção para a importância da fundição pois "tanto o preço como a qualidade da fundição são de vital importância para a produção eficiente de máquinas ferramentas" (Katz, J. et al., op. cit., p. 17).

De qualquer forma, existe um contraste quanto à política de subcontratação das firmas familiares na América Latina e aquela desenvolvida pelas firmas dos países desenvolvidos (V. KATZ, J. Domestic Technology Generation in LDCs: A Review of Research Findings. Working Paper nº 35, IDB/ECLA Research Programme in Science and Technology. Buenos Aires, ECLA Office, 1980, p. 17)

tomada porque os proprietários sabiam que as margens de revenda eram bem elevadas e por isso seria um negócio compensador.

No mercado externo, as vendas são feitas através de intermediários, mas existem planos de se assumir também o con trole destas atividades. Esta política no campo de vendas es tá evidentemente associada ao tamanho atual da firma que, como se viu, já possui cerca de 500 empregados.

Outro aspecto interessante da política de integração vertical é que a firma executou projetos de engenharia civil (construção de barracões, prédios, etc) ao longo do seu caminho de expansão, contratando pedreiros, encanadores e até comprando uma máquina de terraplanagem especificamente para este fim (em algumas oportunidades contou com assessoria externa).

A firma está localizada em uma cidade dos arredores de São Paulo que não dispõe de muitos trabalhadores especializados no setor metal-mecânico. Por isso, ela foi obrigada a recorrer, no início do funcionamento das novas instalações, ao mercado de trabalho da região do ABC (um grande centro indus trial próximo de São Paulo) o que representou certa dificuldade para recrutar mão-de-obra. Esta dificuldade persiste até hoje, embora em menor grau, ainda mais quando se trata de con tratar técnicos mais especializados; apesar disto, os proprie tários da firma conseguiram treinar dentro dela um pessoal de nível médio bastante razoável, mantendo a característica de ser uma formação eminentemente prática. Para isto foi im portante o ambiente de informalidade que existe no trato com os empregados e o oferecimento de certos benefícios tais como campo de futebol, bar, salão de festas etc. Como resultado há baixa rotatividade de mão-de-obra e as dispensas maiores só ocorreram em situações graves como por exemplo as crises por que passou a firma em 1967, 1975 e 1977.

Em geral, o funcionário quando é contratado não possui nenhuma experiência profissional, sendo treinado dentro da fá brica primeiro nos serviços mais simples, como torneamento, fu ração e fresagem universal. Aos poucos ele vai se acostumando com serviços mais complexos, nas seções de retificadoras ou fre sadoras-ferramenteiras, por exemplo. O trabalho não é rígido nem especializado, não existindo um treinamento formal; cabe aos che

fes de seção também a função de ensinar os mais novos.¹ Quase todos os chefes de seção fizeram a sua carreira profissional dentro da firma, nunca tendo entrado diretamente como encarregado, no máximo como um bom profissional.

A utilização de máquinas mais sofisticadas no processo produtivo não acarretou grandes dificuldades de adaptação do pessoal interno, pelo menos na parte mecânica; para os trabalhos nas atividades de eletrônica ou hidráulica foi necessária a contratação de funcionários já com bastante experiência. Alguns exemplos foram a contratação de um funcionário para operar o centro de usinagem com controle numérico e de outro para criar a seção de enrolamento de motores, onde a experiência acumulada nas outras atividades da firma não foi suficiente para permitir a execução dessas tarefas e havia alguma disponibilidade de pessoas com a qualificação necessária no mercado.

A parte de criação de novos modelos, aperfeiçoamento dos modelos antigos e alterações no processo produtivo é quase que exclusivamente controlada pelo por um dos proprietários fundadores, que se faz assessorar por um grupo de funcionários mais qualificados quando acha necessário.²

Outro fato a se destacar é que a firma utiliza os seus funcionários em outras atividades em épocas de crise de demanda por máquinas ferramentas. Estas outras atividades estão em geral ligadas à construção civil ou carpintaria; atualmente está sendo construído um prédio central para a parte administrativa usando a mão-de-obra ociosa da fábrica.³

-
1. Existem aproximadamente 25 chefes de seção que se dedicam ao treinamento informal da mão-de-obra.
 2. Não há engenheiros na firma até hoje. Ela chegou a contratar, por algum tempo, um engenheiro mecânico recém-formado, mas os resultados não foram bons.
 3. Este expediente é utilizado também pela firma produtora de máquinas de processar cereais estudada no projeto BID/CEPAL/PNUD/CIID. V. CRUZ, Hélio Nogueira da, op. cit.

B. Evolução do Processo Produtivo

A firma demonstrou ao longo de sua existência uma preocupação constante em melhorar o seu parque de máquinas operatrizes e as seções de fundição, tratamento térmico etc, tentando assegurar a qualidade de seus produtos em boa parte pela qualidade do equipamento que utilizava. Esta estratégia induziu-a à compra freqüente de máquinas cada vez mais sofisticadas bem como a uma crescente utilização interna das próprias máquinas que fabricava. Note-se que a evolução da qualidade dos seus produtos dependeu diretamente da melhora na qualidade do equipamento, existindo uma profunda inter-relação entre produto e processo produtivo sob este ângulo de visão.

Desta forma, uma parcela significativa do progresso tecnológico observado na firma encontra-se "incorporado" no equipamento adquirido. Analogamente ao que foi feito no capítulo sobre inovação tecnológica de produto, procurar-se-á evidenciar as mudanças ocorridas no processo produtivo, e quais foram os seus efeitos, através de uma descrição detalhada das aquisições de equipamentos realizadas ao longo do tempo. Após esta descrição será mostrado como as principais seções da fábrica foram montadas, salientando-se as inter-relações entre as atividades envolvidas.¹

1. As inter-relações do processo produtivo ora assumem um caráter de complementaridade - melhores máquinas de usinagem exigem melhores fundidos para serem mais econômicos - e ora assumem um caráter de substituição - uma peça mais bem usinada exige menor tempo de montagem. Este é outro exemplo de indústria com processo produtivo descontínuo, onde "a imagem de que as empresas funcionam como mecanismos perfeitamente ajustados, onde tudo é previsto rigorosamente das operações anteriores não corresponde à realidade. Há máquinas de diferentes idades que o processo (sic) tecnológico diferenciou, tornadas ainda hoje acessíveis pelo mercado de segunda mão. Há várias especificações dos tipos de máquinas fabricadas com diferentes origens e padrões de qualidade. Temos portanto um conjunto heterogêneo de equipamentos, surgindo inclusive problemas para o balanceamento das máquinas para evitar a capacidade ociosa. Adicionalmente as máquinas permitem vários ajustes, várias velocidades das operações. Com seu funcionamento desregulam e se depreciam. O mesmo maquinário pode ser utilizado mais ou menos intensamente, variando o ritmo de operações durante o ano, e talvez o número de turnos." (CRUZ, H.N. Alternativas e Difusão Tecnológicas: O Caso do Setor de Calçados no Brasil. Tese de Doutorado apresentada na Faculdade de Economia e Administração da USP. São Paulo, mimeo, 1977, p. 78).

1. Aquisições de máquinas e equipamentos ao longo do tempo

Como já foi visto ¹, a firma iniciou as suas atividades em 1943. Os equipamentos disponíveis na época eram bastante precários e constituíam-se de um torno, uma bigorna e algumas ferramentas manuais. A reduzida escala de operações e a descontinuidade dos serviços permitiram a ampliação da firma através de pequenos investimentos em máquinas de uso universal tais como furadeiras, soldas, prensas etc.

No final da II Grande Guerra, a firma vendeu o torno e adquiriu uma solda elétrica e uma prensa excêntrica. Por volta de 1953, os equipamentos mais importantes eram uma furadeira, uma plaina, uma fresadora e dois tornos e foi com eles que ingressou no setor de máquinas ferramentas.

Na segunda metade da década de 50, o aumento na produção foi substancial, conforme se viu no capítulo (II) e houve um crescimento significativo no estoque de capital fixo; a tabela (19) mostra que, entre 1955 e 1960, o capital fixo cresceu 2179%. Certamente foram compradas várias máquinas neste período, mas infelizmente não se dispõe de informações mais detalhadas.

