

MARCOS DANTAS

O crime de Prometeu

*Como o Brasil
obteve a tecnologia
da informática*



abicompo

*A Thomaz e Lucas,
herdeiros, espero,
de um Brasil mais livre.*

O que nos enerva nessa espécie de instruções é que elas pressupõem que só existe uma maneira de montar a churrasqueira: a deles. E isso anula toda a criatividade. Na verdade, há centenas de modos de se montar uma churrasqueira e quando eles fazem a gente seguir apenas um, sem mostrar o problema por inteiro, torna-se difícil seguir as instruções sem erro. Perde-se o gosto pelo trabalho. Além disso, é bem provável que o modo deles não seja o melhor.

(Robert M. Pirsig, Zen e a arte da manutenção de motocicletas)

Índice

Prefácio	5
Apresentação	6
1. Um atraso de três décadas	8
2. Quando o mercado fala	10
3. Bits e Bytes	17
4. Os pioneiros	33
5. Os controvertidos micros	40
6. Produto: o desenho	47
7. Assunto dominado	51
8. Saber fazer	58
9. Mais uma vez o mundo...	67

Ilustração da capa: Suplício de Prometeu. Decoração de uma taça em estilo cirenaico, existente no Museu do Louvre. Fonte: Enciclopédia Delta Larousse. Na roupa do personagem, foi aplicado um detalhe de projeto de placa de circuito impresso da EBC.

Prefácio

O presente trabalho, realizado pelo jornalista Marcos Dantas, é muito mais do que uma reportagem. Trata-se, de fato, de uma investigação sobre o ambiente de pesquisa e desenvolvimento nas indústrias nacionais de informática.

Como funciona essa indústria, quais os desafios tecnológicos que enfrentou e venceu, como são organizadas as atividades de produção tecnológica nas empresas, eis algumas das perguntas que o autor procurou responder. Ao esquadrihar minuciosamente as atividades de desenvolvimento tecnológico empreendidas pelas empresas nacionais, Marcos Dantas recolheu informações preciosas sobre o nascimento de muitas empresas e produtos hoje conhecidos do público, identificando engenheiros e projetistas brasileiros que lhes deram vida.

Ao tomar os resultados obtidos pelo Brasil com a Política Nacional de Informática e confrontá-los com de outros países em estágio de desenvolvimento semelhante (México, Argentina, Coréia), o autor elaborou um quadro interpretativo que merece atenta reflexão de todos.

Arthur Pereira Nunes
Diretor Executivo

ABICOMP
Associação Brasileira
da Indústria de
Computadores e Periféricos

Setembro, 1989

Apresentação

Acostumamo-nos a ouvir dizer que os anos 80 foram uma década perdida. E foram. Econômica e socialmente, o Brasil estagnou e até caminhou para trás. Entretanto, neste mesmo período, nosso país reconstruiu sua democracia e escreveu uma nova Constituição – isto foi um avanço. Outro avanço – e grande – conquistamos no campo tecnológico, mais precisamente, na informática.

A muitos, esta afirmação soará no mínimo estranha pois também nos acostumamos a ouvir dizer que a Política Nacional de Informática atrasou tecnologicamente o Brasil e até responde por parte daquele atraso geral. A opinião pública habituou-se aos comentários poucos lisonjeiros sobre os computadores nacionais, acreditou nas acusações de defasagem tecnológica, suspeita que interesses minoritários e obscuros sustentam a PNI. Os erros – quem não erra? – são imediatamente alardeados à exacração pública. Os acertos porém – tantos! – são omitidos e permanecem desconhecidos de larga parcela da sociedade brasileira.

Montou-se uma estratégia de desinformação e mistificação. Confunde-se deliberadamente Política Nacional de Informática com mera reserva de mercado para microcomputadores. Reivindica-se "modernização" sem verdadeira capacitação tecnológica. Culpa-se a "xenofobia" pela fuga dos capitais estrangeiros, quando os capitais estrangeiros se vão porque buscam recursos humanos qualificados, de nada mais lhes servindo a nossa mão-de-obra analfabeta e miserável. Amesquinha-se de tal forma o debate que decisões cruciais para a coerência da política industrial setorial deixam de ser tomadas no terreno mais amplo das políticas industriais globais, tecnológicas e – muito importante – educacionais: só dificultando ou impedindo à nossa sociedade conquistas maiores que as obtidas da "reserva de mercado".

No Brasil, temos mais de 800 mil microcomputadores – talvez 1 milhão. E cerca de 20 mil supermicros, mínis, supermínis, estações-de-trabalho, "mainframes", comandos numéricos, concentradores e outros tantos tipos de sistemas orientados para aplicações administrativo-financeiras nas médias e grandes empresas, execução das operações bancárias e comerciais, controle de processos industriais, cálculo e desenho de engenharia, apoio à pesquisa científica etc. Noventa e nove por cento é projetado e fabricado por engenheiros, técnicos e operários brasileiros. Dificilmente, outro país em condições sociais e econômicas semelhantes às nossas ostenta indústria de informática tão expressiva – sobretudo, se edificada numa "década perdida". Entretanto, muita gente ignora esta excepcional realização recente da sociedade brasileira, capaz de criar uma indústria de computadores num país de Terceiro Mundo, fato que vem provocando admiração de analistas sérios, até nos Estados Unidos.

Pretendo trazer à luz um pouco dos feitos de nossa indústria de computadores. Para mim que, como jornalista, acompanho essa indústria desde o seu nascedouro, estes feitos deveriam ser mais do que divulgados e conhecidos. Ainda outro dia (18 de junho), o *Jornal do Brasil* publicou reportagem de página

inteira, assinada por Marcos Emílio Gomes, sobre o engenheiro e empresário João Augusto Conrado do Amaral Gurgel que, "depois de quatro décadas sonhando", afinal materializou seu desejo de pôr nas ruas o "único automóvel totalmente projetado e construído no Brasil, dos parafusos ao motor". Gurgel merece e o entusiasmo de Gomes se justifica: 100 anos depois de inventado o primeiro automóvel e 30 anos depois de estarmos a montar carros, afinal um brasileiro supera todas as dificuldades e faz o seu primeiro carro pequeno, embora incorporando a melhor tecnologia moderna. Pois, na informática, andamos muito, muito mais depressa. Esperamos menos de 30 anos - desde que surgiu o primeiro computador comercial no mundo - para fabricarmos nosso primeiro computador inteiramente projetado por engenheiros brasileiros. E, olha, já lá se vai uma década desde esta conquista! Hoje contamos não com um abnegado empresário, mas com centenas deles e milhares de engenheiros projetando e fabricando não um isolado microcomputador, mas computadores de quase todos os tipos e tamanhos e programas da mais alta complexidade. Infelizmente, os veículos de comunicação - único canal de informação acessível ao grande público - omitem sistematicamente nossos avanços na informática. A opinião pública desconhece o trabalho e os desafios enfrentados e vencidos pela engenharia nacional no curto período de uma década, para se aproximar da engenharia mundial neste campo.

Em novembro de 1988, visitei 19 empresas do setor (*). Em cada uma delas, permaneci um dia inteiro, entrevistando dirigentes e técnicos. Às demais, enviei questionários cujas respostas - somadas ao que vi e ouvi - descrevem um padrão de trabalho, envolvendo engenheiros, técnicos e operários, que está indiscutivelmente resultando na capacitação tecnológica de nosso país.

Há quem diga ser uma vantagem do subdesenvolvimento já dispormos, no exterior, de tecnologias prontas e acabadas, às quais só nos basta importar. Quem assim fala, finge não saber que tecnologia custa dinheiro e gera empregos. Graças à Política Nacional de Informática, estamos hoje gerando empregos para nossos engenheiros, técnicos e operários qualificados, pagando salários em nosso país, ao invés de remetermos *royalties* para o exterior.

Não seria possível reportar as atividades dos engenheiros sem entrar em detalhes técnicos. Convido o leitor leigo a também enfrentá-los. Estou convencido de que a maioria das pessoas não diretamente ligada à produção tecnológica desconhece a real natureza desse trabalho. E, não raro, deixa-se levar mais pelos mitos mercadológicos e ideológicos que pela realidade de trabalho e de competição empresarial que a tecnologia encerra. Conhecer melhor os conceitos, os instrumentos, o ambiente da engenharia das empresas é um meio de se vacinar contra as falsidades ideológicas tão difundidas no calor dos debates sobre a informática nacional.

Não pretendo, num trabalho dessa dimensão, estar imune a imprecisões. Nenhuma delas devida às valiosas observações e sugestões de Arthur Pereira Nunes, Claudio Mammana, Edson Fregni e Fernando Calicchio. A Arthur e à gerente-administrativa da Abicomp, Ídia Caldas, também agradeço pela oportunidade que me ofereceram. E a todos os que, nas empresas, pacientemente, subtraíram-se horas de trabalho para saciar a minha curiosidade e a da sociedade brasileira sobre o que faz, afinal, a indústria nacional de informática. Sempre me pergunto, aliás, por que outros ramos da indústria dita "nacional" não são também permanentemente expostos a igual curiosidade...

Marcos Dantas
junho de 1989

(*) As empresas visitadas foram: Cobra Computadores e Sistemas Brasileiros, Conpart Indústria Eletrônica, Digirede Informática, Digitel S.A. Indústria Eletrônica, Edisa Eletrônica Digital, Elebra S.A. Eletrônica Brasileira, Impelco Eletrônica, Itaotec Informática, Labo Eletrônica, Microlab, Microtec Sistemas Indústria e Comércio, Monydata Teleinformática, Multidigit Tecnologia, Parks Informática, Scopus Tecnologia, Sid Informática, Sistema Automação Industrial, TDA Indústria de Produtos Eletrônicos, Vértice Sistemas Integrados.

1 Um atraso de três décadas

Quando, em 1950, no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), os alunos da primeira turma de engenharia eletrônica do Brasil começaram o seu curso, no exterior esta nova ciência e técnica já criara o rádio, a televisão, o computador e o transistor. O primeiro computador totalmente eletrônico, o Eniac, começou a funcionar em 1946, desenvolvido (1) por dois pesquisadores da Universidade da Pennsylvania. Em 1948, os Laboratórios Bell, ligados à American Telephone & Telegraph (AT&T), apresentaram à imprensa os resultados de quase duas décadas de trabalho de três de seus cientistas: uma pequena pecinha de material semicondutor denominada *transistor* que serviria para substituir as grandes e calorentas válvulas a vácuo na amplificação de sinais de baixa potência.

A invenção do transistor, concebido inicialmente para uso nos equipamentos de comunicações, viabilizou a computação, cujas premissas científicas resultaram das pesquisas básicas dos matemáticos Boole, Shanon, Wiener, von Neumann e das pesquisas aplicadas realizadas em universidades norte-americanas e inglesas ao longo dos anos 30 e 40. O alto interesse econômico e empresarial dos computadores também fora percebido pela indústria de material de escritório: a Sperry, a IBM, a NCR, a Olivetti italiana, a Bull francesa, todas elas fabricantes e vendedoras, há mais de 30 anos, de máquinas mecânicas e eletromecânicas de escrever e de calcular. Mas os computadores comerciais a válvula – o primeiro dos quais a Sperry vendeu em 1953 – eram grandes, caros e pouco confiáveis. Em 1958, a Sperry, então líder mundial desse novo ramo de negócio, comercializou o primeiro computador totalmente transistorizado. Ao mesmo tempo, pelo menos 15 países do mundo além dos Estados Unidos, realizavam projetos de computadores e em seis, tais projetos já se haviam transformado nos primeiros computadores comerciais não norte-americanos: na Inglaterra, Alemanha, França, URSS, Japão e Holanda (2).

Somente em 1957, chegou ao Brasil, adquirido pelo Governo do Estado de São Paulo, o primeiro computador visto por estas plagas: um Sperry-Univac a válvula. No ano seguinte, o Presidente Juscelino Kubitscheck criou um programa para incentivar o uso de computadores no país e, através dele, a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) tornou-se a primeira universidade brasileira a possuir e operar um computador (3).

Em 1961, José Ripper e três colegas do curso de engenharia eletrônica do ITA, projetaram e construíram o primeiro computador brasileiro: o *Zezinho*,

(1) O desenvolvimento é um *trabalho* que permite a criação de produtos ou processos novos. Normalmente é realizado em laboratórios, muitos dos quais se localizam dentro das empresas industriais. Os trabalhadores do desenvolvimento são os pesquisadores, os engenheiros projetistas, os técnicos empregados na realização de testes e montagem de protótipos. O produto final do desenvolvimento são rotinas e desenhos que orientarão a fabricação e uso de um produto. Essas rotinas e desenhos formam, no conjunto, a tecnologia. Como se vê, tecnologia é o resultado de um valorizado trabalho. Pelo qual se paga. Tem gente que acha perfeitamente normal pagarmos este trabalho no exterior...

(2) Ver artigo de Ivan da Costa Marques, *Computadores: parte de um caso amplo da sobrevivência e da soberania nacional*, Revista de Administração Pública, vol. 14, out./dez. 1980, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.

(3) A história da informática brasileira está contada em detalhes no livro de Vera Dantas, *Guerrilha tecnológica – a verdadeira história da Política Nacional de Informática*, LTC Editora, Rio de Janeiro, 1988, fonte principal deste capítulo.

totalmente transistorizado. Trabalho escolar, foi um feito histórico mas isolado. Então, os cursos de engenharia eletrônica apenas começavam a ganhar espaço nas universidades brasileiras. Os primeiros engenheiros formados frustravam-se com as ofertas feitas pelo mercado de trabalho: vender máquinas de calcular e computadores importados ou testar rotineiramente componentes nas fábricas de rádio e televisão instaladas no país. Muitos preferiram rumar para o exterior, sobretudo para os Estados Unidos, onde trabalhariam em seus laboratórios e centros de pesquisa contribuindo para a já não pouca capacitação norte-americana na eletrônica e ciência da computação.

Os primeiros esforços mais consistentes para desenvolver e fabricar um computador no Brasil, começaram *tardamente* nos anos 70 quando, só então, surgiram em nosso país os primeiros cursos de pós-graduação em informática. Em 1971, pós-graduandos do Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) da Universidade de São Paulo (USP), orientados pelo professor Glen Jangdon Jr. especificaram e construíram um computador de 8 bits e 4Kb de memória(4), apelidado *Patinho Feio*. Nesta época, a Marinha – que comprava, na Inglaterra, modernas fragatas informatizadas – formou, com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), um Grupo de Trabalho Especial (GTE), para executar um programa de preparação de engenheiros que entendessem de projeto, fabricação e manutenção de computadores. O GTE, numa decisão natural, contratou a equipe de projetistas do *Patinho Feio* para desenvolver um minicomputador em condições de ser industrializado. Para escrever a sua programação, foram contratados os pesquisadores do Departamento de Informática da PUC-RJ. Teve início aí, o *Projeto G-10*.