No início da década de 60, com a mudança de instalações, a firma acelerou a compra de equipamentos, principalmente máquinas operatrizes². As máquinas operatrizes ocuparam, deste momento em diante, o lugar central na sua política de investimento e a taxa de crescimento do estoque de máquinas superou e muito a taxa de crescimento do total de ativo fixo durante a década de 60 e, principalmente, na primeira metade da década de 70, conforme mostram as tabelas (30) e (31) e o gráfico (2). Apenas na segunda metade da década de 70 que o ativo fixo total cresceu na frente das máquinas operatrizes, embora tenha havido um volume substancial de compras destas, como se verá na análise que se segue.

1. V. o histórico da firma no capítulo (II).

2. Para facilitar a utilização das informações disponíveis, que estavam bastante desordenadas e incluía um conjunto muito diversificado de equipamento que ia desde ferramentas manuais até máquinas de grande porte, foi selecionado, para a análise e tabulação dos dados, o seguinte conjunto de máquinas operatrizes: fresadoras, furadeiras, tornos, plainas, retificadoras, serras, prensas, mandriladoras, centros de usinagem, máquinas de fazer engrenagens, máquinas de usinagem por eletro-erosão, rebarbadores, rosqueadoras, brochadeiras, curvadores, chanfradoras, guilhotinas e injetoras de plástico. Estas máquinas representavam o estoque total de máquinas existentes em 1980 e estavam especificadas pelo ano de aquisição e pelo valor nominal da compra para 1961 em diante.

Para uma firma de porte médio, em termos da tabela (16) do capítulo (II), ela possuía em 1962 um equipamento razoável, contando com cerca de 20 máquinas operatrizes - 4 furadeiras, 10 tornos, uma serra, uma plaina, uma retificadora e 3 fresadoras - a maioria adquirida em 1961, tendo em vista provavelmente a perspectiva de mudança de instalações.

O ritmo de crescimento da produção na primeira metade da década de 60 - o número de tornos produzidos quase que dobrou e a produção de plainas aumentou 60% entre 1962 e 1964 (V. tabela (43) do apêndice) - serviu como um forte estímulo para a política de investimento da firma. Assim, já em 1964, ela fez uma nova ampliação do equipamento, comprando 16 máquinas e, no ano seguinte, mais 12; o valor destes investimentos juntamente com o de uma fresadora comprada em 1963 foi de 1,6 vezes maior que o valor dos investimentos em máquinas feitos em 1961 e 1962.

TABELA 30

ESTOQUE DE CAPITAL FIXO TOTAL E DE MÁQUINAS OPERATRIZES
EM UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS. 1961-1980.

| ANO | Máquinas Operatrizes (a) | Capital Fixo Total (b) |
|------|--------------------------|------------------------|
| 1961 | 100,0 | 100,0 |
| 1962 | 130,7 | 162,1 |
| 1963 | 187,4 | 187,0 |
| 1964 | 247,3 | 193,4 |
| 1965 | 448,5 | 257,5 |
| 1966 | 556,3 | 285,7 |
| 1967 | 535,2 | 298,1 |
| 1968 | 591,7 | 338,3 |
| 1969 | 547,9 | 367,7 |
| 1970 | 851,0 | 447,4 |
| 1971 | 1.109,8 | 469,6 |
| 1972 | 2.243,4 | 666,9 |
| 1973 | 4.348,1 | 978,7 |
| 1974 | 7.372,2 | 1.474,7 |
| 1975 | 9.761,7 | 1.816,1 |
| 1976 | 10.882,5 | 2.085,5 |
| 1977 | 10.437,5 | 2.109,9 |
| 1978 | 11.483,3 | 2.696,7 |
| 1979 | 12.820,7 | 3.851,5 |
| 1980 | 19.887,7 | 4.767,7 |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

(a) Agregação dos investimentos ano a ano, depreciados a 8% a.a., sobre o estoque existente em 1961.

(b) V. tabela (19).

TABELA 31

TAXAS DE CRESCIMENTO DO CAPITAL FIXO TOTAL E DO ESTOQUE DE
MÁQUINAS OPERATRIZES EM UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS
FERRAMENTAS (em%) *

| PERÍODO | CAPITAL FIXO | | MÁQUINAS OPERATRIZES | |
|-------------|--------------|-------|----------------------|-------|
| | TOTAL | ANUAL | TOTAL | ANUAL |
| 1961 - 1969 | 267,7 | 17,7 | 447,9 | 23,7 |
| 1969 - 1974 | 301,0 | 32,0 | 1245,5 | 68,2 |
| 1974 - 1980 | 223,5 | 21,6 | 170,0 | 18,0 |
| 1961 - 1980 | 4667,7 | 22,7 | 19787,7 | 32,1 |

FONTE: Tabela (30).

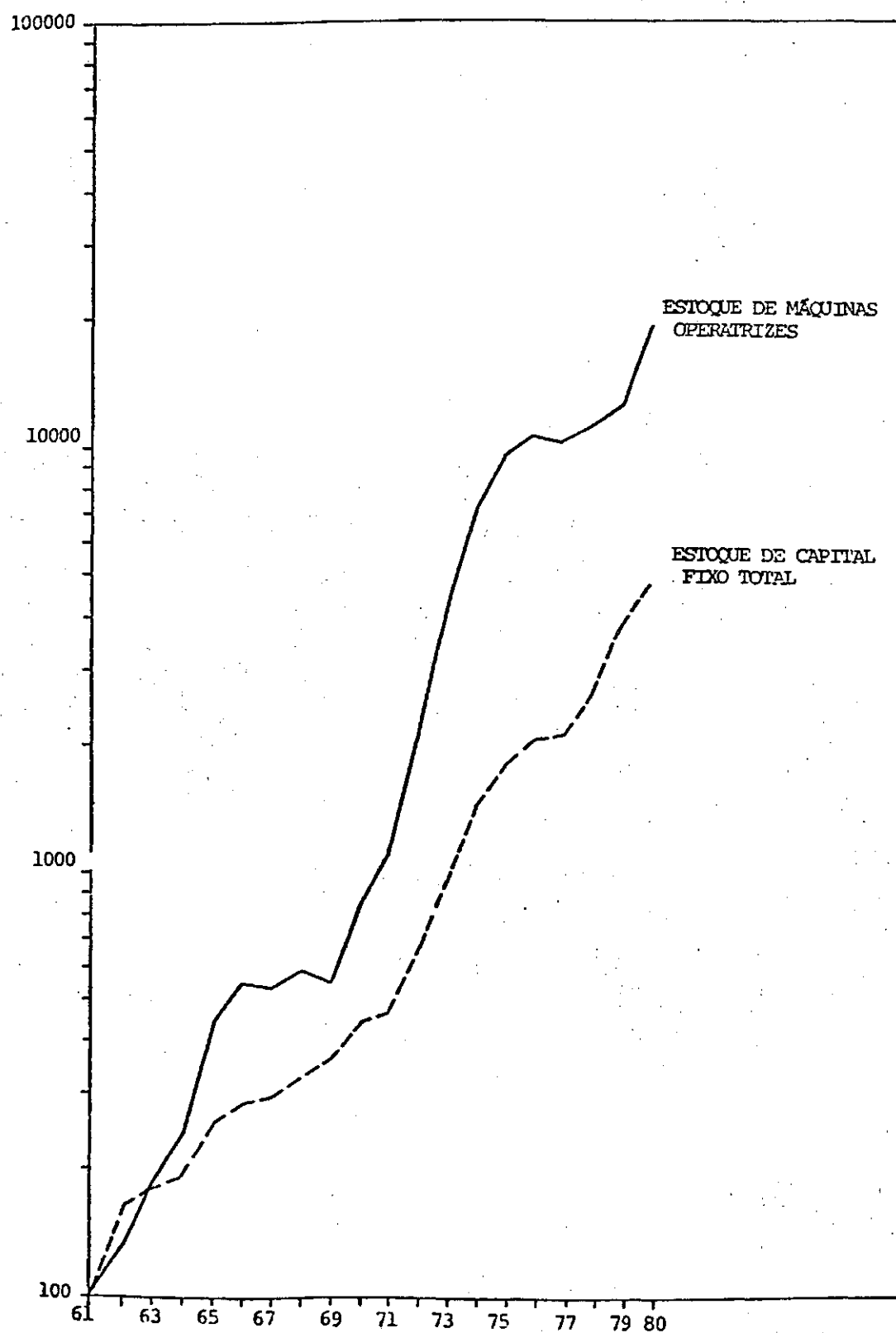
* A fórmula de cálculo foi a mesma utilizada na tabela (20).

A primeira metade da década de 60 foi então a fase da implantação da nova planta e as 48 máquinas operatrizes adquiridas entre 1961 a 1965 eram de pequeno ou médio porte - furadeiras, tornos mecânicos, serras, fresadoras universais, retificadoras universais, prensas, além de uma série de pequenos aparelhos tais como soldadores, afiadores, esmeris, etc., que representaram um investimento, mais de quantidade que de qualidade, ou seja, eram máquinas universais com valor unitário relativamente baixo (V. Tabela (32)).

Tratava-se de máquinas semelhantes às que a firma já dispunha anteriormente, não havendo maiores problemas operacionais inclusive no que tange à qualificação da mão-de-obra; contudo, a rapidez na absorção desses equipamentos significou um bom desafio em termos de organização da produção, e a disposição dos equipamentos em "ilhas" permitiu uma rápida resposta em termos de produto final (V. tabela (19) no capítulo (II)).

A segunda metade da década de 60 foi caracterizada por uma queda de demanda e a preocupação maior dos proprietários da firma foi a diversificação da produção e aumentos nas exportações conforme se viu no capítulo (II); os investimentos em novos equipamentos ficaram em segundo plano. Entre 1966 e 1969 foram adquiridas 14 máquinas operatrizes, das quais se destacavam 2 tornos, 5 furadeiras e 2 retificadoras.

GRÁFICO 2



FONTE: Tabela (30)

Na década de 70, com a melhoria do mercado por máquinas ferramentas, a firma voltou a reativar a compra de máquinas operatrizes e duas características marcaram esta nova fase: a melhor qualidade das máquinas adquiridas e a utilização dos seus produtos finais como equipamento produtivo, ou seja, máquinas que ela produzia passaram a ser importantes para a sua própria consecução.¹ As máquinas de melhor qualidade possibilitaram o lançamento de modelos mais sofisticados, com melhores especificações técnicas, sendo que muitas vezes ocorreu a necessidade de absorver mão-de-obra com qualificação diferente daquela a que a firma estava acostumada, como foi, por exemplo, no caso do centro de usinagem com controle numérico.²

As máquinas de fabricação própria eram usadas internamente sempre que possível, de modo que a firma se transformava num grande balão de ensaio tanto para os protótipos que se desenvolviam como para os antigos modelos. No entanto, elas só vieram a se incorporar decisivamente no processo produtivo a partir de 1972, e ao longo da década foram "adquiridas" 164 dessas máquinas, que chegaram a representar cerca de 20% do total de compras de máquinas operatrizes em 1977, como mostra a tabela (32).

1. A possibilidade de utilizar o próprio produto como um bem de capital torna bastante peculiar o setor de máquinas ferramentas.

2. V. a seção de tornos no capítulo sobre inovação tecnológica de produto, atrás.

TABELA 32

PREÇOS MÉDIOS E NÚMERO DE MÁQUINAS ADQUIRIDAS EM CADA ANO
NUMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS. 1961-1980.

| ANOS | Preços Médios (nº índice) (a) | Número de Máquinas Adquiridas (em unidades) | | Participação das Máquinas de Fabricação Própria no valor total das Máq. Operatrizes adquiridas (em %) |
|------|-------------------------------|---|------------------|---|
| | | TOTAL | PRODUÇÃO PRÓPRIA | |
| 1961 | 100,0 | 16 | 4 | 36,6 |
| 1962 | 206,2 | 3 | - | - |
| 1963 | 1074,7 | 1 | - | - |
| 1964 | 75,0 | 16 | - | - |
| 1965 | 294,6 | 12 | - | - |
| 1966 | 574,7 | 4 | - | - |
| 1967 | 374,5 | 1 | - | - |
| 1968 | 529,9 | 3 | - | - |
| 1969 | 9,3 | 6 | - | - |
| 1970 | 616,8 | 9 | - | - |
| 1971 | 581,1 | 9 | - | - |
| 1972 | 259,7 | 78 | 49 | 10,5 |
| 1973 | 870,1 | 42 | 3 | 0,2 |
| 1974 | 496,4 | 109 | 81 | 17,4 |
| 1975 | 993,1 | 48 | 28 | 8,2 |
| 1976 | 1.690,4 | 18 | 1 | 0,4 |
| 1977 | 309,6 | 22 | 16 | 20,9 |
| 1978 | 1.671,8 | 18 | 5 | 2,7 |
| 1979 | 2.406,5 | 15 | - | - |
| 1980 | 8.092,6 | 16 | - | - |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

(a) Inclui as máquinas de fabricação própria.

A mesma tabela mostra que a primeira metade da década de 70 foi a fase em que se adquiriu o maior número de máquinas, cujo preço médio estava ascendente o que era um indicador de que a sua qualidade estava melhorando. No total foram compradas, entre 1970 e 1975, 295 máquinas operatrizes, das quais 161 eram de fabricação própria. Fica claro portanto que o aumento de produção verificado na primeira metade da década de 70 - bastante elevado como mostra a tabela (19) do capítulo (II) - foi conseguido em boa parte pela utilização em larga escala dos próprios produtos dentro da firma bem como de máquinas de terceiros de boa qualidade. Se ela tivesse lançado mão apenas dos seus produtos para se equipar talvez não conseguisse tal expansão da produção; porém, como o seu desenvolvimento tecnológico tanto de produto como de processo estava dentro de uma tradição eminentemente empírica, foi suficiente unir uma política de investimento baseada na utilização destas máquinas e de máquinas de terceiros de boa qualidade¹, à experiência adquirida nos vários anos de trabalho no setor mecânico e ao conhecimento técnico dos proprietários e de alguns operários mais qualificados a fim de que se lograsse êxito na tarefa de aproveitar as condições favoráveis de demanda. Os modelos produzidos não eram da fronteira tecnológica internacional e nem da nacional e por isso a questão era conseguir fazê-lo com boa qualidade e em grandes quantidades e este objetivo foi alcançado.

Na segunda metade da década de 70, a firma acelerou a sua política de compras de máquinas importadas e bastante sofisticadas, embora se observasse uma certa estagnação na produção física decorrente da retração da demanda, como se viu no capítulo (II). A melhoria na qualidade das máquinas adquiridas pode ser constatada pela tabela (32), que mostra um grande salto no preço médio delas a partir de 1976, concomitantemente à diminuição progressiva no número de máquinas. Foram compradas 89 máqui-

1. Boa parte das máquinas de terceiros compradas neste período eram importadas.

nas operatrizes entre 1976 e 1980, 22 das quais de fabricação própria e de valor unitário bem inferior ao das máquinas importadas; ¹ entre estas últimas destacam-se as mandriladoras de grande porte (em geral suíças), as retificadoras, as máquinas para usinagem de engrenagens, as máquinas de usinagem por eletro-erosão e uma plaina de mesa fresadora alemã.

Em 1980, o parque industrial da firma era composto por cerca de 450 máquinas operatrizes, 164 das quais de fabricação própria. A tabela (33) fornece o número de máquinas existentes neste ano por tipo e percebe-se que, naqueles tipos que a firma produz, existe participação considerável de máquinas próprias. Em termos de valor, a participação das máquinas próprias no total do parque de máquinas era cerca de 4,4%.

2. As Seções em que se Dividia a Firma em 1980.

Como foi visto, a firma está organizada em várias seções, nas quais são executadas desde os serviços de fundição até a montagem das máquinas. Neste item, far-se-á uma breve descrição das principais seções da firma, mostrando como elas vão se equipando ao longo do tempo e qual é a sua composição atual, isto é, quais são os equipamentos que fazem parte de cada uma, ressaltando sempre que possível as máquinas de fabricação própria, as máquinas importadas e as inter-relações entre seções, as quais estão fortemente associadas ao conjunto de modelos que se tem de produzir. ²

Antes de entrar na análise de cada seção, é interessante observar a evolução conjunta das principais seções de usinagem da firma para se ver como elas não se desenvolveram de modo uniforme. Pela tabela (34), percebe-se que as seções

1. Ressalte-se, no entanto, que as máquinas de fabricação própria eram contabilizadas por cerca de 30% a menos que o preço de mercado devido à legislação contábil do país.

2. A organização dos dados deste item foi feita a partir de informações fornecidas pela firma que não são exatamente as mesmas utilizadas no item anterior.