Que parte da inspiração para desenvolver computadores no Brasil fosse de origem militar, não admira. Também nos Estados Unidos, na Alemanha, na Inglaterra e noutros países, as primeiras pesquisas receberam imediato apoio técnico e financeiro das Forças Armadas, interessadas nessas máquinas para construir sofisticados códigos secretos e calcular projetos de aviões e foguetes. Estas primeiras pesquisas datam de 1936/37, vésperas da Segunda Guerra. Se considerarmos o *Patinho Feio* como marco inicial da informática brasileira, o Brasil, em 1971, estava exatamente *35 anos atrasado em relação aos países centrais na pesquisa, desenvolvimento e na fabricação de computadores*.

De lá para cá, nosso país vem fazendo um extraordinário esforço para se recuperar do atraso. Em 1974 (quando a IBM comemorava bem vividos 60 anos), foi fundada a Cobra – Computadores Brasileiros S.A., associando capitais do Governo (BNDE), da iniciativa privada nacional (Equipamentos Eletrônicos – E.E.) e de um sócio estrangeiro (Ferranti, inglesa). Em julho de 1976, a Comissão de Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico (Capre), organismo interministerial que então traçava a política do setor, estabeleceu que a faixa de mercado para minicomputadores, microcomputadores e seus periféricos seria reservada para produtos fabricados com tecnologia nacional. Assim começou a *reserva de mercado* (5).

A Capre permitiu às empresas licenciar tecnologia no exterior, numa primeira fase, de forma a atender às demandas imediatas do mercado, obrigando-as a evoluir com capacitação própria os modelos seguintes. Isto, claro, se não preferissem gerar desde logo, suas próprias tecnologias ou buscá-las nas universidades brasileiras.

Foi o início de uma ousada aventura.

(4) No capítulo 3, daremos suscinta explicação técnica sobre "bits" e "bytes".

(5) Uma das mais costumeiras mentiras associada às origens da "reserva de mercado", a vincula aos interesses dos órgãos de repressão e do SNI. A instituição da "reserva" antecede em três anos a criação da SEI e deve-se a pressões políticas da comunidade acadêmica sobre a Capre, antes até de sequer existir a indústria nacional de informática.

2 Quando o mercado fala

A expansão e modernização da economia brasileira nos anos 70 ampliou o interesse de empresas e órgãos públicos pelos computadores. Os maiores fabricantes mundiais perceberam as oportunidades de negócios existentes no país, aqui recrutando grandes, bem treinadas e bem equipadas forças de venda. Não é difícil encontrarmos hoje em dia, trabalhando nas jovens empresas brasileiras quase sempre em altos postos executivos, engenheiros que começaram suas carreiras vendendo computadores projetados e fabricados no exterior.

Qualquer um deles, se perguntado, dirá: "Na época em que me formei, a única opção que tinha um engenheiro eletrônico era ser vendedor de multinacional" (6). Claro que vender também requer sua técnica. A empresa, para colocar um novo produto no mercado, avalia as necessidades dos usuários, compara seu próprio equipamento com os da concorrência, define suas metas quantitativas, etc. Transforma tais informações numa estratégia de vendas que, ao vendedor, qual um soldado, caberá cumprir em missão. A medalha é a comissão... Seu objetivo é convencer o possível comprador das vantagens de seu produto sobre os da concorrência. "Aqui está a solução que o senhor precisa", dirá em resumo.

Ora, o mercado brasileiro na época representava, no máximo, 1% do mercado mundial. Ainda hoje, não representa mais que 1,5%. As multinacionais, quando especificavam seus produtos, não consideravam – e nem podiam – as necessidades do mercado brasileiro. Seus estrategistas de venda pensavam em termos de mercado norte-americano onde concentravam-se 62% dos negócios. Ou em termos de mercado europeu ocidental que somava 25% das vendas mundiais. Aos brasileiros não restava outra opção senão vender o que havia para ser vendido, e comprar o que existia para ser comprado.

A inexperiência do usuário brasileiro aliada a um certo enfeitiçamento diante do computador – sobretudo nos órgãos públicos pouco comprometidos com eficiência nos gastos e produtividade nos resultados – mascararam as diferenças entre o que os vendedores ofereciam e o que, de fato, os compradores precisavam. Até que entraram em cena os diretores e gerentes dos centros de processamento de dados (CPDs) dos bancos. Eram usuários experimentados e banqueiro, como se sabe, não joga dinheiro fora. Desde os anos 60, os bancos usavam computadores. A partir dos 70, o volume e a diversidade das aplicações cresceram aceleradamente como resultado da própria sofisticação do mercado financeiro e da política de concentração bancária induzida pelo Governo Federal. Os grandes conglomerados financeiros se espalharam de norte a sul do país. Em 1970, 41,7% dos municípios brasileiros contavam com agências bancárias. Em 1980, 82,7% (7). Os CPDs dos bancos viravam noite processando um volume enorme de informações que chegava das agências, com muito trabalho para os digitadores. Crescia a transmissão de dados entre os CPDs, CPDs regionais e agências, o que não era muito confiável nem barato. Os banqueiros cobravam alguma solução aos seus responsáveis pela informática.

(6) Depoimento do engenheiro Antonio Taliberti Jr. para a reportagem "Nossa informática é de briga", de Marcos Dantas, na revista Senhor, nº 185, 3/10/1984. Na mesma reportagem, o engenheiro Cândido Leonelli, atual presidente da Digilab, dá uma declaração muito semelhante: "Na minha época, quem se formava tinha de traduzir manual e vender máquina de muniti".

(7) *Retrato do Brasil*, vol. 1, pág. 58, Editora Política, São Paulo, 1984.

A empresa italiana Olivetti acreditava ter a solução. Vendendo no Brasil, sob licença, um minicomputador produzido pela empresa norte-americana Sycor, ideal para a transmissão de dados, ela ultrapassara a IBM em quantidade de máquinas instaladas em nosso país e já se preparava para superar também a Burroughs, na época a primeira em número de instalações. Porém, seus executivos brasileiros não estavam totalmente satisfeitos. O então gerente de Produto e Marketing, Nelson Wortsmann – hoje diretor de Operações da Sid Informática – lembra as reuniões mundiais da Olivetti, para as quais levava encomendas específicas de usuários brasileiros e nunca atendidas pela centralizada direção italiana. Certa vez, orientado pelo consultor Arnon Schreiber, propôs arquivar os cadastros das agências bancárias no disco magnético do minicomputador, ao invés de os enviar para processamento e arquivo nos CPDs. Até então, o disco servia apenas para o registro das operações realizadas pela máquina. Novas funções exigiriam, da Olivetti, programas apropriados e alguns ajustes no equipamento. A empresa opôs-se terminantemente.

Arnon Schreiber, um especialista em teleprocessamento, percebera que entre 70 a 80 por cento das operações realizadas numa agência bancária interessam apenas à própria agência. Ora, por que não colocar na agência um minicomputador que realizasse tais operações, liberando as consultas ao CPD apenas ao realmente necessário, perguntou-se. Some-se outras três vantagens à sua idéia: reduzia os custos das operações bancárias diminuindo a necessidade de transmissões; ampliava a taxa de ocupação do minicomputador, logo o retorno do investimento feito; e aumentava a confiabilidade do sistema já que um número menor de dados precisaria circular pelas redes de telecomunicações sempre sujeitas a algum colapso. A Olivetti rejeitou-a pelo racional motivo de não estar disposta a investir recursos humanos e financeiros no desenvolvimento de um projeto para um mercado que, do seu posto global de observação, não o justificava.

Além disso, as maiores corporações não acreditavam ou não queriam acreditar nesse tipo de solução. Nos anos 60, devido às dimensões das máquinas, às complexidades dos programas e às limitações dos equipamentos periféricos de entrada e saída, o processamento de dados era centralizado, realizado aos lotes num grande computador central que arquivava os dados em unidades de disco ou de fita magnética. Os engenheiros que projetavam os sistemas sequer concebiam outra forma de fazer processamento, gastando grandes recursos de tempo e dinheiro no seu aprimoramento. Na outra ponta, a dos CPDs, dominava a mesma mentalidade por ser a única realidade conhecida dos analistas de sistemas. Assim, uma natural aliança entre a cultura dos CPDs e os interesses dos maiores fabricantes inibiu, por muito tempo, o melhor aproveitamento dos recém-nascidos minicomputadores, através da distribuição do processamento. Schreiber recorda as dificuldades que enfrentou para impôr suas idéias: "No exterior, muitos sistemas centralizados estavam sendo implantados ou em fase de depreciação. Ninguém queria nem ouvir falar em processamento distribuído!"

A "reserva de mercado" decretada pela Capre ofereceu uma grande oportunidade a Arnon Schreiber ao estimular a "entrada" de investidores nacionais no setor. Mesmo assim, passou dois anos convencendo a direção do Banorte a fazer uma experiência. Os banqueiros não duvidavam da sua competência em programação. Mas, quem fabricaria as máquinas? A idéia de brasileiros fabricando computadores soava decididamente estranha. Ainda mais aquele que Schreiber concebera: um minicomputador para funcionar nas agências bancárias com dois microprocessadores Z-80 de 8 bits, capacidade para armazenar 320Kb na memória e uma unidade de disco flexível de 20 centímetros de diâmetro. O sistema seria operado pelos próprios bancários, através de pequenos terminais em cada guichê. "Virei o palhaço do mercado", lembra Schreiber: "'Ele é louco!'", diziam". Até então, ninguém ouvira ainda falar no uso de microprocessadores que não fosse em desprezíveis microcomputadores domésticos (8). Afinal convencido, o Banorte concordou em financiá-lo na criação de uma empresa fabricante: Schreiber juntou três engenheiros, um desenhista, um técnico em eletrônica, secretária, contínuo, e instalou a Digirede num apartamento do Edifício Itália, avenida Ipiranga, Centro de São Paulo, em 1979.

(8) Os microprocessadores serão melhor explicados no capítulo 3.

Original e barato

No final dos anos 70, também no Banco Itaú se estudava como instalar um sistema confiável e de baixo custo para processar as operações de suas agências. Em 1974, executivos de seu CPD viajaram pelos Estados Unidos, Europa e Japão examinando as novidades na área, especialmente os então novos sistemas *em linha* ("on line") de comunicação direta computador a computador. Na volta, trouxeram duas certezas: a competição entre os bancos apoiava-se na automação na boca do caixa mas os equipamentos disponíveis lá fora eram sofisticados e caríssimos.

Tempos depois, o CPD pediu a seus fornecedores que lhe resolvessem um problema aparentemente banal: ligar os terminais de telex das agências ao computador central para permitir consultas simples dos clientes. Nenhum fornecedor se interessou. Os engenheiros do CPD decidiram montar um pequeno laboratório, aplicar seus conhecimentos em eletrônica para definir os circuitos, comprar os componentes e construir a "interface". Chegaram a um resultado bem primitivo mas chegaram. Logo, deram um passo mais ousado: desenvolveram um novo modelo adotando o microprocessador Intel 8080 de 8 bits. No início de 1979 puseram o *concentrador de telex* para funcionar. Não que fosse um projeto mirabolante. Mas teve um importante efeito psicológico: "Deu segurança ao pessoal técnico para pôr em prática o que aprendeu na universidade", depõe Lino Carvalho Rolo, na época gerente de suporte do CPD.

Com as informações obtidas nas viagens e leituras e a confiança adquirida na realização do concentrador de telex, o grupo de 30 pessoas lideradas pelo engenheiro Carlos Eduardo Corrêa da Fonseca passou a trabalhar objetivamente na especificação do sistema de automação bancária. No segundo semestre de 1979, Corrêa da Fonseca encaminhou à alta direção do Banco proposta de criação de um departamento para desenvolver máquinas e programas. A resposta o surpreendeu: o Itaú criaria uma empresa para projetar e fabricar os seus sistemas de automação. Nasceu a Itautec.

A primeira preocupação da nova empresa foi conceber e construir o protótipo do terminal-caixa. Os engenheiros, na maioria oriundos do CPD do Banco, viram-se diante de problemas com os quais jamais lidaram antes: ergonomia, desenho interno da máquina, lógica dos circuitos, programação de comunicações etc. Aplicando seus conhecimentos universitários e fazendo experiências do tipo "Vamos ver se assim dá certo", construíram o primeiro protótipo ou "aranha", no jargão dos técnicos. Usavam microprocessador Intel 8080, leds no visor, o menor número de teclas possível. Pensavam em colocar cada um desses terminais em todos os guichês de caixa das 700 agências do Banco. Por isto, esclarece Lino Rolo, hoje diretor da Itautec, "queríamos fazer um terminal barato. No exterior, os terminais eram grandes, complicados, caros. Nossa linha era outra, era para o que a gente precisa. A principal característica de nosso primeiro terminal era essa: ser muito barato".

Fazer o terminal até que não foi difícil. Problemático mesmo seria gerenciar a complexa comunicação entre as máquinas. Na arquitetura adotada pelo Banco Itaú, os terminais "chamam" o computador central, a quem cabe "permitir" a comunicação: recebe as instruções da operação, processa os dados, acessa aos arquivos magnéticos e remete as instruções finais de volta ao terminal. Ajudando o central, distribuem-se máquinas controladoras de comunicação que permanentemente "varrem" a rede, identificando os terminais que "chamam" e as linhas de comunicação vagas. Tudo funciona automaticamente a distâncias que chegam a centenas de quilômetros, graças aos monitores de comunicação, poderosos programas de computador dentre os quais o *Costumer Information Control System (CICS)*, da IBM, é um dos mais famosos.

Embora o computador central do Itaú fosse um IBM, os engenheiros da Itautec concluíram que o CICS não lhes serviria. Seu desempenho (9) caía na proporção em que subia o número de terminais. Nem oferecia a necessária segurança. A transação bancária completa-se em dois tempos: "autenticação", quando o central registra o recebimento da informação; e "confirmação", quando o central recebe um sinal do terminal concluindo a operação. Neste intervalo de poucos segundos, basta um ligeiro oscilar da linha para "derrubar" toda a transação. O CICS não fora programado para tais casos.

Os engenheiros da Itautec decidiram desenvolver o seu próprio *Gerenciador de Rede Itautec*. Nada fácil! Na primeira versão, não lograram mais que 10 segundos de tempo de resposta. Péssimo! Insistiram, corrigiram, chegaram a cinco segundos. Menos mal. No início de 1981, atingiram a dois ou três segundos. Núcleo de 256 bytes, capacidade para processar 1 milhão de bytes, mesmo desempenho e mais seguro que o CICS, o GRI possibilitou a difusão pelo país da rede de caixas automáticos do Banco Itaú.