TABELA 33

RELAÇÃO DE MÁQUINAS OPERATRIZES EXISTENTES EM 1980
NUMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS

| TIPO DE MÁQUINA | Quantidade de Máquinas de fabricação própria (em unidades) | Quantidade Total de Máquinas (em unidades) | Participação no valor total do Estoque de máquinas (em %) (a) |
|------------------------------------|--|--|---|
| Fresadoras | 36 | 71 | 20,16 |
| Furadeiras | 67 | 104 | 1,56 |
| Tornos | 70 | 122 | 9,06 |
| Plainas | 14 | 24 | 1,63 |
| Retificadoras | - | 53 | 27,60 |
| Serras | - | 21 | 0,85 |
| Prensas | - | 16 | 1,24 |
| Mandriladoras | - | 8 | 24,66 |
| Centro de Usinagem | - | 1 | 1,26 |
| Máq.p/ Usinar Engrenagem | - | 5 | 6,79 |
| Máq. de Usinagem por eletro-erosão | - | 2 | 2,17 |
| Outras Máquinas | - | 19 | 2,93 |
| TOTAL | 187 | 446 | 100,0 |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

(a) Inclui as máquinas de fabricação própria.

que receberam maior atenção na primeira metade da década de 60 foram a de tornos grandes e a de fresadoras de usinagem que, como se viu, são as principais alimentadoras da produção; na segunda metade da década de 60, a seção de retificadoras começa a ganhar importância com a diversificação da produção e conseqüente melhoria da qualidade do produto final. Na primeira metade da década de 70 a produção voltou a crescer substancialmente e, embora tivesse havido muitas aquisições de máquinas para quase todas as seções, aquelas de usinagem "grossa" (tornos e fresadoras) e as de acabamento (retificadoras) foram as que mais cresceram, sendo que seções mais sofisticadas tais como ferramentaria e máquinas operatrizes especiais começaram a se destacar. Finalmente, na segunda metade da década de 70 a prioridade ficou com as seções de máquinas sofisticadas (a maioria importadas) tais como mandriladoras, máquinas operatrizes especiais e ferramentaria; a seção de retificadoras universais também cresceu significativamente.

Em resumo, "grosso modo" a tendência da firma foi primeiro equipar-se de máquinas para usinagem "grossa", depois de máquinas para acabamento e finalmente de máquinas para usinagem "fina".

a. Fundição

Por ser uma das primeiras atividades do processo produtivo, a fundição condiciona econômica e tecnicamente as demais, sendo a qualidade do fundido considerada fundamental para se ter boa qualidade no produto final.

A fundição foi criada em 1964, já nas novas instalações, com a finalidade básica de garantir o fornecimento de material fundido pois ele era instável e a sua interrupção implicava, às vezes, a paralisação das atividades da firma. Esta preocupação em ter fundição própria é bastante característica do setor metal-mecânico, mesmo em firmas de menor tamanho.¹ Para a criação desta seção foi necessário assessoria externa.

Na fundição utilizam-se modelos de alumínio² e existem dois processos de moldagem: o primeiro é a moldagem "a frio", em areia e resinas, para as peças de grande porte; o segundo é a moldagem "a quente" pelo processo "Shell Moulding" para as peças menores. Existe um laboratório para

1. No setor de máquinas ferramentais, firmas importantes tais como RMI, NARDINI, POCO e VIGORELLI possuem fundição própria. V. a revista Máquinas e Metais, São Paulo, Editora Abril, vários números.

2. Até há pouco tempo, estes modelos eram feitos de madeira.

TABELA 34

QUANTIDADE DE MÁQUINAS OPERATRIZES NAS PRINCIPAIS SEÇÕES
DE USINAGEM DE UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS,
POR PERÍODO DE AQUISIÇÃO (em unidades)

| PERÍODOS SEÇÕES | 60 - 65 | 65 - 70 | 70 - 75 | 75 - 80 | Total |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 1. Tornos Pequenos | 1 | 2 | 25 | 5 | 33 |
| 2. Tornos Grandes | 11 | 3 | 23 | 3 | 40 |
| 3. Fresadoras de Engrenagem | 1 | 2 | 8 | 5 | 16 |
| 4. Fresadoras de Usinagem | 5 | - | 15 | 2 | 22 |
| 5. Ferramentaria | - | - | 5 | 14 | 19 |
| 6. Máquinas Operatrizes Especiais | - | - | 4 | 7 | 11 |
| 7. Mandriladoras | - | - | - | 11 | 11 |
| 8. Retificadoras Planas | 1 | 1 | 8 | 2 | 12 |
| 9. Retificadoras Universais | 1 | 4 | 17 | 11 | 33 |
| TOTAL | 20 | 12 | 105 | 60 | 197 |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

a análise do fundido e controle de sua qualidade, pois a têmpra do material varia com a qualidade do metal que vem da fundição e a liga do fundido nem sempre é perfeita.¹

A tabela (35) mostra o equipamento atual desta seção. Ele foi praticamente comprado nos anos 70, em especial as máquinas de moldar ("Shell Moulding") e os fornos. Os dois fornos são relativamente novos, sendo que o mais recente tem capacidade de fundição de 1500 kg/h.

Destaque-se, entre as máquinas diversas, uma esteira de limpeza adquirida em 1974 e que juntamente com as duas "shell moulding" adquiridas no último período (uma máquina de moldar cascas e uma máquina de soprar machos) são os equipamentos de maior valor unitário desta seção (mais caros que os fornos inclusive). De equipamento próprio existe uma furadeira fresadora incorporada em 1974.

Trata-se portanto, de uma fundição bem equipada e que supre as necessidades imediatas da firma, apesar dos problemas com a qualidade do fundido já citados. Ela foi montada basicamente na década de 70, mantendo da década anterior apenas três misturadores de areia e dois equipamentos simples - (chicotes).

TABELA 35
QUANTIDADE DE EQUIPAMENTO DA FUNDIÇÃO, POR PERÍODO DE
AQUISIÇÃO, EXISTENTE NUMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS
FERPAMENTAS EM 1980 (em unidades)

| Período Equipamento | 60 - 65 | 65 - 70 | 70 - 75 | 75 - 80 | TOTAL |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Forno Cubilot | | | 1 | 1 | 2 |
| Misturador de Areia | 2 | 1 | 2 | 1 | 6 |
| Shell Moulding | | | 5 | 2 | 7 |
| Máquinas Diversas | 2 | | 5 | | 7 |

Fonte: Tabulação própria sobre os dados fornecidos pela firma.

1. O problema com a qualidade da liga do fundido é bem grande atualmente e a firma só espera resolvê-lo quando adquirir um forno elétrico. Com a sofisticação dos modelos, houve pressão para melhoria na qualidade dos fundidos, o que mostra mais uma vez a inter-relação entre produto e processo produtivo.

B. Seção de Tornos Pequenos

Esta seção é de tornos de pequeno porte e é composta basicamente de tornos de produção própria, com exceção dos tornos revólver. Os tornos mecânicos são do tipo lançado em 1975 e representam cerca de 60% do total em número, a maioria dos quais incorporada no ano de lançamento. Na década de 60 havia muito mais tornos de bancada mas aos poucos foram sendo substituídos pelos tornos mecânicos e vendidos ou realocados para outras seções da fábrica. Trata-se portanto, de uma seção que foi bem modificada com a inovação de produto representada pelo torno de 1975. (V. Tabela (36)).

TABELA 36
QUANTIDADE DE EQUIPAMENTOS DA SEÇÃO DE TORNOS PEQUENOS,
POR PERÍODO DE AQUISIÇÃO, EXISTENTE NUMA FIRMA BRASILEI-
RA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980 (em unidades)

| Período Equipamento | 60 - 65 | 65 - 70 | 70 - 75 | 75 - 80 | TOTAL |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Torno Revólver | 1 | 2 | 4 | - | 7 |
| Torno de Banca da | - | - | 4 | - | 4 |
| Torno Mecânico | - | - | 17 | 5 | 22 |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

C. Seção de Tornos Grandes

A maioria dos tornos são do tipo mecânico e foram comprados até 1975; o período mais intenso de aquisições foi a primeira metade dos anos 70, se bem que a quantidade de tornos adquiridos no início dos anos 60 fosse significativa, embora tratasse de tornos de valor unitário um pouco inferior ao dos comprados nos anos 70. O equipamento mais sofisticado é um torno automático monofuso comprado em 1980. Existe um torno de fabricação própria nesta seção, incorporado em 1974 (Ver Tabela(37)).

É uma seção com equipamento melhor que a anterior embora se perceba a existência de algumas máquinas de pequeno porte (em geral adquiridas na primeira metade dos anos 60).

TABELA 37

QUANTIDADE DE EQUIPAMENTO DA SEÇÃO DE TORNOS GRANDES,
POR PERÍODO DE AQUISIÇÃO, EXISTENTES EM UMA FIRMA
BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980 (em unidades)

| Período Equipamento | 60 - 65 | 65 - 70 | 70 - 75 | 75 - 80 | TOTAL |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Torno Mecânico | 11 | 3 | 13 | 1 | 28 |
| Torno Paralelo | | | 6 | | 6 |
| Outros | | | 4 | 2 | 6 |
| Total | 11 | 3 | 23 | 3 | 40 |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

d. Seções de Fresadoras de Engrenagens e Fresadoras de Usi
 nagem

A seção de Engrenagem produz peças mais elaboradas (engrenagens, roscas sem fim, etc.) que requerem, para a sua feitura, máquinas mais sofisticadas. Tanto assim que lá existem onze máquinas importadas sendo que quase metade (exatamente as mais caras e sofisticadas tais como Caseadoras de Engrenagens, Testadoras de Engrenagens, Dentadora de Engrenagens e Afiadora de Ferramentas) foram adquiridas nos últimos cinco anos. (Ver Tabela (38)).

As fresadoras de fabricação própria são apenas cinco. Interessante observar que, apesar de as fresadoras terem sido lançadas apenas em 1966, já havia uma em uso em 1965, o que é uma indicação de que as máquinas são testadas dentro da firma antes de serem lançadas no mercado.

TABELA 38

QUANTIDADE DE EQUIPAMENTO NA SEÇÃO DE FRESADORAS DE ENGRE-
NAGENS, POR PERÍODO DE AQUISIÇÃO, EXISTENTE NUMA FIRMA BRA-
SILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980 (em unidades)

| Período | 60 - 65 | 65 - 70 | 70 - 75 | 75 - 80 | TOTAL |
|---------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Equipamento | | | | | |
| Maq. Diversas | - | 2 | 4 | 5 | 11 |
| Importadas | | | | | |
| Fresadoras | 1 | - | 4 | - | 5 |
| Próprias | | | | | |
| Total | 1 | 2 | 8 | 5 | 16 |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

Na seção de fresadoras de usinagem, que produz peças não tão sofisticadas como a seção de engrenagens, as máquinas de fabricação própria são em maior número e quase todas adquiridas entre 1970 e 1975. No último período não compraram máquinas de terceiros para esta seção e foram incorporadas apenas duas fresadoras de fabricação própria. As fresadoras desta seção são de porte maior que as da seção de engrenagens e em geral fazem a usinagem "grossa" em ferro fundido (V. tabela (39)).

Estas duas seções (Fresadoras de Engrenagens e de Usinagem) formavam uma única que foi desmembrada na década de 70 quando da compra das máquinas importadas de maior precisão. A desagregação das seções reflete o fato de que com o crescimento da escala de operações ocorreu uma maior especialização de atividades, que deve ter tido efeito sobre a produtividade da firma, embora não haja elementos para a sua quantificação a nível de seção.

TABELA 39

QUANTIDADE DE EQUIPAMENTO NA SEÇÃO DE FRESADORAS DE USINAGEM,
POR PERÍODO DE AQUISIÇÃO, EXISTENTES NUMA FIRMA BRASILEIRA
DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980 (em unidades)

| Período Equipamento | 60 - 65 | 65 - 70 | 70 - 75 | 75 - 80 | TOTAL |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Fresad. Univer sais Compradas | 3 | | 3 | | 6 |
| Fresad. Próprias | 1 | | 10 | 2 | 13 |
| Outras Máquinas | 1 | | 2 | | 3 |
| Total | 5 | | 15 | 2 | 22 |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

e. Máquinas que trabalham em ambiente com controle de temperatura

Existem quatro seções que estão localizadas em ambientes com ar condicionado: Ferramentaria, Controle de Qualidade, Mandriladoras e Máquinas Operatrizes Especiais. Dessas, as duas primeiras são as seções com máquinas mais caras e sofisticadas da firma. Até há pouco tempo constituíam uma única seção que com o seu crescimento, foi desmembrada em duas.

A ferramentaria, além de consertar as ferramentas que são utilizadas na firma, faz alguns dispositivos para usinagem e moldes para a fundição, possui 19 máquinas, todas elas incorporadas na década de 70, sendo a maioria de fabricação própria (tornos, plainas, furadeiras e fresadoras universais); junto a ela funciona uma seção de afiação para as ferramentas que se desgastam com o uso. A seção de controle de qualidade serve basicamente para averiguar a qualidade do fundido, não se dispondo de controle de qualidade sistemático para o produto final.

A seção de Mandriladoras constitui-se de seis mandriladoras, quatro Fresadoras e um Centro de Usinagem todos importados; a máquina mais cara é uma Mandriladora Horizontal de Coordenadas suíça, marca Dixi, comprada em 1980 cujo valor é igual à soma dos valores de todas as outras máquinas dessa seção(e todas são caras e importadas); estas máquinas são recentes, adquiridas de 1975 em diante.

Já a seção de Máquinas Especiais possui máquinas compradas ao longo de toda a década de 70 e é composta de seis Fresadoras(sendo duas Fresadoras Ferramenteiras de produção própria), uma Mandriladora, duas Retificadoras de Rosca¹ e duas Máquinas de Usinagem por eletro-erosão (todas importadas).

A primeira retificadora de rosca foi comprada em 1975 e, antes disso, as roscas não eram retificadas. A qualidade da rosca retificada é muito superior à da rosca que não passou por este processo. O trabalho principal das duas retificadoras de rosca desta seção é a usinagem das ferramentas de corte.

f. Seções de Retificadoras

Existem duas seções de retificadoras na firma. A primeira é a seção de retificadoras planas, na qual existem nove retificadoras planas, uma tangencial, uma máquina especial para alívio de tensão e uma plaina de mesa fresadora (importada da Alemanha). Com exceção das duas últimas, que foram compradas em 1978 e 1979 respectivamente, todas as outras máquinas foram adquiridas entre 1965 e 1975 (a maior parte na primeira metade da década de 70).

A seção de retificadoras universais é composta de 33 máquinas, a maioria das quais são retificadoras cilíndricas, como mostra a tabela (40). As máquinas mais caras são as retificadoras de engrenagens e a maior parte das retificadoras compradas na segunda metade da década de 70 (entre as quais se destacam

1. A retífica de rosca da firma é um dos seus pontos altos, de acordo com a opinião de um engenheiro do IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Note-se que com a aquisição desse equipamento houve uma melhora na qualidade do produto da firma, mesmo para os modelos menos sofisticados, e este é outro exemplo de muitas das "pequenas" inovações tecnológicas que ocorreram na firma.

três retificadoras universais, duas retificadoras cilíndricas, uma retificadora de internos e uma retificadora de centros) são importadas.

As seções de retificadoras estão desbalanceadas com relação às outras seções da firma, pois têm de executar tanto a retífica das máquinas quanto a das ferramentas de corte; além disso, fazem às vezes a retífica dos motores das máquinas que a firma vende, quando eles sofrem grande desgaste pelo uso. Por estes motivos, no futuro é provável que as seções de retificadoras passem por uma nova divisão: retificadoras para as máquinas e retificadoras para as ferramentas.

TABELA 40

QUANTIDADE DE EQUIPAMENTO DA SEÇÃO DE RETIFICADORAS UNIVERSAIS, POR PERÍODO DE AQUISIÇÃO, EXISTENTE NUMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980 (em unidades)

| Período Equipamento | 60 - 65 | 65 - 70 | 70 - 75 | 75 - 80 | TOTAL |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Retificadoras Cilíndricas | 1 | 3 | 13 | 4 | 21 |
| Retificadoras Universais | - | - | 1 | 4 | 5 |
| Retificadoras de Engrenagens | - | - | 2 | 1 | 3 |
| Outras | - | 1 | 1 | 2 | 4 |
| Total | 1 | 4 | 17 | 11 | 33 |

FONTE: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

g. Seção de Tratamento Térmico (Cementação)

Esta seção foi montada na década de 70 e recebeu um forte impulso quando a firma passou a produzir terramentas de corte em larga escala por volta de 1977; antes disso, muitas peças eram cementadas fora da firma, principalmente as ferramentas de corte o que representa um exemplo da política de integração vertical da firma. Os equipamentos mais caros são os fornos, em especial o forno elétrico adquirido em 1974 e o forno de revenimento comprado em 1977; não são porém equipamentos muito sofisticados quando comparados com os das outras seções, mas são bastante sofisticados quando comparados com o equipamento existente em firmas de porte médio que prestam serviços de tratamento térmico. O tratamento térmico representa uma melhora nítida do produto final e pode ser mais bem controlado quando feito internamente (V. tabela (41)).