A equipe de Corrêa da Fonseca – mais conhecido nos meios técnicos e empresariais pelo apelido de "Karmann" – não parou por aí. O Banco desejava um terminal que o próprio cliente pudesse operar. Os engenheiros imaginaram que, para a maioria das pessoas, seria mais simples apontar com o dedo, diretamente sobre os símbolos de uma tela, as operações desejadas, do que "teclá-las" em botões laterais. Como fazer isto? O engenheiro José Carlos Lopes de Almeida propôs cruzar, sobre uma pequena tela, quatro feixes verticais de luz infravermelha com outros quatro horizontais. Ao introduzir o dedo sobre um dos pontos desejados, o cliente interromperia alguma intercessão, originando o processamento das informações no terminal e, dele, para o computador. Suscitaram um problema de segurança: como ter certeza de que o terminal desligar-se-ia à saída do cliente? Afinal, brasileiro é descuidado, deixa a luz acesa, a porta aberta... Às vezes, as respostas vêm dos lugares mais inesperados. Um engenheiro, nos Estados Unidos, ao se utilizar de um banheiro público, percebeu existir algum sistema detector de presença, responsável pela descarga automática das latrinas. Com esta informação, outro engenheiro mergulhou na biblioteca atrás de explicações e, num livro de medicina, encontrou a descrição de um sistema capaz de localizar a presença de cobaias em algum experimento, através de um fenômeno físico denominado capacitância. Pronto: era aplicar os conhecimentos e desenvolver a tela capacitiva. Assim foi concebido o *Terminal Operado pelo Cliente*, ou *TOC*, uma das mais originais idéias da informática brasileira, conhecido por qualquer cliente do Banco Itaú.

Também o Bradesco viveu uma experiência semelhante. Seu pessoal de CPD especificou um sistema de automação das agências, incluindo um terminal-caixa que deveria "ler" os caracteres magnéticos gravados na parte direita inferior dos cheques. Só que os fornecedores não se interessaram pelo desenvolvimento da idéia. O Banco montou seu próprio laboratório, contratando para chefiá-lo um brasileiro que trabalhava há 12 anos nos centros de pesquisa da IBM, nos Estados Unidos: Pedro Lee. Em oito meses, Lee e outros oito técnicos criaram o primeiro *leitor de caracteres magnéticos* brasileiro e passaram a desenvolver outros equipamentos: terminal-caixa, terminal-consulta, impressora de extratos etc.

Algumas lições

Essas três histórias pioneiras encerram algumas lições. A principal delas e mais óbvia é que as multinacionais não se dispõem a desenvolver produtos para atender a "mercados marginais" – pedindo licença para usar um jargão do "economês". A segunda lição é que o próprio mercado precisa saber dizer o que quer. Os bancos sabiam e, na falta de quem se dispusesse a atendê-los, resolveram investir na formação de equipes e na montagem de laboratórios que resolvessem os seus problemas. Uma terceira lição seria pueril mas dadas as

(9) Desempenho é a medida de velocidade do processamento. Nos computadores é dado pela quantidade de instruções realizadas numa unidade de tempo (Mips = milhões de instruções por segundo). Nas redes, pelo tempo de resposta consumido entre o envio e o retorno de uma mensagem.

dimensões mentais de muitos críticos da Política Nacional de Informática, precisa ser registrada: pode-se observar que os terminais-caixa de bancos norte-americanos ou japoneses são maiores e mais sofisticados que os brasileiros. Isto não indica nenhum "avanço" ou "atraso" tecnológico: os terminais brasileiros apenas foram projetados conforme os desejos dos clientes (os banqueiros) e as características culturais de nossa mão-de-obra (os bancários). Os banqueiros queriam equipamentos baratos e simples. Assim foi feito.

Saber o que quer o cliente e, a partir daí, definir ou conceber o produto é a primeira etapa do *ciclo completo de um produto*: a especificação. Esta é uma atividade mercadológica de alto conteúdo técnico: afinal, para especificar, além de entender o problema do cliente, há que se ter bons conhecimentos sobre componentes disponíveis, processos possíveis de fabricação, lógica eletrônica, programação. O cliente diz: "eu quero assim e pago tanto". O fabricante responde: "dá para fazer assim e custa tanto". De um lado e do outro, conduz a conversa gente habilitada e técnica. Os técnicos dos CPDs bancários, nos anos 70, não encontraram junto aos seus habituais fornecedores gente habilitada a negociar a solução de seus problemas. Este tipo de profissional vivia nos Estados Unidos, na Itália, noutros países desenvolvidos. Os vendedores brasileiros, apesar dos canudos de engenheiros e dos pomposos nomes de "gerente de marketing", "representantes técnicos" etc, não passavam de vendedores. Sem experiência para especificar e nenhum poder de influência e decisão.

Se o mercado de automação bancária amadurecera a ponto de especificar os seus produtos, o mesmo não pode ser dito *ainda hoje* de outros setores da economia e, mesmo, da sociedade brasileira. O que sabemos ao certo sobre a informatização do ensino numa realidade como a nossa? Ou sobre a informatização dos serviços de saúde?

Muitos segmentos empresariais não são capazes de dizer o que querem. Razão de as automações comercial e industrial não alcançarem o mesmo nível de desenvolvimento da automação bancária e estarem muito atrasadas em relação ao que se faz nos Estados Unidos, Japão e Europa Ocidental. Os métodos gerenciais dominantes no Brasil, os processos produtivos, o intenso emprego de mão-de-obra desqualificada e barata convivem mal com a informática. Na verdade, não basta introduzir o computador numa empresa para que ela se modernize. Ao contrário: a empresa moderniza-se, então precisa do computador.

Especificar exige uma indústria madura e um mercado maduro. Reside na exata interseção entre a empresa e o mercado. Este permanentemente envia àquela os sinais de seus desejos. A empresa permanentemente os fareja. A essa procura mútua entre as necessidades do mercado e as potencialidades da empresa, denominamos *mercadologia*, termo, porém, que nossos profissionais especializados preferem trocar pelo inglês "marketing".

O mercado das indústrias de alta tecnologia é um mercado internacionalizado. Na prática, quem determina seus rumos são os padrões de vida, de consumo e de produção dos norte-americanos, europeus ou japoneses. Certamente não são os padrões de vida, de consumo e de produção dos brasileiros e dos outros povos "em desenvolvimento". Se deixada ao sabor das "ondas" internacionais, a informática em nosso país muito dificilmente atenderia ao conjunto das necessidades, carências e potencialidades brasileiras. Corria o risco de acabar servindo apenas às superficialidades e vanidades reivindicadas por quem tem dinheiro para fazer do microcomputador um objeto de *hobby* pessoal.

Foi preciso seccionar uma parte do mercado interno de sua inserção internacional para que as duas pontas necessárias à capacitação mercadológica emergissem. No processo, ambas as pontas cometeram erros e muito aprenderam. Não é por acaso que na automação bancária mostram-se os maiores êxitos da indústria nacional. O mercado específico ajudou. Noutros segmentos, a indústria nasceu mais como uma reivindicação de engenheiros com vocação para projetar, menos como exigência de um mercado pretensamente sofisticado mas que, infelizmente, ainda não dotou-se de personalidade própria.

Não foram poucos os percalços da jovem indústria diante de um mercado econômica e politicamente fechado, embora culturalmente vulnerável. Muito da originalidade inicial de jovens e ousados projetistas esvaiu-se aí. Quando os microprocessadores de 8 bits começaram a fazer sucesso nos Estados Unidos dando origem aos microcomputadores, diversas equipes brasileiras de engenharia lançaram-se no desenvolvimento de produtos inteiramente originais que julgavam apropriados à realidade sócio-econômica do país. A Edisa, empresa que à época nacionalizava a tecnologia de minicomputadores (10), desenvolveu um microcomputador multiusuário, algo inteiramente inusual à época, com microprocessador Z-80 e 208Kb de capacidade de armazenamento na memória. Suportava até 48 terminais bancários com tempo de resposta de três segundos. Dotado de um sistema operacional multiusuário, o *MP-M*, compatível com o consagrado mas monousuário padrão CP-M (11), o *ED-281* chegou ao mercado em 1980.

"Queríamos fazer algo mais!", diz Sergio Machado Bordini, gerente de Desenvolvimento da Edisa, numa frase que bem exprime a mentalidade dominante entre os projetistas no fim da década 70. Mas a falta de uma referência internacional numa época em que os nossos projetistas mediam seus passos pelas fronteiras tecnológicas estabelecidas lá fora, impediu-os de perceber o quanto avançaram: "Era o estado-da-arte em microcomputadores! E nós nem nos demos conta. E nem a empresa."

Em 1982, a Labo - outra empresa que nacionalizava a tecnologia dos minis - lançou seu microcomputador *8221*, com microprocessador Z-80A, memória mínima de 84Kb, expansível até 256Kb, suportando até três terminais e, também, "rodando" um sistema operacional multiusuário compatível com o CP/M. Seus engenheiros levaram dois anos desenvolvendo uma máquina robusta, resistente, bem programada, visando o mercado profissional. Só de programas, incluindo o sistema operacional, escreveram mais de 40 mil linhas. Imaginaram que o *8221* poderia substituir os minicomputadores em aplicações típicas de empresas como controle de estoques, processamentos em tempo-compartilhado etc. Foi uma total frustração! Em 1982, os microcomputadores de 8 bits, quase todos com Z-80, memória máxima de 64Kb e "rodando" CP/M, já eram uma realidade no mercado brasileiro. Porém, somente os usavam profissionais liberais, processando textos, arquivando endereços de clientes ou... as crianças com seus joguinhos eletrônicos. Para tais aplicações, o *8221*, melhor construído que a maioria dos 8 bits de desenho estrangeiro aqui montados, saía caro. Em suma, o mercado intermediário entre os minis multiusuários e os micros monousuários não existia. A Labo vendeu apenas 600 unidades.

Também a Scopus foi atropelada pela incontida adesão de seu suposto mercado a uma proposta estrangeira. Já dominando inteiramente a tecnologia dos terminais de vídeo que projetava e fabricava pioneiramente desde 1975, a empresa lançou em 1981, numa evolução tecnológica natural, o microcomputador *µC-10*, com microprocessador Intel 8085 e sistema operacional CP/M, diretamente licenciado da Digital Research, a empresa proprietária norte-americana. Sabendo que os sistemas monousuários evoluiriam para sistemas multiusuários que exigiriam equipamentos mais poderosos, a Scopus concebeu um produto alternativo, pensando em dar sobrevida ao parque instalado de micros de 8 bits. Seus engenheiros acreditavam que este país, consciente da sua pobreza, não se disporia a depreciar prematuramente seus escassos recursos...

Durante 15 meses, dez projetistas da Scopus desenvolveram o *Múltiplus*, uma complexa rede local de microcomputadores, cujas primeiras versões foram comercializadas em 1984. Se é comum, até hoje, nas arquiteturas de rede, um computador centralizar as operações, no *Múltiplus* a "carga" se distribuía por qualquer dos microcomputadores ligados à rede, desde que acoplados a uma unidade de disco rígido. Solução absolutamente avançada e original, até porque à época ainda não existiam redes de microcomputadores.

(10) Ver capítulo 4.

(11) O capítulo 3 também esclarecerá melhor sobre sistemas operacionais e outros programas de computador.

Mas, surge o PC da IBM, um micro com o poder de um míni, e todos os conceitos que, até então, norteavam as estratégias empresariais, dentro e fora do Brasil, são radicalmente mudados (12). Teria sido, talvez, a hora de mudar alguns conceitos relativos à própria Política Nacional de Informática.

A Scopus percebeu que o Múltipus não tinha futuro: programa complexo, recém-lançado, exigiria muito suporte em seu primeiro ano, destinando-se, ainda por cima, ao moribundo mercado dos 8 bits. A empresa decidiu suspender o seu desenvolvimento e comercialização.

"Não basta ter excelente projeto para que o produto seja um sucesso", foi a lição extraída pelo chefe da Área de Software da Scopus, Nelson Bardelli dos Santos. Frederico Couto, diretor técnico da Labo, também aprendeu: "Porque dominávamos a tecnologia de produto, pensávamos que poderíamos fazer projetos viáveis. Nós não tínhamos dominado o ciclo do produto, que significa saber o que o mercado quer. Não sabíamos especificar, não sabíamos estudar o mercado." Nem tudo se perdeu, porém: "Isso fez bem ao país pois aprendemos muito", afirma Couto. "A empresa também se beneficiou: nosso terminal de vídeo é um subproduto do 8221 que deu certo. Vendemos 7 mil." Bardelli confirma: "O Múltipus serviu para nos dar muito conhecimento. Até hoje, ainda trabalhamos com conhecimentos adquiridos nessa época."

(12) No capítulo 5, discutiremos os microcomputadores.

3 Bits e Bytes

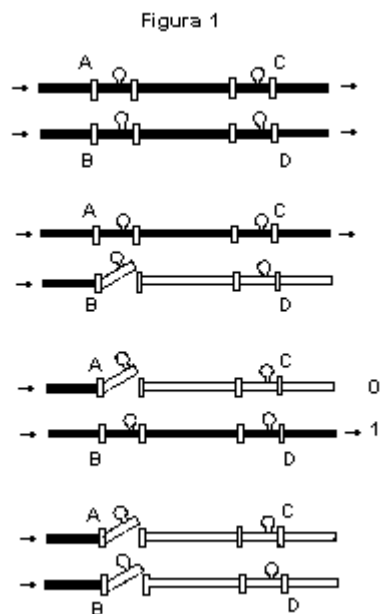
Todo mundo sabe que um automóvel é feito de aço, plástico e borracha. O sapato, de couro. A roupa, de tecido natural ou sintético. O computador, embora contenha silício, plástico e alguns metais nobres, é construído com *informação*. Exatamente. O que distingue um computador de outro, o que agrega valor à produção de um computador é o seu conteúdo de informação, conteúdo este que determinará sua versatilidade, sua capacidade e sua velocidade no processamento de outras informações.

Eis um conceito inteiramente novo e difícil de captar pelos não iniciados pois, ao longo de nossa formação escolar e profissional – de economistas, sociólogos, advogados, operários, jornalistas, médicos, fazendeiros, políticos, mesmo de engenheiros não-eletrônicos etc. – pouco ou nada estudamos sobre este *principal insumo do mundo pós-industrial*: a informação. Os matemáticos e os físicos entendem do assunto mas matemáticos e físicos não costumam dirigir redações de jornais, ocupar cadeiras parlamentares, nem elaborar programas sócio-econômicos que reascendem as esperanças das populações...

Não vai aqui qualquer pretensão de suprir tal lacuna. Que o façam os responsáveis pelo ensino numa sociedade informatizada! Entretanto, alguma coisa deve ser dita que esclareça melhor a natureza do trabalho contido na produção de um computador: a necessidade essencial de recorrer-se à informação em todas as suas fases, desde a construção dos circuitos até a montagem orientada por modelos desenhados, passando pela organização e redação dos programas. A importância das linhas seguintes está diretamente ligada à quantidade de bobagens que se divulga sobre a indústria nacional de informática sem que as audiências reajam pois desconhecem como é um computador por dentro e, principalmente, como ele é produzido.

Se uma pessoa transmite informação e outra a recebe e entende é que, entre as duas, existe um código comum. Este código é a língua com suas regras gramaticais. Na informática não é diferente. Devemos todas as suas maravilhas a códigos que possibilitam as operações do computador. Diferente é a herança aparentemente natural da língua no homem e o caráter absolutamente artificial dos códigos na informática. Isto é: o computador faz o que faz graças a um difícil e demorado trabalho de engenharia baseado em complexos conhecimentos científicos.