TABELA 41

QUANTIDADE DE EQUIPAMENTO DA SEÇÃO DE TRATAMENTO TÉRMICO,
POR PERÍODO DE AQUISIÇÃO, EXISTENTE NUMA FIRMA BRASILEIRA
DE MÁQUINAS FERRAMENTAS EM 1980 (em unidades)

| Período Equipamento | 60 - 65 | 65 - 70 | 70 - 75 | 75 - 80 | TOTAL |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Fornos | 1 | | 2 | 1 | 4 |
| Máquinas de Limpeza | | | 2 | | 2 |
| Outros | | | 1 | | 1 |

FONTE: Tabulação própria sobre os dados fornecidos pela firma.

V. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho pretendeu descrever a história de uma firma brasileira produtora de máquinas ferramentas para trabalhar metais sob a ótica da inovação tecnológica ocorrida ao longo de sua existência. Constatou-se que houve efetivamente inovação tecnológica na firma de acordo com a definição dada na Introdução, tanto a nível de produto quanto a nível de processo produtivo, paralelamente ao crescimento da sua produção, nível de emprego e estoque de capital, os quais serviram como indicadores do desempenho global da firma. Foi possível localizar-se, com base nestes indicadores, etapas históricas que serviram como referenciais para a análise da inovação tecnológica. As datas e etapas históricas mais importantes podem ser resumidas na seguinte cronologia:

- i. 1943: Fundação da firma como oficina mecânica
- ii. 1954: Ingresso no setor de máquinas ferramentas
- iii. 1958 a 1963: Consolidação da firma como uma das principais produtoras de tornos do país
- iv. 1963 a 1969: Etapa de crise de demanda que forçou a firma a buscar mercados externos e diversificar a produção
- v. 1969 a 1974: Novos estímulos de demanda possibilitaram um excelente desenvolvimento da produção. Foi a melhor fase da firma, que começou a utilizar, em grande escala, os seus próprios produtos como bens de capital e a importar máquinas ferramentas sofisticadas.

APENDICE

METODOLOGIA UTILIZADA PARA MEDIR A PRODUÇÃO, OS FATORES PRODUTIVOS E A PRODUTIVIDADE DO TRABALHO

A. Produção

O indicador da produção da firma utilizada no presente estudo de caso foi construído com base nos pesos dos vários modelos de máquinas ferramentas ponderados pelos seus respectivos preços por kilo. Desta forma, tentou-se vincular o indicador de produção à inovação tecnológica ocorrida na firma, pois, como se viu no capítulo (III), existe uma correlação positiva entre o peso, o preço, o preço por kilo e a "complexidade tecnológica" das máquinas ferramentas que ela produz.

Informações sobre o faturamento total encontravam-se disponíveis e com base nelas e uma estimativa dos gastos com matérias primas foi possível construir um índice de valor agregado. No entanto, este índice não foi utilizado para descrever o desempenho global de firma por causa do viés introduzido pelos períodos de altas taxas de inflação, tais como a primeira metade da década de 60 e a segunda metade da década de 70, embora seja um índice tradicionalmente usado para este mister.

Far-se-á agora, em primeiro lugar, a descrição de todos os passos seguidos para a obtenção do indicador de produção e, em seguida, a comparação das séries de produção e de valor agregado para evidenciar as diferenças existentes entre elas.

1. O Cálculo da Série de Produção

Os dados primários disponíveis eram a série anual de unidades produzidas por cada tipo de máquina en-

tre 1958 e 1980 (tabela (43)); o peso de cada máquina (tabela (28) do capítulo III) e listas dos preços de 1971 a 1980 para diversos modelos. Com base nestas informações, calculou-se a produção anual em peso multiplicando-se o número de máquinas produzidas em cada ano para cada modelo pelo seu peso, agregando-se os dados em termos das "famílias" de tornos, furadeiras, fresadoras e plainas e finalmente somou-se a produção em peso de todas as "famílias" para se chegar ao índice de peso total, conforme mostra a tabela (44).

Como esta medida baseada apenas no peso das máquinas apresentava um viés (pois um kilo de torno não tem o mesmo valor de um quilo de furadeira, por exemplo) foi feita uma ponderação da produção em peso pelos preços por kilo de cada máquina, os quais se encontram na tabela (28) do cap. (III). Esta ponderação serviu para tornar mais homogênea a série de produção em peso e deveria refletir a estrutura de preços relativos das máquinas, se esta fosse constante ao longo do tempo. Mas os dados disponíveis mostravam que esta estrutura sofreu grandes variações entre 1971 e 1980 e por isso utilizou-se, como estrutura de preços relativos, a média dos preços reais prevalecentes naquele período (V. tabela (28) do cap. III). Para deflacionar os preços foi utilizado o Índice de Preços de Máquinas e Equipamentos Industriais da Fundação Getúlio Vargas (V. a revista Conjuntura Econômica, Fundação Getúlio Vargas, vários números).

A tabela (45) fornece as séries de peso ponderado pelo preço/Kg para as "famílias" de máquinas bem como a sua soma, mostrada na última coluna da tabela. Esta série de produção sofreu uma correção nos anos de 1976 a 1980 pois nesta época as vendas de outros produtos que não máquinas fer

ramentas (principalmente ferramentas de corte e armários de aço) passaram a ser relevantes, diminuindo a participação das vendas de máquinas ferramentas no total do faturamento. A tabela (42) mostra qual era esta participação nos anos citados.

TABELA 42
PARTICIPAÇÃO DAS VENDAS DE MÁQUINAS FERRAMENTAS NO TOTAL
DO FATURAMENTO DE UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FER-
RAMENTAS (em %) - 1976-1980

| Ano | Participação |
|------|--------------|
| 1976 | 79,6 |
| 1977 | 72,0 |
| 1978 | 80,9 |
| 1979 | 77,0 |
| 1980 | 77,4 |

FONTE: Dados fornecidos pela firma

Desse modo, a série de produção, ficou a seguinte:

i. De 1958 a 1975 (inclusive) é o peso ponderado das máquinas ferramentas produzidas.

ii. De 1976 (inclusive) a 1980 é o peso ponderado corrigido =

$$\frac{\text{Peso Ponderado}}{\% \text{ das vendas de máquinas Ferr.no total do faturamento}} \times 100$$

Esta é a série de produção que se encontra na tabela (19).

2. As séries de Produção e de valor agregado

Os dados sobre faturamento eram disponíveis desde 1949 e conseguiu-se uma única estimativa dos gastos com matérias primas para o ano de 1968, com base em informações de balanço, da ordem de 25% do faturamento. Assim, uma estimativa da série do valor agregado foi calculado tomando-se 75% do faturamento real (Deflacionado pelo Índice de Mâ-

TABELA 43

PRODUÇÃO EM UNIDADES EM UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS
FERRAMENTAS, 1958-1980

| Ano | Tornos | Furadeiras | Fresadoras | Plainas | Total |
|------|--------|------------|------------|---------|---------|
| 1958 | 100,0 | | | | 100,0 |
| 59 | 133,3 | | | | 133,3 |
| 1960 | 200,0 | | | 100,0 | 223,3 |
| 61 | 198,0 | | | 91,4 | 219,3 |
| 62 | 251,3 | | | 214,3 | 301,3 |
| 63 | 400,0 | | | 257,1 | 460,0 |
| 64 | 287,7 | | | 342,9* | 367,7 |
| 65 | 333,3 | | | 285,7 | 400,0 |
| 66 | 306,7 | 100,0 | 100,0 | 305,7 | 393,0 |
| 67 | 318,7 | 120,0 | 120,0 | 311,4 | 409,3 |
| 68 | 307,0 | 243,3 | 253,3 | 227,1 | 397,0 |
| 69 | 290,3 | 333,3 | 166,7 | 207,1 | 380,3 |
| 1970 | 377,0 | 1.563,3 | 86,7 | 250,0 | 596,0 |
| 71 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 72 | 425,3 | 4.256,7 | 413,3 | 425,7 | 971,0 |
| 73 | 522,0 | 5.750,0 | 946,7 | 728,6 | 1.314,3 |
| 74 | 568,3 | 7.103,3 | 1.160,0 | 804,3 | 1.524,3 |
| 75 | 221,0 | 5.256,7 | 686,7 | 574,3 | 915,0 |
| 76 | 228,3 | 4.956,7 | 1.486,7 | 477,1 | 909,7 |
| 77 | 152,3 | 2.936,7 | 873,3 | 447,1 | 594,0 |
| 78 | 207,0 | 2.696,7 | 1.046,7 | 254,3 | 588,3 |
| 79 | 245,0 | 3.306,7 | 686,7 | 422,9 | 708,7 |
| 1980 | 265,7 | 3.686,7 | 766,7 | 428,6 | 772,7 |

Fonte: Dados fornecidos pela firma

... Dado não disponível

* Estimativa feita pela firma

TABELA 44

**PRODUÇÃO EM PESO EM UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS
FERRAMENTAS, 1958-1980**

| Ano | Tornos | Furadeiras | Fresadoras | Plainas | Total |
|------|--------|------------|------------|---------|---------|
| 1958 | 100,0 | | | | 100,0 |
| 1959 | 133,3 | | | | 133,3 |
| 1960 | 200,0 | | | 100,0 | 249,3 |
| 61 | 198,0 | | | 91,4 | 243,0 |
| 62 | 251,3 | | | 214,3 | 356,9 |
| 63 | 400,0 | | | 257,1 | 526,7 |
| 64 | 287,7 | | | 342,9 * | 456,6 |
| 65 | 333,3 | | | 285,7 | 474,1 |
| 66 | 298,9 | 100,0 | 100,0 | 305,7 | 494,0 |
| 67 | 310,0 | 120,0 | 120,0 | 311,4 | 516,8 |
| 68 | 300,6 | 243,3 | 253,3 | 227,1 | 524,4 |
| 69 | 285,5 | 364,3 | 166,7 | 207,1 | 476,2 |
| 1970 | 372,7 | 1.903,4 | 86,7 | 250,0 | 668,9 |
| 71 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 72 | 420,9 | 6.748,0 | 413,3 | 425,7 | 1.283,5 |
| 73 | 517,4 | 10.453,2 | 946,7 | 728,6 | 2.001,2 |
| 74 | 566,2 | 13.752,1 | 1.160,0 | 804,3 | 2.410,7 |
| 75 | 258,7 | 10.698,8 | 686,7 | 574,3 | 1.588,4 |
| 76 | 397,2 | 10.713,0 | 1.486,7 | 477,1 | 1.976,4 |
| 77 | 260,3 | 6.116,7 | 873,3 | 447,1 | 1.257,1 |
| 78 | 332,9 | 6.330,0 | 1.060,0 | 254,3 | 1.319,7 |
| 79 | 433,0 | 7.054,3 | 726,7 | 422,9 | 1.433,0 |
| 1980 | 495,1 | 8.337,3 | 834,7 | 428,6 | 1.633,3 |

Fonte: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma

... Dado não disponível

* Estimativa feita a partir da tabela (43).

TABELA 45
PRODUÇÃO EM PESO PONDERADO EM UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁ-
QUINAS FERRAMENTAS, 1958-1980

| Ano | Tornos | Furadeiras | Fresadoras | Plainas | Total |
|------|--------|------------|------------|---------|---------|
| 1958 | 100,0 | | | | 100,0 |
| 59 | 133,3 | | | | 133,3 |
| 1960 | 200,0 | | | 100,0 | 226,0 |
| 61 | 198,0 | | | 91,4 | 221,7 |
| 62 | 251,3 | | | 214,3 | 307,0 |
| 63 | 400,0 | | | 257,1 | 466,8 |
| 64 | 287,7 | | | 342,9* | 376,7 |
| 65 | 333,3 | | | 285,7 | 407,5 |
| 66 | 260,4 | 100,0 | 100,0 | 305,7 | 371,7 |
| 67 | 268,1 | 120,0 | 120,0 | 311,4 | 387,4 |
| 68 | 268,6 | 243,4 | 253,3 | 227,1 | 408,0 |
| 69 | 261,7 | 269,6 | 166,7 | 207,1 | 374,7 |
| 1970 | 352,2 | 1.300,4 | 86,7 | 250,0 | 514,2 |
| 71 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 72 | 399,4 | 4.876,0 | 413,3 | 425,7 | 897,3 |
| 73 | 495,0 | 7.930,7 | 946,7 | 728,5 | 1.386,3 |
| 74 | 555,9 | 11.170,1 | 1.160,0 | 804,3 | 1.708,1 |
| 75 | 239,0 | 9.107,6 | 686,7 | 574,3 | 1.089,2 |
| 76 | 308,9 | 9.737,6 | 1.486,7 | 477,1 | 1.380,0 |
| 77 | 203,8 | 6.586,4 | 873,3 | 447,1 | 925,9 |
| 78 | 267,1 | 6.867,4 | 1.178,9 | 254,3 | 1.035,4 |
| 79 | 334,7 | 7.879,8 | 1.083,3 | 422,8 | 1.179,6 |
| 1980 | 375,3 | 9.148,1 | 1.443,2 | 428,6 | 1.388,7 |

Fonte: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma. Para a definição de Peso Ponderado vide o texto do apêndice.

... Dado não disponível.

* Dado estimado a partir da tabela (43).

TABELA 46
SÉRIES DE VALOR AGREGADO, PRODUÇÃO EM UNIDADES, PRODUÇÃO EM
PESO E PRODUÇÃO EM PESO PONDERADO CORRIGIDO EM UMA FIRMA
BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS, 1949-1980

| Anos | Valor Agregado | Produção em Unidades | Produção em Peso | Produção em Peso Ponderado Corrigido |
|------|----------------|----------------------|------------------|--------------------------------------|
| 1949 | 2,1 | | | |
| 1950 | 3,6 | | | |
| 1951 | 3,5 | | | |
| 1952 | 3,6 | | | |
| 1953 | 5,1 | | | |
| 1954 | 8,8 | | | |
| 1955 | 13,3 | | | |
| 56 | 28,9 | | | |
| 57 | 42,3 | | | |
| 58 | 57,6 | 21,7 | 19,0 | 21,4 |
| 59 | 49,1 | 29,0 | 25,3 | 28,6 |
| 1960 | 83,2 | 48,6 | 47,3 | 48,4 |
| 61 | 95,1 | 47,7 | 46,1 | 47,5 |
| 62 | 107,3 | 65,5 | 67,8 | 65,8 |
| 63 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| 64 | 109,2 | 79,9 | 86,7 | 80,7 |
| 65 | 72,3 | 87,0 | 90,0 | 87,3 |
| 66 | 109,4 | 85,4 | 93,8 | 79,6 |
| 67 | 154,3 | 89,0 | 98,1 | 83,0 |
| 68 | 176,0 | 86,3 | 99,6 | 87,4 |
| 69 | 167,8 | 82,7 | 90,4 | 80,3 |
| 1970 | 228,4 | 129,6 | 127,0 | 110,2 |
| 71 | 321,6 | ... | ... | 145,5* |
| 72 | 480,9 | 211,1 | 243,7 | 192,2 |
| 73 | 802,3 | 285,7 | 380,0 | 297,0 |
| 74 | 1.160,6 | 331,4 | 457,7 | 365,9 |
| 75 | 1.007,2 | 198,9 | 301,6 | 233,4 |
| 76 | 1.212,6 | 197,8 | 375,3 | 371,6 |
| 77 | 790,4 | 129,9 | 238,7 | 275,6 |
| 78 | 1.107,1 | 127,9 | 250,6 | 274,3 |
| 79 | 1.542,2 | 154,1 | 272,1 | 328,4 |
| 1980 | 1.756,2 | 168,0 | 310,1 | 384,2 |

Fonte: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

* Estimado por interpolação geométrica dos anos 1970 e 1972.

... Dado não disponível.

quinas e Equipamentos Industriais já citado), a qual se encontra na tabela (46), juntamente com as séries de produção em unidades, produção em peso e produção em peso ponderado corrigido. Percebe-se que a série de valor agregado superestima o crescimento da produção física, principalmente na década de 70, quando as taxas de crescimento dos preços de Máquinas e Equipamentos foram altas e, além disso, os preços dos produtos da firma cresceram acima dos preços do setor, como mostra a tabela (47).

8. Capital

O indicador de capital utilizado foi o estoque de Capital Fixo Instalado, construído a partir de informações, sobre os investimentos realizados em 1. Edifícios e Instalações; 2. Máquinas e Equipamentos; 3. Móveis e Utensílios e 4. Veículos obtidas nos balanços da firma. A metodologia usada em cada caso é descrita a seguir.