Uma analogia simples explicará melhor. A figura (1) mostra dois pares de interruptores (A,B e C,D), conectados por fios. No primeiro desenho, A e B estão ligados, isto é, permitem a passagem do sinal elétrico em direção a C e D. No segundo desenho, somente A está ligado: C recebe o sinal mas D, não. No terceiro desenho, inverte-se a situação: C não recebe o sinal, D recebe. No último desenho, A e B estão desligados e nenhum sinal passa por eles.



O computador é constituído por milhões de microscópicos interruptores conectados entre si, que "ligam" e "desligam" conforme as "ordens" de um programa.

Convencionamos – ou codificamos – que o algarismo zero (0) representará o interruptor desligado. E o algarismo um (1), o interruptor ligado. No exemplo de dois interruptores, quatro estados são possíveis: 0-0, 0-1, 1-0 e 1-1. Em cada um destes quatro estados, cada interruptor contribuiu com *um bit*. Temos um bit sempre que se faz uma escolha entre duas alternativas igualmente prováveis. O bit é a unidade que mede a informação assim como o grama mede o peso e o metro mede a distância.

Agora, imagine o ser humano apenas pronunciando dois sons: por exemplo, a e u. Qualquer comunicação seria impossível. Utilizamos dezenas de combinações de sons para formar as *palavras*. E só nos comunicamos com palavras. Na informática não é diferente. Dois bits não permitem muitas combinações. Quatro bits já facilitam as coisas, formando 16 combinações (figura 2). Dá para fazer as quatro operações com números pequenos. É pouco. Com oito bits, formamos 256 combinações de 0 e 1. Suficiente para a construção de bons programas de computador mas ainda pouco para aplicações mais sofisticadas. Continuamos subindo: 16 bits formam 65.536 combinações. Vinte e quatro possibilitam o extraordinário número de 16 milhões 772 mil 216 combinações. Daí para frente, os resultados são astronômicos!

Na informática, uma série de 0 e 1 também denomina-se palavra. Ao projetar um computador, os engenheiros dispõem seus circuitos para operar instruções e dados, organizados em palavras, através de programas apropriados.

É fácil imaginar quão difícil e demorado seria escrever os programas em 0 e 1. Para evitá-lo, desde os primórdios da informática, enquanto parte dos projetistas constrói os circuitos, outra parte, num trabalho obviamente conjunto, dedica-se construir um código alfanumérico que os próprios circuitos se encarregarão de traduzir na sua exclusiva linguagem binária. Este código elementar chama-se linguagem montadora ou *assembler*.

Figura 2

1	0-0-0-0
2	0-0-0-1
3	0-0-1-0
4	0-0-1-1
5	0-1-0-0
6	0-1-0-1
7	0-1-1-0
8	0-1-1-1
9	1-0-0-0
10	1-0-0-1
11	1-0-1-0
12	1-0-1-1
13	1-1-0-0
14	1-1-0-1
15	1-1-1-0
16	1-1-1-1

A produção de um computador e máquinas afins envolve pois dois trabalhos de engenharia simultâneos e complementares: a construção do suporte físico (os circuitos) e a construção do suporte lógico (os programas). Os norte-americanos passaram a identificar tudo o que se relacionasse à máquina pelo vocábulo inglês *hardware* (ferramentaria). E, para se referir à programação, inventaram outro vocábulo "em oposição" a *hard* (duro): *software*. Já os cultos franceses, ciosos de nossa herança greco-romana, buscaram na etimologia os vocábulos *ordinateur* e *logiciel* para se referirem aos suportes físicos e lógicos de um sistema computadorizado.

A máquina contém três blocos principais:

– *unidade central de processamento* (UCP) – opera os dados conforme as instruções; quando dizemos que um computador é de 8 bits, 16 bits etc, queremos dizer que a sua UCP opera palavras de 8 bits, 16 bits etc.

– *memória* – onde a UCP busca as suas instruções e os dados que deve operar e onde armazena, em seguida, os novos resultados; quando dizemos que um computador tem 64Kb, 720Kb, 8Mb etc., queremos dizer que sua memória pode armazenar até 64Kb, 720Kb, 8Mb etc. de instruções e dados (13).

– *unidade de entrada (E) e saída (S)* – canal (nos computadores maiores) ou controladores de periféricos (nos computadores menores), circuitos através dos

(13) Um conjunto de 8 bits forma o octeto ou byte. Mil octetos ou 1Kb são dois elevados à décima potência, logo 1.024 bits. Um milhão de octetos (1Mb) são dois elevados à vigésima potência, logo 1 milhão 48 mil 576 bits.

quais o computador se comunica com outros computadores e equipamentos periféricos.

Na verdade, o que a linguagem comum define como computador é um sistema de máquinas com seus programas. O computador propriamente dito, seus terminais (teclado e vídeo) e os periféricos: impressoras, unidades de memória magnética (discos e fitas), modems etc. Cada um destes equipamentos auxiliares "replica" a organização interna da máquina principal possuindo suas próprias UCPs, memórias e "interfaces" de E/S.

Assim como uma mesma história pode ser contada de mil formas distintas por mil diferentes pessoas, as UCPs variam conforme as equipes de engenharia que as constroem. Conseqüentemente, também variam as linguagens montadoras. Cada uma serve apenas a uma única UCP. Com um mesmo *assembler* para uma mesma UCP, os engenheiros escrevem outros programas básicos a exemplo dos sistemas operacionais, dos monitores de comunicação etc. Tanta "aderência" dos programas às máquinas impede a qualquer programa "rodar" em qualquer máquina. E obrigaria a cada usuário conhecer bem a linguagem montadora de seu computador para escrever seus próprios programas aplicativos. Felizmente, esta dificuldade foi há muito resolvida. Os norte-americanos que, nos anos 50, estavam anos-luz à frente do resto do mundo na computação, inventaram as linguagens de alto nível: conjuntos de códigos relativamente fáceis de serem aprendidos por quem apenas quer usar o computador. A primeira foi a *Fortran*, lançada em 1954. Depois vieram, agora com importante contribuição dos europeus, as *Pascal*, *Basic*, *Cobol*, *Algol* e outras 400 menos conhecidas do grande público – nem por isto menos importantes, até pelo contrário... A existência de centenas de linguagens não se deve à mera volúpia criativa de cientistas e pesquisadores. As linguagens de alto nível destinam-se a resolver problemas, cada uma atende melhor a certos tipos de aplicações. Algumas são mais genéricas como o famoso e popular *Basic*, muitas são especializadas como as menos citadas *Lisp* e *Prolog*.

Como a UCP insiste em ser "monoglota" e só operar na sua linguagem binária, as linguagens de alto nível precisam ser traduzidas para 1 e 0. Os engenheiros desenvolvem programas tradutores especiais, os compiladores e interpretadores, orientados para cada uma das principais linguagens disponíveis no mercado ou outras que, por ventura, a máquina venha a "rodar".

E não termina aqui o trabalho das equipes de engenharia dentro das empresas fabricantes de equipamentos de informática. Para "aceitar" o programa básico (geralmente o sistema operacional) sob o qual "rodarão" todos os outros, alguns circuitos são adrede preparados ("programados", diriam os técnicos). Se, tão logo ligada na força elétrica, a máquina pode receber as primeiras instruções, permitem-no os apropriadamente chamados programas-residentes contidos em circuitos que já saem de fábrica devidamente posicionados (ou "gravados"), não se "apagam" mesmo que a corrente elétrica esteja desligada e, também, não podem ser modificados pelo usuário. Quem já operou um microcomputador sabe que, ao ligá-lo, vê imediatamente no vídeo algum tipo de mensagem como, por exemplo, "testando memória", "insira disquete e aperte uma tecla" etc. Os programas-residentes podem ser de mera inicialização como os dos exemplos, podem ser tradutores de linguagens ou podem ser outros especiais para certas aplicações do equipamento. São gravados num circuito integrado denominado *eprom* (do inglês "erasable programable read only memory", ou "memória de apenas leitura, apagável"), através de aparelhos gravadores especiais que fixam em seu interior programas escritos pelos engenheiros projetistas. Para este *software* "embutido" no *hardware*, os norte-americanos inventaram o apelido de *firmware*.

Trabalho criativo

Para realizar todo esse trabalho de construir circuitos, redigir programas, desenhar partes mecânicas, as empresas mantêm equipes de desenvolvimento cujo número de pessoas varia conforme o porte de cada empresa e a natureza de seus produtos. Em muitos casos, somam poucas dezenas. Nas maiores, atinge meio milhar de engenheiros, estagiários e técnicos de nível médio. Seus locais de trabalho não chegam a impressionar. Ver uma grande fábrica operando, com milhares de

trabalhadores, muito barulho, máquinas enormes é, sem dúvida, mais emocionante. Só que a fábrica, qualquer fábrica, nada faz sem o trabalho de projeto. E aí reside a grande diferença entre a indústria brasileira de informática e boa parte das outras indústrias instaladas no país: nestas, os engenheiros e técnicos de projeto geralmente encontram-se no exterior. Na informática, são tão brasileiros quanto os operários que montam os produtos finais.

Uma parte da equipe especializa-se no desenvolvimento de programas. Soma seus conhecimentos acadêmicos a técnicas aprimoradas pela experiência, concebendo, especificando e escrevendo programas com milhares de linhas que chegam a ocupar, em alguns casos, mais de 1Mb da memória de um computador. Outra parte da equipe dedica-se a construir os protótipos. As primeiras "aranhas" não guardam qualquer semelhança com o futuro produto. Artesanalmente, com a participação de estagiários e técnicos de nível médio, montam-se algumas unidades de placas com fios de cobre ligando os circuitos, e moldam-se em madeira, isopor e plástico as partes mecânicas. Durante meses e meses, novas e melhores versões – cada vez mais aparentadas a um produto industrial – resultam dos testes realizados em equipamentos eletrônicos especiais, como osciloscópios, analisadores lógicos, simuladores etc. Os engenheiros envolvem-se diretamente nesses testes. Não há um que não demonstre entusiasmo com o seu dia-a-dia nos laboratórios. "Aqui é mais criativo", diz Nelson Túbis Martins, da Microtec, um jovem de 28 anos, vindo de experiência numa multinacional, resumindo o sentimento geral.

A construção dos protótipos baseia-se nos desenhos feitos a partir das especificações. Jovens vindos das escolas técnicas ou formados nas próprias empresas debruçam-se sobre pranchetas, num paciente e metódico trabalho de traçar as placas de circuito impresso mais simples, as formas dos gabinetes, os detalhes de encaixes, parafusos, suportes ou mesmo os mapas que orientarão as operações de montagem. Em projetos mais complexos, os técnicos operam microcomputadores nacionais, com os necessários programas de computação-ajudando-o-desenho (CAD), adquiridos no exterior.

Além dos micros, estações-de-trabalho ajudam os engenheiros a solucionar as dificuldades de projeto. Máquina de uso individual como o micro, a estação-de-trabalho permite a simultânea realização de várias tarefas. Lançadas no mercado norte-americano em 1984, ainda não são produzidas no Brasil. O país as importa, pois a "reserva de mercado", se impede a importação de produtos acabados, permite e até requer a importação das necessárias ferramentas, componentes, materiais, programas e outros insumos tecnológicos – inclusive os livros técnicos que lotam as mesas de trabalho dos engenheiros e as estantes das bibliotecas, nas empresas. Os executivos e gerentes exibem-nas com orgulho. Parecem ser um fator especial de prestígio no meio. A exemplo de Lino Rolo, da Itautec, que não faz por menos: "Nós temos a melhor biblioteca técnica do país!".



No laboratório de ensaios e medidas da Elebra, em primeiro plano, sobre a mesa especial de granito, uma unidade *winchester* é submetida a micrométricas medições num aparelho *laser*.

Um momento do projeto de uma placa de circuito impresso para o supermicro X-20, na sala de estações CAD, da Cobra.





Aspecto dos laboratórios da Labo: engenheiros desenvolvem um sistema de comunicação para o supermicro Veja (visto entre as duas bancadas).



Laboratório de projeto de máquinas da Itaotec: no computador mas, também, à mão, o atento trabalho de desenvolvimento.

A capacitação tecnológica começa na formação de técnicos de nível superior. Nas universidades e nos centros de pesquisa se adquirem os conhecimentos básicos que as empresas utilizarão no desenvolvimento de seus produtos e seus processos. Ali se absorve a teoria. Várias são as empresas nacionais nascidas diretamente dos conhecimentos universitários.

O primeiro terminal de vídeo da Scopus resultou de uma tese de mestrado concluída por um dos fundadores da empresa, o engenheiro Josef Manarsterski. Os

modems (14) da Digitei e da Parks nasceram das pesquisas feitas pelo professor Juergens Rochol, do Departamento de Física da UFRGS. Dos laboratórios do Centro de Pesquisas da Telebrás saíram os engenheiros que formariam a Vértice Sistemas Integrados - VSI, uma das três empresas brasileiras que projetam circuitos integrados. Pesquisadores do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da UFRJ criaram a EBC onde projetam e fabricam terminais de vídeo, micros e supermicrocomputadores. A Cobra recebeu pesquisadores do LSD-USP e do LTD-PUC para concluir o Projeto G-10, dando origem à linha de minicomputadores *Cobra 500* (15).

As empresas recorrem sempre que podem ao conhecimento universitário. O *scanner* fabricado pela Itautec foi desenvolvido no *campus* de São Carlos da USP. A Digitei encomendou ao pesquisador Jonas Barcellos de Moraes, do Departamento de Física da UFRGS, a definição de seu multiplexador estatístico. O trabalho foi realizado como tese de mestrado e Moraes contratado para chefiar a equipe que desenvolveu o produto na empresa. O multiplexador chegou ao mercado em 1984 (16).

A Edisa, a Labo e a Sisco pediram ajuda ao NCE para desenvolverem os seus supermicros de 32 bits, com sistema operacional do tipo *Unix* (17). Desde 1981, liderado pelo professor Newton Faller, o centro de pesquisa carioca desenvolve sua própria versão do Unix e uma máquina baseada em microprocessadores da família 68000, da Motorola. As primeiras versões ficaram prontas no início de 1987. O *Plurix*, como se chamou o sistema operacional, foi licenciado à Sisco. Enquanto que a Labo preferiu contratar a equipe de Faller para desenvolver o seu supermicro *Vega*, colocado no mercado em fins de 1988.

Lamentavelmente, as empresas que recorrem aos centros de pesquisa não raro esbarram nas ineficiências burocráticas, até em preconceitos acadêmicos. A Digitei talvez não precisasse subtrair um pesquisador à UFRGS se existissem mecanismos mais objetivos permitindo aos professores prestar serviços às empresas. Os núcleos universitários mais ágeis acabam se obrigando a criar empresas à parte a fim de contornar as regras do serviço público, a exemplo do NCE, cujos pesquisadores fundaram duas empresas de serviços: a Sagis e a Unitec. "Descobrimos que não é possível trabalhar institucionalmente com a Universidade", revela, decepcionado, Frederico Couto. "A gente dá o dinheiro mas não tem garantia de que ele vá realmente para o pesquisador". Faller não se furta a descrever o desgaste que sofre, junto com outros colegas, trabalhando em casa noite adentro após um dia de aulas e compromissos acadêmicos, para responder às encomendas oriundas de empresas privadas. A burocracia universitária não deixa atender essa demanda durante a jornada e no local normal de trabalho, como parte das atividades de pesquisa e ensino.

Mas o grande problema é a carência de recursos para pesquisas. Poucas empresas no mundo - poucas mesmo! - investem efetivamente grandes somas de recursos em pesquisa de ponta. Geralmente esta é uma atividade típica do Estado que, nos Estados Unidos, no Japão, em países europeus, até na Coreia, transfere bilhões de dólares anuais de fundos públicos para centros de pesquisa governamentais, universitários, até empresariais, financiando - não raro a fundo perdido - o avanço científico-técnico. No Brasil, o eterno descaso para com os centros de pesquisa e a desesperada busca de recursos humanos qualificados por parte das empresas de informática geraram um perigoso fenômeno: ninguém bom fica na universidade por muito tempo, a não ser por opção. "Nós enxugamos toda uma geração universitária em cinco anos! A universidade não está gerando gente nova!", reclama Raul Felipe Papaléo, diretor de Desenvolvimento da Edisa. O

(14) O modem é um equipamento periférico que permite a comunicação entre dois computadores por linha telefônica. Caracteriza-se pela velocidade de transmissão: baixa (até 1.200 bits por segundo); média (2.400 ou 4.800 bps); alta (acima de 9.200 bps).

(15) Ver capítulo 4.

(16) Trata-se de um sofisticado modem programável, capaz de operar com vários equipamentos e protocolos. O produto da Digitei contém 40 mil linhas de código-fonte em programa-residente.

(17) O Unix será melhor explicado na página 25.

presidente da Multidigit, Joseph Elbling – um canadense que trouxe para o Brasil 20 anos de experiências na Inglaterra, Itália e Estados Unidos – adverte que nosso país está muito atrasado em termos de pesquisa e de formação de recursos humanos. "Do ponto de vista de produto, nós não estamos muito atrasados. O que falta são pesquisas básicas nas universidades."

É preciso distinguir pesquisa de desenvolvimento. A pesquisa visa chegar a um resultado cientificamente provável através de desconhecidos caminhos técnicos. Ou então, explorar ao máximo as possibilidades de determinada técnica. Por isto, leva muitos anos, seus resultados são incertos e consome muito dinheiro. A conclusão de uma pesquisa bem sucedida é um conhecimento, ou um produto ou um processo de fabricação inteiramente novos.

O desenvolvimento é mais pragmático. Considera as tecnologias já disponíveis – o "estado-da-arte", como dizem os técnicos – para obter novas variações em torno de produtos ou processos já conhecidos, ao menos conceitualmente.

No mundo empresarial, poucas e muito grandes empresas fazem realmente pesquisas e, por isto, lideram os seus ramos de negócio. A IBM, sem dúvida, é uma delas. No Brasil, a Sid realiza um incipiente esforço de pesquisa que, porém, contém-se nas possibilidades do limitado (em termos internacionais) faturamento da empresa: US\$ 100 milhões. Um pequeno núcleo interno de quatro pesquisadores (NPq) faz trabalhos como o descrito pelo seu coordenador, Pedro Savadovski: "Estou pesquisando um tradutor automático de código-fonte do Cobol para o C. No estado-da-arte corrente da ciência, um tradutor desses pode ser inviável". Mas Savadovski só concluirá isto – ou, de preferência, concluirá vitoriosamente o contrário – daqui a três anos.

Junto com um grupo de onze universidades, o NPq criou o Projeto Estra, visando desenvolver uma estação-de-trabalho brasileira. Poucas empresas no mundo projetam e fabricam essas máquinas. Mas, para vir a ser futura concorrente neste promissor mercado, a Sid precisaria investir US\$ 10 milhões por ano, ou seja todo o recurso com que conta toda a sua área de Desenvolvimento. No final do ano passado, os executivos discutiam o que fazer.

"Detalhes que mordem"

Se poucas empresas podem pesquisar, todas podem e devem desenvolver. Fazem-no a partir de definições geradas nos centros de pesquisa, de especificações consagradas pelo mercado, de produtos novos lançados pela concorrência que alcançam indiscutível sucesso. É a capacidade de desenvolvimento das empresas que impede a monopolização dos mercados pelos grandes grupos capazes de investir em pesquisa. O consumidor agradece: ganha novas melhorias introduzidas no produto, preços mais baixos, serviços alternativos de assistência técnica.

Uma das estratégias competitivas comumente adotadas pelas empresas é a engenharia reversa. No Brasil, engenharia reversa é vista como sinônimo de "cópia". Outra das muitas falácias difundidas pelos interessados em confundir o debate tecnológico!

Cópia é cópia: transcrição exata, letra a letra – ou 0/1 a 0/1 – de uma idéia materializada num bem artístico ou industrial. Engenharia reversa é um conceito técnico e jurídico, envolvendo dois trabalhos distintos: "tirar" as especificações em primeiro lugar e, depois, implementá-las. Os engenheiros estudam um produto até obter suas especificações. Ou seja, o produto estudado cumpre o papel do cliente, descrito no capítulo 2. Em seguida, implementa-se um novo produto, certamente incorporando diferenciais competitivos.

Nos Estados Unidos, o conceito de engenharia reversa é tão sério quanto reconhecido, que as empresas mantêm duas equipes diferentes de engenharia, proibidas de se comunicarem: uma especifica, outra implementa. No Brasil, é verdade, não se alcançou ainda essa sofisticação. Mas as empresas realmente interessadas em absorver e dominar a tecnologia, agem como se assim fosse. A

exemplo da Multidigit que construiu suas primeiras unidades de disco *winchester* por engenharia reversa, como conta, numa conversa natural, Joseph Elbling:

— Compramos, nos Estados Unidos, dois discos e os abrimos completamente. Examinamos cada peça: por que fizeram isto? e aquilo? A eletrônica era mais fácil. A mecânica é cheia de detalhes que te mordem, é dez vezes mais difícil. Por exemplo: o motor transmite movimento à cabeça através de uma banda de aço suco inoxidável de quatro centésimos de espessura e muito usinada. Essa banda deve durar, pelo menos, mil horas trabalhando continuamente. Nossas primeiras bandas quebravam com 30 horas. Tínhamos que examinar tudo, descobrir o lado certo para corroer o aço, como realizar o acabamento superficial, onde rebitar. Tivemos que fazer nosso próprio soldador porque os fornecedores estão habituados a atender à indústria automobilística, onde as coisas não são tão delicadas. Tudo isto a gente não descobre a olho nu. Tem que testar para entender como é feito, até para saber quanto custa. Hoje nós sabemos fazer a banda, dominamos todo o processo, podemos projetá-la.

A Microtec não esconde que começou pela engenharia reversa. "Não é só copiar a placa da IBM", logo esclarece seu presidente, Touma Makdassi. Aliás, seu concorrente Felipe Peres, da Monydata, é mais intolerante com os críticos: "A tecnologia do PC é tão simples que não precisa nem copiar!", diz com certo desprezo. "Naquela época" — corria o ano de 1983, conta Makdassi — "era difícil fazer um PC aqui. O da IBM usava uma placa multicamadas que ninguém produzia no Brasil. Então, nós isolamos a memória, colocando-a num conector e fizemos placa controladora gráfica com duas camadas. Fizemos a mão, trabalhando durante um ano!"

Traduzindo. Os circuitos integrados e outros componentes de qualquer tipo de computador, interligados por trilhas metálicas, são fixados em placas de circuitos impressos. Nas placas mais simples, as trilhas ocupam apenas uma de suas faces. Como não podem cruzar umas sobre as outras, nas placas um pouco mais complexas são dispostas nas duas faces. Nas mais complexas ainda, a engenharia permite a colocação de camadas intermediárias, "ensanduichadas" entre as duas faces da placa. Em computadores maiores podem existir placas com 20 camadas. No PC da IBM, as camadas eram quatro, contando as duas faces. Como esta era uma tecnologia ainda não disponível no país, a Microtec fez o seu PC isolando a UCP e *chips* auxiliares numa placa simples, colocando a memória e controladores em outras placas.

Outra fonte de informação são as especificações públicas dos padrões de mercado. Um produto torna-se padrão não só por ser sucesso mas porque seu produtor se interessa em divulgar suas especificações de E/S: isto é, o conjunto de instruções e os arranjos de circuitos que permitem conectar outros produtos ao padrão. Foi assim com o PC, cujo Sistema Básico de Entrada e Saída — um programa-residente mais conhecido por *BIOS* ("Basic Input/Output System") — foi amplamente divulgado pela IBM.

O mesmo aconteceu com o sistema operacional Unix. Desenvolvido no início dos anos 70, por cientistas dos Laboratórios Bell, ligados à AT&T, numa linguagem de alto nível — a linguagem C —, caracteriza-se por ser transportável, após pequenas adaptações, para qualquer tipo de UCP. Algo impensável nos sistemas operacionais escritos em linguagens montadoras.

O Unix granjeou muito sucesso entre os pesquisadores universitários, no meio dos quais a AT&T distribuía benevolmente cópias do código-fonte (18). Aqui e ali, acrescentavam-lhe novas melhorias e, lá pelas tantas, o Unix transformou-se numa verdadeira "colcha de retalhos". Graças ao pessoal que saía das universidades para trabalhar em empresas, o programa da AT&T começou a penetrar nos ambientes de negócios. Além da "cultura" adquirida, os técnicos o defendiam para se libertarem da eterna dependência a um único fornecedor. Se os grandes fabricantes resistiam à "onda", os menores viram aí uma nova oportunidade para ampliar seus espaços no mercado e dispuseram-se a

(18) O código-fonte é o núcleo dos programas de computador que a UCP "lê" e automaticamente traduz em código-objeto, através do qual executará as instruções.

comercializar versões próprias do Unix. Difundiu-se a idéia de que o Unix viraria padrão. Então, a AT&T descobriu o grande negócio que tinha nas mãos e decidiu licenciar o código-fonte para as empresas. Em troca dos devidos royalties, é claro! Acabara a benevolência...

A AT&T incorporou em diferentes versões destinadas à comercialização, as melhorias acrescentadas ao seu programa. Passou a publicar suas especificações de entrada e saída, permitindo que outras empresas ou programadores desenvolvessem programas apropriados a "rodar" sob o Unix. Só que um bom engenheiro, de posse dessas regras, pode desenvolver um novo produto inteiramente diferente nas suas "engrenagens" internas, embora capaz de cumprir as mesmas funções do produto padrão. Isto fizeram os engenheiros da Cobra: estudaram o *System V Interface Definition (SVID)* e escreveram o Sox, um novo sistema operacional com as mesmas características do Unix. O trabalho começou em 1983 e terminou em 1988, envolvendo cerca de 80 pessoas e consumindo US\$ 20 milhões.

O Sox estrutura-se em duas camadas: o servidor e o núcleo. No servidor residem todas as chamadas que interessam diretamente ao usuário. No núcleo está a parte diretamente relacionada à UCP. Esta modularidade torna o Sox ainda mais portátil que o Unix pois somente seu núcleo precisa ser "mexido" para adaptar-se a diferentes máquinas. "Nós buscamos essa modularidade", explica Firmo Freire, gerente de Desenvolvimento de *Software* da Cobra, "porque facilita o treinamento, a manutenção, a expansão. O usuário só entra em contato com o servidor, não precisa entender de tudo, só do que realmente vai lhe prestar algum serviço."

O Sox também incorpora outro conceito inexistente no Unix original: máquina virtual. Trata-se de um programa dentro do sistema operacional que simula uma "interface" com um "computador fictício" e permite operar o sistema operacional independentemente da máquina na qual está concretamente instalado. Os programas assim gerados podem ser transportados para diferentes máquinas a partir da implementação daquela "interface".



Equipes de desenvolvimento:
da Microtec...

...da CMA



...da Metalma

...da CPM.
Mercado
reservado
para a jovem
engenharia
brasileira.



O Sox não resultou propriamente de engenharia reversa. O SVID poupou à equipe de Freire todo o trabalho de "levantar" as especificações. Seus engenheiros pegaram o atalho e ainda tiveram muito o que fazer para gerar 49 mil linhas de código-fonte (80% em C e 20% em *assembler* do Motorola 68000), compiladores, programas auxiliares etc., que deram à Cobra – ao lado da IBM que fez o seu e da própria AT&T – o privilégio de deter o total domínio de um sistema do tipo Unix. Pode comercializá-lo à vontade no Brasil e no exterior. Outras empresas brasileiras já o licenciaram: a Itautec, a Scopus, a Labo, a EBC. Recentemente, a Associação Brasileira da Indústria de Computadores e Periféricos (Abicomp) decidiu formar

uma empresa com seus associados a fim de absorver a tecnologia do Sox e continuar sua evolução, já que a Cobra deverá ser "privatizada".



Os autores do Sox. Firmo Freire é o quarto, da esquerda para a direita, na primeira fila.

Quanto trabalho encerra essa tal de tecnologia, expressão tão em voga quanto vaga no uso diário que dela fazem tantos que evocam o seu nome em vão!

Dominar tecnologia é poder realizar, com seus próprios engenheiros e técnicos, cada uma das etapas do ciclo completo do produto. É especificar quando o mercado precisa de uma especificação. É definir quando o mercado já sinalizou a especificação de sua preferência. É implementar quando o mercado já optou por uma determinada definição. É executar uma engenharia reversa quando o mercado aguarda novos concorrentes para um mesmo produto. Cada empresa, cada segmento de mercado, cada produto aponta naturalmente o momento do ciclo onde se requer o trabalho do engenheiro projetista.