1. Edifícios e Instalações

Os dados sobre investimentos anuais em termos nominais começaram a aparecer nos balanços em 1957 (antes disso eram praticamente insignificantes) e por isso o valor encontrado neste ano foi tomado como estoque inicial. Estes dados foram deflacionados pelo Índice Geral de Preços publicado na revista Conjuntura Econômica da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, vários números.¹ Com os dados deflacionados, calculou-se o estoque de capital em Edifícios e Instalações com base na seguinte fórmula.²

$$k_t = k_{t-1} \cdot (1-d) + I_t \quad (1)$$

(1) Este índice é o da coluna 2 dos Índices Econômicos Nacionais que aquela revista publica.

(2) Metodologia sugerida por KATZ, J. et al., op. cit., p. 75.

TABELA 47

ÍNDICES DE PREÇOS DO SETOR DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS
E DE UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS, 1971-1980

| Anos | Setor (a) | Firma (b) |
|------|-----------|-----------|
| 1971 | 100,0 | 100,0 |
| 1972 | 116,1 | 114,5 |
| 1973 | 132,3 | 168,2 |
| 1974 | 163,1 | 258,8 |
| 1975 | 211,1 | 384,1 |
| 1976 | 299,9 | 639,2 |
| 1977 | 449,5 | 1.003,5 |
| 1978 | 596,6 | 1.419,6 |
| 1979 | 861,7 | 2.958,1 |
| 1980 | 1.685,3 | 6.074,2 |

Fonte: a. Conjuntura Econômica da Fundação Getúlio Vargas

b. Índice Paasche base móvel encadeada. Os produtos e modelos com preços disponíveis variavam de ano para ano, mas em geral foram utilizados os preços dos tornos TMB - 230 e TM - 280, das furadeiras FB-10, FB-25, FC-25, FC-35 e FF-20, das fresadoras FU-1, FUR-1 e da plaina PL-400.

te em 31 de dezembro de cada ano entre 1963 e 1980. Com base nestes dados, foi construída a série de Emprego que aparece na tabela (49). Dividindo-se a produção, medida de acordo com a metodologia descrita no item 1 da seção A deste Apêndice, pelo número de operários, obteve-se a produtividade do trabalho conforme mostra a tabela (49). A última coluna desta tabela mostra também a produtividade do trabalho calculada com base no valor agregado e é flagrante a diferença existente entre as duas, ou seja, como o valor agregado superestima o crescimento da produção da firma, fica também superestimada a produtividade da mão-de-obra quando calculada usando-se aquele indicador.

Por outro lado, a série de produtividade física da mão-de-obra também possui um viés, que é dado pela existência de uma número (que infelizmente não se pôde precisar) de operários que não estão ligados à produção e sim a serviços de construção civil (pedreiros, carpinteiros, etc.). Estes operários são em parte mão-de-obra específica, i.e., contratada apenas para tais serviços, e em parte são operários que trabalham regularmente em alguma seção da fábrica, mas que, por motivos conjunturais, não estão sendo utilizados. É uma forma de utilizar a mão-de-obra ociosa da firma.

Finalmente, uma crítica importante que pode ser feita à série de mão-de-obra é que ela baseou-se no número de trabalhadores e não no número de horas trabalhadas, que indicaria com maior precisão a evolução da mão-de-obra empregada, podendo-se ver inclusive a divisão entre horas normais e horas extras. Infelizmente, tais dados não eram disponíveis.

TABELA 49

**NÚMERO DE PESSOAS EMPREGADAS E PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA EM
UMA FIRMA BRASILEIRA DE MÁQUINAS FERRAMENTAS, 1963-1980**

| Ano | Pessoas Empregadas em 31/12 | Produtividade do Trabalho (a) | Produtividade do Trabalho(b) |
|------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1963 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| 64 | 105,0 | 76,9 | 105,0 |
| 65 | 106,7 | 81,8 | 106,7 |
| 66 | 145,8 | 54,6 | 145,9 |
| 67 | 92,5 | 89,7 | 92,5 |
| 68 | 96,7 | 90,4 | 96,7 |
| 69 | 115,8 | 69,3 | 115,9 |
| 1970 | 134,2 | 82,1 | 134,2 |
| 71 | 168,3 | 57,9 | 168,4 |
| 72 | 225,8 | 85,1 | 225,9 |
| 73 | 360,8 | 82,3 | 361,0 |
| 74 | 464,2 | 78,8 | 464,4 |
| 75 | 303,3 | 77,0 | 303,5 |
| 76 | 359,2 | 103,5 | 359,3 |
| 77 | 265,0 | 104,0 | 265,1 |
| 78 | 320,0 | 85,7 | 320,2 |
| 79 | 393,3 | 83,5 | 393,5 |
| 1980 | 454,2 | 84,6 | 454,3 |

Fonte: Tabulação própria sobre dados fornecidos pela firma.

(a) Calculada com base na produção medida em peso ponderado corrigido. V. o texto do apêndice.

(b) Calculada com base na produção medida pelo valor agregado. V. o texto do apêndice.

12. FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Conjuntura Econômica. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas.
13. GERLING, Heinrich. Al Rededor de Las Maquinas Herramientas. Ed. Reverté, 1964.
14. GRILICHES, Zvi. "Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change". In: GRILICHES, Zvi. Price Indexes and Quality Change. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971.
15. HOFSTEN, Erland von. Price and Quality Changes. Londres, George Allen & Unwin, 1952.
16. INTERNATIONAL MONETARY FUND. International Financial Statistics. EUA, IMF.
17. KATZ, Jorge. Cambio Tecnológico, Desarrollo Económico y las Relaciones Intra y Extra Regionales de la América Latina. Programa de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Monografía de Trabalho nº 30. Argentina, BID/CEPAL/PNUD/CIID, 1980.
18. KATZ, Jorge. Domestic Technology Generation in LDCs: A Review of Research Findings. Working Paper nº 35, IDB/ECLA Research Programme in Science and Technology. Buenos Aires, ECLA Office, 1980.
19. KATZ, Jorge; NAVAJAS, Fernando; CASTAÑO, Angel. Etapas Históricas y Conductas Tecnológicas en una Planta Argentina de Maquinas Herramientas. Programa de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina, Monografía de Trabalho nº 38. Argentina, BID/CEPAL/PNUD/CIID, 1981.
20. KNIBBS, G.H. Prices, Price Indexes and Cost of Living in Australia. Melbourne, Commonwealth Bureau of Census and Statistics, 1912.
21. LIPSEY, R.G. & STEINER, P.O. Economics. 2a.ed., USA, Harper & Row, 1969.

22. MAGALHÃES, Emanuel Silva. A Evolução da Indústria de Máquinas-Ferramenta no Brasil. Tese de Mestrado apresentada na Universidade de Brasília. Brasília, mimeo., 1976.
23. MÁQUINAS E FERRAMENTAS. São Paulo, Ed. Novo Grupo.
24. MÁQUINAS E METAIS. São Paulo, Ed. Abril.
25. MERRYL, R.S. "The Study of Technology". In: International Encyclopedia of Social Sciences, vol. 15, p. 576-86. EUA, MacMillan Company & The Free Press, 1968.
26. ROSENBERG, Nathan. "Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840-1910". In: Journal of Economic History. EUA, Economic History Association of North Carolina State University, dezembro de 1963.
27. SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo. Diretoria de Estatística, Indústria e Comércio. Estatística Industrial do Estado de São Paulo-1936. São Paulo, Ed. Freire, 1938.
28. SIMESP- Sindicato da Indústria de Máquinas do Estado de São Paulo. ABIMAQ- Associação Brasileira da Indústria de Máquinas. Máquinas Ferramentas Brasileiras. São Paulo, Simesp-Abimaq, (1980).
29. SUZIGAN, Wilson. "A Política Industrial no Brasil". In: SUZIGAN, Wilson, ed. Indústria: Política, Instituições e Desenvolvimento, série monográfica vol. 28. Rio de Janeiro, IPEA, 1978.
30. TEITEL, Simon. "Tecnología, Empresa e Información". El Trimestre Económico, vol. 45(2). México, Fondo de Cultura Económica, abril-junho de 1978.
31. TYLER, Willian. Política Comercial e Industrial no Brasil: Uma Análise sob a Ótica de Proteção Efetiva para Vendas no Mercado Doméstico, Texto para Discussão Interna nº 35. Rio de Janeiro, IPEA-INPES, 1981.

2

3

2

3

2

3

41

42

43

44

45

46