Eletrônica, programação, mecânica, ergonomia, processos de produção, estes são alguns dos conjuntos de conhecimento que uma equipe de engenharia deve operar durante o desenvolvimento de um produto. No todo, isto é tecnologia. Podemos visualisá-la nos documentos de projeto que vão sendo elaborados ao longo do desenvolvimento. O trabalho do engenheiro é produzir tais documentos. No final do ciclo, o último dos documentos gerados será um desenho simplificado que o operário-montador observará como instruções a cumprir durante o processo de montagem. Dominar tecnologia é ser capaz de gerar esses documentos. Obtê-los de terceiros para simplesmente executá-los conforme acontece na maioria dos *soi-disant* "processos de transferência de tecnologia" não dá capacitação tecnológica a ninguém. *Tecnologia só se adquire fazendo.*

Trabalho Qualificado

(Escolaridade da mão-de-obra empregada em cada empresa)

EMPRESAS	Total	Primário (4 anos)	Secundário (4 a 11 anos)	Superior	Pós- Graduado	A conquista da tecnologia
ABC COMPUTADORES	77	0	12	54	11	Empresa por empresa, eis os números do avanço tecnológico brasileiro. As tabelas seguintes mostram: valores investidos, ano a ano, em pesquisas, projetos e processos; a escolarização dos recursos humanos; a infra-estrutura disponível para o trabalho de pesquisa e desenvolvimento. Nada disso existia entre nós há dez anos. E nada disso seria necessário se as empresas de informática não estivessem efetivamente produzindo tecnologia(*).
ABC DADOS	142	22	76	41	3	
CMA	150	0	90	58	2	
COBRA	2.399	1	1.626	772	n.d	
CONPART	450	19	267	155	9	
COMICRO	180	5	80	80	15	
CPM	194	12	84	73	25	
DIGILAB	687	145	349	168	25	
DIGIPONTO	640	n.d.	n.d	73	n.d	
DIGIREDE	1.500	0	972	503	25	
DIGITEL	432	10	357	54	11	
EBC	76	0	60	12	4	
ELEBRA COMPUTADORES	275	0	103	156	16	
ELEBRA COMUNICAÇÃO	283	0	242	39	2	
ELEBRA INFORMÁTICA	864	0	554	286	24	
ESCA	100	0	72	28		
FIRMWARE	60	0	54	5	1	
FLEXIDISC	147	51	79	17		
GBM	170	20	106	42	2	
INDÚSTRIAS VILLARES	897	127	537	216	17	
ITAUTEC	3.467	184	2.183	1.100		
ITAUCOM	942	88	648	196	10	
LABO	823	0	582	220	21	
MENNO	520	222	270	25	3	
METALMA	143	48	80	15		
MICRODIGITAL	195	10	120	60	5	
MICROLAB	510	0	368	124	18	
MICROTEC	421	28	331	55	7	
MODDATA	231	0	136	77	18	
MONYDATA	232	40	122	60	10	
MULTIDIGIT	276	22	198	56		
NOVADATA	204	21	130	41	12	
PARKS	174	9	148	17		
PROLÓGICA	1.350	0	810	430	110	
PROCOMP	165	17	95	48	5	
RACIMEC	827	127	611	89		
RHEDE	273	25	222	23	3	
RIMA	927	409	400	115	3	
SCOPUS	1.219	323	773	117	6	
SID	2.000	0	1.160	808	32	
SISCO	846	28	608	189	21	
TDA	387	217	120	50		
TECNOCOOP	20	0	13	6	1	
TESIS	230	8	80	142		
VIDEOTEK	21	3	12	6		

Fonte: informação das empresas

Ferramentas para o Nosso Desenvolvimento
Infra-estrutura de P&D na indústria nacional de informática

	LABORATÓRIOS				DESENHO				DOCUMENTAÇÃO				Convênios com Universidades nos 3 últimos anos	
	de desenvolvimento de máquinas		de desenvolvimento de programação		C.A.D									
	Área m ²	Valor dos equipamentos (OTNs)	Área m ²	Valor dos equipamentos (OTNs)	Estações (u.)	Micro-computadores (u.)	Horas contratadas a terceiros em 1988	Desenhistas manuais (u.)	Área de biblioteca m ²	Livros catalogados (u.)	Revistas assinadas (u)		Folhas de documentos (u.)	Nº
Estrang.											Nac.			
ABC COMPUTADORES	360	66.120	20	86.295			1	20			10	35		
ABC DADOS	147	270.000 ⁽¹⁾	147	80.000 ⁽¹⁾	1	1		5			12	10		
CMA	126	603.075	50	150.768	2	2		1	37	1.200	28	43	3.500	
COBRA	280	276.000	168	21.118	8	3	1.504	2	116	1.550	180	60	6.200	8 6.000
CONPART	130	550.000 ⁽¹⁾				1	960	4	10	490	14	35	12.000	
COMICRO	179	250.000 ⁽¹⁾	392	450.000 ⁽¹⁾	3	2		1	80	100	10	8	300	
CPM	40	20.870	100	11.150			252	2	18	1204	10	28	5.100	
DIGILAB	1.000	55.002	1.500	258.221	3	3	280	13	50	600	19	20	6.500	
DIGIPONTO	50	36.317	50	32.805				5			2	5	5.039	
DIGIREDE	119		476					10	40	3.500	8	20		
DIGITEL	40	1.500	80	17.500	1	2	160	8	17		14	36	49.115	2 1.291 ⁽²⁾
EBC	60	8.200	60	5.000	2	2	38	2			5	4	4.000	1 ⁽⁵⁾
ELEBRA COMPUTADORES	36	14.000	24	65.000			300	1	30	1.500	30	20	3.000	
ELEBRA COMUNICAÇÃO	50	34.540	50	37.251	1	2	1.400	2	30	400	6	6	24.000	1 2.406
ELEBRA INFORMÁTICA	403	214.000	45	32.500			1.400	11	46	386	50	70	3.500	
ESCA	40	10.000	60	5.000				4	15	1000	10	15	5.000	
FIRMWARE	22	1.753	18	994					16	800	1	3	300	
FLEXIDISC	300	170.000						3	30	1.200	2	5	4.300	
GBM	120	5.573	50	2.500	1	1		3	80	721	45	26	14.300	

INDÚSTRIAS VILLARES	425	8.000	25	2.000	17	17	36.000		85	1.000	37	10	40.000	2	(em análise)
ITAUCOM					2										
ITAUTEC	190				10	10			28	210	32.000	429	54		
LABO	60	30.000	141	110.000			800	6	78	4.300	15	6	1.200		
MENNO	9.500	100.000						6	55	415	2	14	5.350	2	30.000(2)
METALMA	17	11.600						2	8	600	8	20	6.000	3	8.500
MICRODIGITAL	100	10.000	30	3.500	2	2	500	2	30	300	6	14	10.000		
MICROLAB	221	171.285	216	50.226	2	3	628	15	40	3.040	60	30	55.000	1	12.000
MICROTEL	20	78.000	100	20.876	3	3	200	4	40	181	9	5	4.000		
MODDATA	600	22.400	300	27.500	1	3	200	7	57	162	22	25	2.269		
MONYDATA	225	80.000	25	10.000		6	320	2	15	632	9	10	1.015		
MULTIDIGIT	66	66.336	50		3	3		5	125		13	5			
NOVADATA	100	597.000				2		1	20	870	12	4	900		
PARKS	168	9.130		154.504	1	2		4	6	1.400	6	10	10.000	1	3.000(2)
PROCOMP	300	7.000	200	62.000	2	2		2	20	532	8	5	2.100		
PROLOGICA	710	300.000(1)	550	120.000(1)	3	3		5	80	1.200	20	5	20.000	1	150.000(1)
RACIMEC	173	430.947(3)			4	4		5	73	777	26	36			
RHEDE	50	110.000(4)	36		1	2	100	2	30	1.000	6	2			
RIMA	700	50.000	300	20.000	2	2		12	50	182	22	8	2.694		
SCOPUS	250	70.000	150	30.000	1	6		6	50	241	47	16	49.900	3	8.000
SID	555	455.152	139	91.030	5	2		5	100	1.417	22	12	10.000	10	211.536
SISCO	850	80.000	950	85.000	5	5		3	50	3.000	10	5	12.000	2	9.000
TDA	110	5.000	72	7.000				4	30	100	10	3	700		
TECNOCOOP	90	7.372	15	336			200	2	15	1.000	3	12	10.000		
TESIS	70	8.434	100	35.393	2				45	596	53	12	653		
VIDEOTEK	30		20		1	1			20						

Fonte: informação das empresas

(1)US\$

(2)NCz\$ em março de 1989

(3)NCz\$ mil em março 1989

(4)inclui laboratório de desenvolvimento de programação

(5)bolsas de estudo

Investimentos Produtivos

Recursos alocados em tecnologia nos últimos 3 anos

Em OTNs médias

EMPRESAS	Em desenvolvimento			Em engenharia de processo		
	1986	1987	1988	1986	1987	1988
ABC DADOS	87.647	12.670	56.727			
CMA	1.943	7.287	100	4.757	17.840	237.879
COBRA	128.837	121.537	12.124	170.784	161.108	16.071
CONPART	2.115	23.094	84.644	3.767	34.642	126.966
COMICRO	18.750	25.640	40.000	6.200	12.320	35.000
CPM	26.765	79.195	130.966			
DIGILAB	25.096	8.393	29.299	16.828	14.917	107.664
DIGIPONTO	115.987	91.450	136.700			
DIGIREDE	132.342	484.136	3.152.746			
DIGITEL	33.239 ⁽²⁾	107.182	192.221	11.571	16.200	19.740
ELEBRA COMPUTADORES	265.278	234.318	327.403	88.426	79.839	112.231
ELEBRA COMUNICAÇÃO	20.000 ⁽¹⁾	20.000 ⁽¹⁾	30.000			5.000
ELEBRA INFORMÁTICA	221.868	216.257	196.471	171.537	72.244	61.291
ESCA	30.000	30.000	40.000	10.000	10.000	20.000
FIRMWARE	9.196	8.972	9.565	4.700	574	985
FLEXIDISC	67.400	58.100	43.700	19.600	14.700	11.000
GBM	7.500	15.600	21.873	1.200	2.900	3.791
INDÚSTRIA VILLARES		325.150	151.870			
ITAUCOM		27.474 ⁽⁴⁾	147.827			
ITAUTEC	618.004	1.066.014	2.618.073			
LABO	181.761	311.545	420.966			19.779
MENNO	60.800	72.700	100.500	91.200	109.100	150.700
METALMA	7.004	10.577	5.369	11.426	3.092	3.995
MICRODIGITAL	40.000	50.000	60.000	15.000	18.000	22.000
MICROTEC	105.382	141.866	171.585			68.658
MODATA	30.174	239.451	246.411	21.565	6.559	5.781
MONYDATA	8.376	26.803	174.221			
MULTIDIGIT	940	28.973	19.583			
NOVADATA	78.000	5.600.000	8.780.000	1.000	4.000	6.000
PARKS	58.400	48.818	57.719	3.073	5.924	10.185
PROCOMP	58.000	101.000	153.600	5.000	10.000	15.000
PROLÓGICA	125.750 ⁽³⁾	259.508 ⁽³⁾	1.240.843 ⁽³⁾	100.600 ⁽²⁾	207.606 ⁽²⁾	992.674 ⁽²⁾
RHEDE	118.500	164.800	90.000	37.600	55.400	24.200
RIMA	80.000	200.000	280.000	50.000	100.000	200.000
SCOPUS	240.000	240.000	215.000			
SID	147.570	90.470	155.000	3.923	3.748	6.105
SISCO	251.000	278.000	297.000	39.000	42.000	53.000
TDA	80.000	80.000	80.000	30.000	50.000	70.000
TECNOCOOP	6.666	1.285	605	1.176	1.285	999
TESIS	1.249	18.788	14.557	4.239	23.896	11.847

Fonte: informação das empresas

(1) US\$

(2) Referente a agosto/dezembro, excluindo investimento fixo

(3) NCz\$ março 89

(4) Total de 1986 e 1987

4 Os Pioneiros

Quando a informática brasileira começou, os minicomputadores mal afirmavam-se como um grande negócio tecnológico e comercial e os microcomputadores eram invenção tão recente que nenhum profissional do setor os levava muito a sério (19).

O mercado era, digamos, "feudalizado" pelos fabricantes, cada um amarrando a fidelidade dos usuários às suas próprias UCPs e as suas exclusivas linguagens montadoras, sistemas operacionais, compiladores etc.

Num mercado que exige fidelidade do usuário ao fornecedor, as chances de "entrada" – usando outro jargão do "economês" – são praticamente inexistentes. Empresas estabelecidas há mais tempo, com um grande parque instalado, prestigiadas pelos consumidores e capazes de evoluir sempre, inibem qualquer novo empresário que pense em entrar no ramo. É fato: antes de decretar a "reserva de mercado", a Capre convidou alguns empresários nacionais a investir na fabricação de computadores. Nenhum se animou.

Novas oportunidades só aparecem em mercados virgens. E mercados virgens só existem até algum projetista gerar um novo produto para atender a uma necessidade ainda não suprida – entrou o produto, acabou a virgindade... Nos Estados Unidos, muitas inovações abriram novos mercados imediatamente ocupados pelas primeiras empresas que neles chegaram. Fora dos Estados Unidos, onde o ritmo de inovações é bem mais lento, "mercado virgem" pode ser aquele que passa a esperar a chegada da mais recente novidade lançada no mercado norte-americano. Esta espera leva de seis meses a dois anos, em média.

Por volta de 1976, o mercado brasileiro para minicomputadores ainda admitia recém-chegados. Crescia numa velocidade espantosa. Mas, fora a Burroughs, a Olivetti e a IBM, os outros grandes fabricantes internacionais apenas começavam a aportar por aqui. Entre estes, a Digital Equipment Corp., a Data General, a Hewlett-Packard. Mas não se passariam dois anos para a total e definitiva ocupação do nosso mercado pelos grandes fabricantes norte-americanos, acompanhados pela Olivetti e, talvez, por um ou outro japonês ou europeu. E aí, as chances de "entrada" de algum fabricante brasileiro tornar-se-iam definitivamente nulas!

Para juntar-se aos Estados Unidos, a meia dúzia de países europeus e ao Japão no domínio da tecnologia dos computadores, o Brasil precisaria enfrentar o problema de "entrada". Resolveu-o fechando, *ainda a tempo*, o mercado interno de minicomputadores às empresas estrangeiras. Só as nacionais poderiam "entrar". Mas, preocupada em não deixar os usuários inteiramente desassistidos e em possibilitar a capitalização das novas empresas, a Capre permitiu o licenciamento de tecnologias estrangeiras e a comercialização, por um certo período, de computadores importados diretamente dos próprios fornecedores das tecnologias. Seria, também, o caminho mais curto de atualização tecnológica e de formação das equipes projetistas.

A primeira concorrência feita pela Capre, no segundo semestre de 1977, selecionou três empresas privadas, recém-criadas, para fabricar minicomputadores: Sid, Edisa e Labo. Somaram-se à Cobra que nacionalizava o

(19) Em meados dos anos 70, *minicomputador* era um equipamento de US\$ 30 mil, com UCP de 16 bits disposta em várias placas, capacidade de armazenamento na memória entre 64Kb e 128Kb, conectores para uma dezena de terminais.

projeto e a fabricação do minicomputador inglês *Argus*, destinado a controle de processos industriais, e do norte-americano *Sycor 440*, orientado para a automação bancária. Posteriormente, uma quinta empresa, a *Sisco*, foi autorizada a juntar-se ao grupo pioneiro.

A *Sid*, uma associação empresarial liderada pelo Grupo Sharp, com tradição na indústria eletrônica, obteve tecnologia da *Logabax*, francesa. Trouxe um minicomputador bom para processar comunicações porém ruim para aplicações em lote, o que lhe criaria muitas dificuldades junto aos usuários comerciais e industriais, habituados às tecnologias de uso aprendidas com os tradicionais fornecedores norte-americanos, sobretudo com a *IBM*. Além do mais, o míni francês entendia a linguagem *Logol*, obviamente com sotaque gaulês, quando toda a nossa cultura de processamento empresarial era e ainda é *Cobol*. Para maior infelicidade, os franceses conviviam com dificuldades técnicas, comerciais e financeiras que habilmente souberam ocultar durante as negociações, dos inexperientes brasileiros. Após enviar para cá máquinas com circuitos defeituosos e sistema operacional incompleto, a *Logabax* encerrou suas operações. Os engenheiros da *Sid* ficaram "órfãos", obrigando-se sozinhos a melhorar e a evoluir o computador.

Um dos engenheiros que viveu esses primeiros tempos da *Sid*, Carlos Kits, hoje diretor da empresa, lembra de momentos "dolorosos": "A gente estava absorvendo a tecnologia e, ao mesmo tempo, montando a nossa equipe. É diferente de absorver tecnologia para um corpo já existente: hoje, você absorve e põe na linha. Mas na época, que linha? Cadê a fábrica? A manutenção? Foram tempos épicos, vibrantes mas penosos. O usuário duvidava. Cada conquista era uma conquista".

A UCP do *Sid 5200*, como passou a ser chamado o *Logabax* brasileiro, operava com palavras de 16 bits. A memória de núcleo de ferrite (20) armazenava 64Kb. Suportava dez terminais e quatro discos de 10Mb cada um.

Os 30 primeiros engenheiros da *Sid*, liderados por Antonio Carlos Cardoso, começaram seu trabalho organizando a montagem dos *kits* vindos da França e colocando o produto nos clientes. Paralelamente, equipes enviadas à fábrica francesa estudavam as características da máquina e os processos de fabricação. A insatisfação dos usuários obrigou os projetistas a se esforçar para adaptar a programação às exigências do mercado. Além de concluir, sem qualquer assistência da *Logabax*, as partes que faltavam do sistema operacional, os engenheiros escreveram um compilador *Cobol* e o *Sistema de Gerenciamento de Registro (SGR)* destinado a melhorar o desempenho dos circuitos de E/S e dos periféricos. Desenvolveram nova placa de memória de 128Kb, usando pastilhas mais modernas no lugar dos anéis de ferrite. Consumiram 18 meses de trabalho até colocar no mercado seu primeiro míni abasileirado: o *Sid 4000*.

Desde o início, os engenheiros da *Sid* trabalharam junto com os engenheiros do *Bradesco* no desenvolvimento de sistemas de automação bancária. Especificaram um sistema de processamento distribuído transacional (21), com minicomputador nas agências ligado a um computador central via rede de comunicações. Para tanto desenvolveram um protocolo de comunicações e "interface" com o central *IBM* (22). Fizeram, também, os terminais-caixa e, igual aos seus colegas da *Itautec*, viram-se diante de problemas até então inéditos: ergonomia, projeto de processos de montagem, facilidades de manutenção. Preocupavam-se com o tamanho do

(20) Memória de núcleo de ferrite é uma tecnologia inteiramente fora de uso hoje em dia. Teve seu apogeu nos anos 60, até o início dos 70. Consiste de minúsculos anéis de ferrite atravessados por uma malha de fios metálicos, por onde passa o sinal elétrico. A direção do sinal alterna os 1 e 0 dos bits.

(21) O processamento em transações, muito comum hoje em dia, era novidade à época. Consiste em realizar todo o ciclo da transação, inclusive atualização de arquivos, de uma só vez, ao contrário do que se faz no processamento em lote.

(22) Protocolos de comunicação são especificações com as quais se escrevem programas que permitem a comunicação computador a computador. Geralmente adotam-se os padrões fixados por entidades normativas internacionais mas a *IBM*, apoiada na sua força de mercado, também impõe os seus. Os protocolos da *Sid* basearam-se no *BSC-3* da *IBM*.

equipamento, o número e organização das teclas, o tempo médio entre a ocorrência de dois defeitos – conhecido pela sigla *MTBF* e fundamental para medir a qualidade de um produto e os custos de manutenção. "Estes aspectos não eram premissas para nós se o produto vinha de fora", recorda Kits com a experiência de quem trabalhara na Olivetti.

"Aprendemos pra chuchu"

A Edisa – uma associação entre empresários e o governo do Rio Grande Sul mais tarde integralmente assumida pelo Grupo Iochpe – não sofreu a mesma pressão de mercado sobre o seu produto de "entrada": um minicomputador Fujitsu, japonês, aqui balizado *ED-300*, com os circuitos integrados da UCP de 16 bits dispostos em quatro placas, memória para 64Kb, suportando até oito terminais e quatro discos do tipo cartucho com 10Mb cada um. Talvez a vantagem da Edisa fosse a parceria com um fornecedor tradicionalmente alinhado à tecnologia IBM. A UCP e os circuitos de E/S processavam as mesmas instruções do computador IBM 360, "entendiam" a linguagem RPG, da IBM, e operavam em lotes.

A Edisa recebeu os *kits* das primeiras máquinas, montou-os, vendeu-os e não se preocupou, no primeiro ano, com a nacionalização do projeto. Seus engenheiros – oriundos do Departamento de Física da UFRGS, da Procergs, de empresas locais de processamento de dados – concentraram-se, no biênio 79/80, em projetar um terminal de entrada de dados para o ED-300. Foi uma exigência da Capre: as UCPs, memórias e circuitos de E/S podiam ser importados para posterior nacionalização e evolução. Mas os periféricos, desde o início, deveriam ser desenvolvidos ou adquiridos a empresas nacionais que, por sua vez, poderiam igualmente importar os produtos numa primeira fase, nacionalizá-los e, depois, evoluir com projetos próprios.

O *ED-100* ficou pronto em agosto de 1980: microprocessador Motorola 6800 de 8 bits, teclado, vídeo, duas unidades de disco flexível de 20 centímetros de diâmetro e programas de entrada de dados e de comunicações. Bastaria lhe acrescentar uma linguagem para se tornar um microcomputador.

Então, a Edisa resolveu se ocupar da nacionalização do ED-300. Começaria pelos periféricos pois os disponíveis no Brasil eram incompatíveis com os originais japoneses. Exemplo: os vídeos da Fujitsu apresentavam 12 linhas por 40 colunas. No Brasil, os fornecedores de vídeo optaram por 24 linhas por 80 colunas. Os projetistas resolveram a dificuldade construindo uma "interface" para vídeo com um microprocessador Z-80.

Mais complicado foi integrar os discos de grande capacidade. Os engenheiros decidiram adotar um novo conceito tecnológico: o processador de E/S que, via programação, aceitasse diferentes padrões de "interfaces". Para construí-lo recorreram aos recém-introduzidos microprocessadores de 16 bits. Adquiriram exemplares do 68000 da Motorola, do 8086 da Intel e do Z-8000 da Zilog. Implementaram algumas rotinas, testaram-nas nas três pastilhas e obtiveram melhores resultados no Motorola. "E assim", lembra Sergio Bordini, "entrou nas nossas vidas, o processador 68000."

O ED-300 precisava evoluir, processar maior volume de dados com mais rapidez. Os engenheiros construíram quatro novas placas de memória, com 64Kb cada uma, totalizando 256Kb. Através da programação, aceleraram o processamento da UCP em 20%. Acrescentaram um programa transacional ao sistema operacional, incorporaram protocolos de comunicações no processador de E/S, tudo resultando num minicomputador com características inteiramente novas. Chamado *ED-381*, chegou ao mercado no segundo semestre de 1981. Do original japonês só guardava as placas da UCP.

Surpresa: o "comportamento" da máquina modificou-se, com resultados imprevisíveis. Segundo informaram os japoneses, o sistema operacional e a própria arquitetura da máquina não permitiam "endereçamentos" de uma placa de memória para outra. Os fatos demonstraram o contrário. Para complicar, a equipe de Bordini não dispunha de manuais do sistema operacional, salvo alguns comentários

gravados no programa... em japonês. Um técnico nipo-brasileiro foi contratado e ajudou pouco: a língua japonesa difere conforme o uso e o nipo-brasileiro não conseguiu identificar as acepções técnicas de muitos termos.

"Quebrando a cabeça", consultando vez por outra a Fujitsu, estudando o código-fonte do sistema operacional, os engenheiros foram encontrando suas soluções. Sob pressão dos usuários ainda não habituados à idéia de que computador novo, ao contrário de um liquidificador, sempre chega no mercado com problemas que somente o uso em condições reais acusará e ajudará a resolver, levaram um ano para estabilizar a máquina. Os norte-americanos até adotaram um vocábulo para exprimir tais defeitos: "bug" (mosquito); e "debugging" significa corrigí-los. "O projeto acabou testado no campo", reconhece Bordini ("no campo" quer dizer "junto aos clientes"). "Foi um período de muito desgaste para toda a equipe. Mas aprendemos pra chuchu!"

A terceira das empresas pioneiras, a Labo, fundada pelo grupo industrial Forsa, trouxe um minicomputador Nixdorf 8870, alemão, aqui chamado *Labo 8084*: a memória armazenava 128Kb, suportava unidade de disco de 10Mb e até oito terminais. Inspirava-se também nas tecnologias da IBM. O sistema operacional incorporava o então novo conceito de "menu", facilitando a comunicação com o usuário. A Labo recebeu tudo pronto: estratégia de vendas definida, análise da concorrência alinhavada, processos de produção explicados.

Sem maiores problemas junto à clientela – a comunidade econômica alemã no Brasil – a Labo encontrou dificuldades para integrar no computador os periféricos nacionais. A Nixdorf insistiu em vender os seus próprios periféricos. Pressionou como pôde. Temia estragos na sua imagem de mercado. Seus terminais modernos, ergonômicos, com tela anti-reflexiva, enquadravam-se perfeitamente no desenho e na qualidade Nixdorf. "Perto deles, os terminais da Scopus davam pena!", lembra Frederico Couto.

Integrar os terminais, as impressoras e os discos oferecidos no mercado brasileiro exigiu mudanças nos programas-residentes. Os engenheiros brasileiros pediram aos seus colegas alemães enviados para orientá-los, uma cópia da linguagem montadora. Foi-lhes negado. "Eles achavam que nós éramos um bando de índios que poderiam estragar o 'assembler'", ironiza Couto. Acabaram cedendo não sem alguns incidentes, mais tarde contornados, entre os dois parceiros.

Aos poucos, as características do nosso mercado diferenciaram o míni nacional de seu congênere alemão. A Labo percebeu que deveria ampliar a capacidade de memória do 8084 e sua velocidade de processamento. Nova placa de memória, com 256Kb foi construída. Seus engenheiros também desenvolveram uma placa de memória de 1Mb para funcionar como disco em estado sólido: novidade tecnológica da época que permitia a criação e o acesso a arquivos em circuitos integrados, numa velocidade 4,5 vezes maior que nos discos.

Então, a Labo decidiu desenvolver o microcomputador multiusuário que tantas dores de cabeça lhe daria. De qualquer forma, inclusive por este erro, a Labo também concluiu seu processo de absorção de tecnologia logo na aurora dos anos 80.

Exigindo dos fabricantes de mínis que comprassem no Brasil os equipamentos periféricos, a Capre promoveu, no correr de 1978, novos concursos para definir estes fornecedores. Exceto nos terminais de vídeo, em todos os demais segmentos as empresas nacionais preferiram buscar tecnologia no exterior. Nos discos magnéticos, a Elebra trouxe tecnologia Control Data; a Microlab trouxe tecnologia Ampex; a Multidigit, tecnologia Pertek. Nas unidades de fita, a Compart licenciou com a Cypher. Nas impressoras, a Elebra ficou com a Honeywell italiana e a Globus com a Dataproducts.

Os problemas que estas empresas – e outras que chegaram depois – enfrentaram foram e continuam sendo de difícil solução. Aqui, a complexidade não é eletrônica, é mecânica. Qualquer um que tenha visto trabalhar uma impressora observou a velocidade, precisão e, mesmo, uma certa violência com que se movem o

trator e a cabeça. Operando à velocidade de bits, estas peças, em si já delicadas e resistentes, são tracionadas por, numa linguagem bem simples, molas e polias mais delicadas e mais resistentes ainda. O gabinete que envolve todo o mecanismo deve igualmente resistir ao impacto, abafar os ruídos e facilitar a montagem. Tudo isto é pura mecânica, certamente não a mesma que produz as molas dos eixos de caminhões ou polias dos guindastes de cais do porto. Pelo contrário, aqui a mecânica é fina.

Na indústria dos discos, além da mecânica, os engenheiros solucionam problemas de superfície, de eletromagnetismo e de aerodinâmica. O disco rígido é um prato circular de alumínio ("mídia") recoberto por material magnético que gira a altas velocidades dentro de um invólucro hermeticamente fechado. Nenhum grão de poeira pode cair ali dentro. A rotação do prato (23) cria um colchão de ar que mantém a cabeça de leitura e gravação suspensa a poucos micra (24) de altura. A cabeça é um delicado braço metálico que sustenta um magneto anelar seccionado no justo ponto de tangência com a mídia. A corrente elétrica circula no magneto e, por um fenômeno físico, ao esbarrar na "abertura" (ou "gap", na linguagem dos técnicos), é atraída pelo magnetismo da superfície da mídia, através dela alcançando a outra ponta do anel. Nesta "passagem" dá-se a leitura ou gravação, conforme a direção da corrente elétrica comandada por uma bobina (25).

Nos discos dos anos 70 – até hoje utilizados nos computadores maiores – a mídia (medindo 35,5 centímetros de diâmetro) e a cabeça vinham acondicionadas num envoltório plástico especial ("pack"), dentro de um equipamento pesando cerca de 60 quilos. Armazenavam tão somente entre 32 a 96 megabytes (hoje, armazenam dez vezes mais). Em 1981, o norte-americano Alan Shugart, fundador da Seagate Technology, colocou no mercado um disquinho de apenas 13 centímetros, capaz de armazenar 5Mb, desenvolvido originalmente pela IBM e ideal para os PCs: o *winchester*.

Os fabricantes todos perceberam que o *winchester* "mataria" os velhos "discões". Alguns – como a Ampex que acabara de investir US\$ 10 milhões no desenvolvimento de um novo "discão" – desistiram de seus projetos em andamento.

Os fabricantes brasileiros viram-se obrigados a recorrer a novos acordos tecnológicos. A Multigit, porém, após ganhar muito dinheiro com a venda de 500 Perteks, comunicou à SEI que iria desenvolver seu próprio *winchester* e desistiria dos "discões". Durante dois anos, a empresa sobreviveu sem vender nada, estudando o produto da Seagate, com uma equipe de 12 engenheiros oriundos da UFRGS. Joseph Elbling a orientava com sua larga experiência no desenvolvimento de equipamentos para automação industrial e servo-mecanismos, na Inglaterra, Itália e Estados Unidos, onde também acompanhou, como empregado de um fornecedor, a evolução dos "discões" da CDC, lá pelos anos 60. Ele e seus engenheiros visitaram empresas no exterior, estudaram projetos de salas-limpas, compraram motores, mídias, cabeças e, em 1983, colocaram no mercado os seus primeiros *winchesters* de 5Mb, produzidos num ritmo de dez por dia.

O desenvolvimento de um disco é um trabalho conjunto do fabricante com seus fornecedores de mídias e cabeças. Não se encontram mídia e cabeça "de prateleira". O fabricante diz o que quer – densidade, característica da "interface", altura de vôo, amplitude do sinal, outras técnicas – e os fornecedores desenvolvem produtos "sob medida". Em todo o mundo, existem meia dúzia de fornecedores de cabeças e outra meia dúzia de fornecedores de mídias. No Brasil, desde 1988, a Impelco, ligada à Microlab, produz suas próprias cabeças. "Importou" o engenheiro norte-americano Victor Longa e, com ele, os

(23) A velocidade tangencial dos modernos *winchesters* atinge a 160 quilômetros horários.

(24) Um micron (*pl.*, micra) é a milésima parte do milímetro.

(25) As unidades de disco flexível são um pouco mais simples. Como a velocidade de rotação é menor, ocorre contato entre o magneto e o disco. Este aliás, é de material plástico recoberto por uma superfície magnética e protegido, apenas, por um envelope de papelão.

conhecimentos de projeto e de processo. A rigor, esta é a única forma de se transferir tecnologia: transferindo para cá, o cérebro que a detém.

Quando começou a fabricação de discos no Brasil, nossos engenheiros desconheciam as relações com os fornecedores. Importavam cabeças e mídias de seus supridores de tecnologia, com especificações prontas e acabadas. A Elebra desconfiou que pagava muito caro e contratou um consultor norte-americano para orientá-la no desenvolvimento de suas próprias cabeças e mídias – não para fabricá-las, mas para conhecer o ciclo do produto. "Isso foi fundamental", afirma o diretor Leopoldo Pereira. "Nos deu um conhecimento que nós não tínhamos." Com a ajuda do consultor, as portas dos fornecedores internacionais se lhe abriram. Ao, mais tarde, desenvolver o seu *winchester* de 20Mb – o primeiro inteiramente projetado na empresa –, um de seus engenheiros reuniu-se por 20 dias com engenheiros de um fornecedor, nos Estados Unidos, especificando a cabeça. "Encomendamos três especificações. Aqui decidimos qual nos era a mais adequada. Esse processo, ou você vivencia, ou nem desconfia", acrescenta Pereira.

O marco

Minicomputadores, microcomputadores, impressoras, discos, fitas, modems, terminais dos mais diversos, complexos programas e linguagens – o Brasil assistiu, no início dos anos 80, a uma entusiasmada mobilização de centenas de engenheiros para absorver e gerar tecnologias de informática em nosso país. E, se este momento tem um marco, ele foi assentado pela Cobra Computadores. Além de nacionalizar o projeto (26) de dois produtos estrangeiros (o Argus e o Sycor 440), a empresa estatal (27) empenhou-se num duro esforço para produzir o primeiro minicomputador realmente brasileiro.

Esta história começa naquele Projeto G-10, encomendado pelo GTE à USP e à PUC-RJ. Até 1977, os pesquisadores do Laboratório de Sistemas Digitais da USP e do Laboratório de Projetos de Computação da PUC-RJ construíram o protótipo de um míni de 16 bits, memória de núcleo de ferrite armazenando 32Kb, sistema operacional monoprogramável em disco. Certamente, ao ser transferido à Cobra para industrialização, era o mais avançado computador até então feito inteiramente no Brasil. Porém, um tanto quanto primitivo diante dos minicomputadores importados pela Sid, Edisa e Labo.

Parte dos projetistas da USP e da PUC seguiu para a Cobra, junto com o G-10. Ali encontrou engenheiros vindos de outras experiências, como as da nacionalização do C-700 e do C-400/2, e as de desenvolvimento de terminais no Serpro. Todos perceberam que o G-10 estava longe de ser um projeto industrializável. Se considerasse estritos critérios empresariais de decisão, a Cobra certamente lucraria mais prosseguindo a trilha das nacionalizações de produtos (28). Mas a comunidade acadêmica reunida no Seminário de Computação na Universidade, em setembro de 1977, em Florianópolis, exigiu a continuação do projeto. Três pesquisadores do Departamento de Física da USP ofereceram-se para reforçar a equipe da estatal: Claudio Mammana, José Rubens Dória Porto e Silvio Pacionick. Crônica falta de recursos, crises administrativas oriundas de trocas

(26) Precisamos nos habituar à idéia de diferenciar *nacionalização de projeto da nacionalização de produto*. Esta mede-se pela crescente incorporação de componentes, peças, matérias feitos no Brasil a um produto originalmente importado. Nossos organismos de política industrial, sem dúvida, aprimoraram seus métodos para medir tal nacionalização. A nacionalização de projeto considera a crescente incorporação de desenhos e especificações nacionais ao ciclo completo do produto. Poder-se-ia medir pelos *homens-hora* de engenharia nacional contidos no total de *homens-hora* necessários à criação e evolução de produtos e processos. Na indústria automobilística, por exemplo, o produto é quase 100% nacional mas o projeto é quase 100% estrangeiro.

(27) Em julho de 1977, o capital da Cobra foi assumido pela uma associação de instituições governamentais (BNDE, CEF, BB, etc) com um consórcio de grandes bancos (Bradesco, Itaú, Nacional, etc). Na década de 80, paulatinamente, os bancos privados foram se retirando até deixar nas mãos exclusivas do Estado o controle da empresa.

(28) Ver Sílvia Helena, *Rastro de Cobra*, edição da Cobra fora de comércio, Rio de Janeiro, 1984. Ver também, Vera Dantas, op. cit.

políticas dos dirigentes, injustos ataques da parte mais influente da imprensa, nada impediu que, no segundo semestre de 1980, a empresa colocasse no mercado um minicomputador de excelente desempenho e 500Kb de memória: o *Cobra 530*.

A UCP, projetada por Stephan Kovacs em quatro placas, baseou-se na mais moderna tecnologia da época para máquinas de 16 bits: as *pastilhas bit slice*, capazes de realizar internamente as operações lógico-aritméticas próprias de uma UCP e, ainda hoje utilizadas em supermínis e computadores maiores. Já a equipe projetista de programação, liderada por Firmo Freire, realizou um trabalho de dimensões até então desconhecidas abaixo do rio Grande: linguagem montadora (para a UCP do 530), linguagens de programação LPS, LTD e Mumps, compiladores Cobol e Fortran, sistemas operacionais Mumps e SOD – este com cerca de 12 mil linhas de código-fonte, ocupando 200Mb da memória. Ao lançar o seu minicomputador, a Cobra colocou nosso país no estado-de-arte da informática mundial, com um *produto inteiramente concebido, projetado e fabricado no Brasil*.

5 Os controvertidos micros

Os engenheiros brasileiros viviam a euforia de concluírem seus primeiros projetos industriais realmente importantes quando o mercado foi sacudido pela realidade dos microcomputadores (29).

O "choque dos microcomputadores" é uma das muitas consequências da "revolução dos microprocessadores". Depois que essas *UCPs-num-só-chip* foram inventadas pela Intel em 1971, não pararam mais de evoluir e de atender às mais diversas finalidades. Nos anos 70, operavam palavras de 8 bits. Foi a grande era dos Z-80, fabricados pela empresa norte-americana Zilog, versão melhorada do 8080 da Intel. Em 1981, esta voltou a se adiantar à concorrência, lançando os 8086 e 8088, de 16 bits. Em 1984, é a vez da Motorola passar à frente com o seu 68020, de 32 bits. A Intel deu a resposta com o 80386, em 1986, também de 32 bits. A Zilog parece que perdeu fôlego mas as outras duas permanecem duelando, menos no aumento do tamanho da palavra, mais na incorporação de novas funções dentro do microprocessador e no aumento da velocidade de processamento que, há dez anos, media-se em ciclos de 3,2 megahertz e hoje atinge 25Mh. Recentemente, a Intel anunciou o próximo lançamento do 80486 que a imprensa norte-americana apelidou de "mainframe-on-a-chip". Para quem não sabe, "mainframe" é um computador de grande porte... num único *chip*!

A cada avanço na tecnologia dos microprocessadores correspondeu um "salto" na tecnologia dos microcomputadores. Muitos engenheiros lançaram-se individualmente na aventura de fazer microcomputadores de 8 bits e pequena capacidade de memória. A máquina inteira cabia numa única placa de circuito impresso alojada num pequeno gabinete com teclado. O vídeo podia ser um aparelho comum de televisão; a memória de massa, um simples gravador de tipo K7. Os primeiros sequer apresentavam sistema operacional: bastava-lhes um interpretador Basic gravado em eprom.

Para total surpresa dos profissionais da informática, os aparelhinhos começaram a fazer sucesso e não apenas entre a criançada enfeitiçada pelos jogos eletrônicos. Profissionais liberais, em casa ou nos seus escritórios, descobriram suas vantagens na redação de documentos, no controle de orçamentos domésticos e noutras aplicações. Para o quê muito contribuiu o gênio de Steve Jobs, cuja mente transformou o Apple de Steve Wosniak num sucesso comercial, explorando este novo e inesgotável filão de negócios.

A vantagem do Apple II, comercializado em 1976, era sua arquitetura aberta. A Apple divulgou suas especificações físicas e lógicas, possibilitando aos interessados produzir tanto placas de expansão quanto programas aplicativos destinados ao seu micro. Promoveu verdadeira revolução mercadológica! Demonstrou ser possível ganhar milhões de dólares sem exigir dos usuários fidelidade a um exclusivo produtor. Sugeriu que qualquer um poderia contribuir para evoluir o seu micro, aumentando sua memória, acrescentando-lhe meios de comunicação, incorporando-lhe novos periféricos, escrevendo aplicativos especiais para ele. Resultou que transformou-se num dos gigantes industriais da eletrônica mundial!

(29) Em 1979, a Política Nacional de Informática sofreu drástica mudança institucional. O novo governo Figueiredo, baseado nos resultados de uma investigação conduzida pelo SNI, extinguiu a Capre e criou a Secretaria Especial de Informática (SEI), subordinada ao Conselho de Segurança Nacional.

Somente em 1982 a IBM ingressou no mercado de micros que até então desdenhara. Com um microprocessador Intel 8088, concebeu o *Personal Computer*, ou PC. Maior, mais complexo, oferecia tudo que os usuários individuais gostariam de encontrar num micro: teclado autônomo com 83 teclas (mais funções!), monitor de vídeo de alta resolução (melhor que a televisão!), unidades de disco flexível (em tudo superiores aos K7!), saídas para impressoras e comunicações, um interpretador Basic e um sistema operacional em disco. Arquitetura aberta: a IBM divulgou as especificações do BIOS; o sistema operacional *MS-DOS* não lhe pertencia, mas a uma empresa independente (Microsoft); os *chips* podiam ser comprados à Intel. Sucesso total!

A rigor, o PC não contém inovação tecnológica importante. Mais uma vez, prevaleceu a inovação mercadológica: a IBM inaugurou o mercado profissional para micros de 16 bits. A ela, o mérito de perceber que os profissionais liberais e de escritório precisavam de um pequeno mas poderoso computador para uso individual — o que buscavam mas não encontravam nos micros de 8 bits. A IBM definiu e especificou o produto, agregando-lhe um conjunto de tecnologias já disponíveis. Uma vez posto o ovo em pé, seus concorrentes em todo o mundo vieram atrás. Concluíram que o desenho externo do PC fora um "achado" da IBM e mantiveram a "cara" do PC em seus próprios "16 bits". Adotaram o mesmo teclado como padrão, para facilitar a vida do usuário. Mas cada fabricante tratou de acrescentar o seu "plus", como dizem os técnicos. Ora é um método mais simples de fabricação, barateando os custos; ora é uma nova organização interna das placas para facilitar a manutenção "em campo" (os fabricantes são unânimes em declarar "horrível" a engenharia do PC-IBM original); ora são novas rotinas em programas-residentes para oferecer vantagens adicionais aos usuários; ora são as mais diversas possibilidades de expansão da capacidade de memória ou de conexão com os periféricos. Vistos por fora, os PCs são todos iguais. Por dentro, diferem de fabricante para fabricante. Para o leigo ou para o usuário não muito preocupado com firulas técnicas, parece que todos são "cópias"... Em suma, os PCs da norte-americana Compaq, da italiana Olivetti, da japonesa Toshiba ou da brasileira Microtec são tão "cópias" dos PCs da IBM quanto os automóveis da General Motors, da Honda ou da Fiat são "cópias" dos automóveis Ford.

A Apple respondeu à IBM dois anos depois com o seu revolucionário — este sim! — *Macintosh*. Microprocessador de 32 bits (o recém-lançado Motorola 68020); as funções que noutros computadores distribuem-se por dezenas de pastilhas reunidas em poucos circuitos de altíssima integração; desenho belíssimo e total facilidade de comunicação com o usuário através do *camundongo* ("mouse"). Curioso é que, desta vez, a Apple acreditou na sua força para "fechar" o mercado e não divulgou as especificações de E/S do *Macintosh*, além de patentear os seus *chips* dedicados (30).

Conseqüentemente, jamais conseguiu derrotar o PC, muito embora oferecesse um micro anos à frente.

E agora?

Tudo isto aconteceu no exato período em que o nosso país esforçava-se para superar seu grande atraso na tecnologia dos computadores. A indústria norte-americana impunha nova mudança ao mundo. O que faríamos?

Conhecendo as especificações dos elementares micros estrangeiros de 8 bits (Apple, TRS, Sinclair, etc.) e protegidos pela "reserva de mercado", muitos jovens engenheiros brasileiros não encontraram dificuldades para reproduzi-los no país. A SEI não lhes fez maiores exigências. Aprovou, sem muitas perguntas, os seus pleitos, numa atitude polêmica, até hoje mal resolvida.

(30) A Apple não considerou necessário patentear os desenhos desses *chips* num tal de Brasil. Conseqüentemente, em nosso país é inteiramente legal projetá-los a partir da engenharia reversa como fez a Unitron, ajudada pelo Centro Tecnológico de Informática e pela USP, com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

As empresas mais capitalizadas seguiram outro caminho. Já vimos que a Edisa e a Labo, habituadas aos usuários "corporativos", lançaram micros multiusuários, soluções originais embora não entendidas pelo mercado. A Itautec desenvolveu o *I-7000*, sobre um microprocessador National NSC-800. Seus engenheiros escreveram o sistema operacional *SIM/M* e interpretador Basic. A Cobra também fez o seu micro, o *TD-200*. Primeiro no mundo a integrar vídeo e unidades de disco num mesmo gabinete, baseou-se no Intel 8080, com sistema operacional *SOM* escrito pelo engenheiro Tadeu Filgueiras de Souza. Como o *I-7000*, o *TD* (que evoluiu para o *C-305*) não era "compatível" com qualquer outro micro do mercado.

A Scopus evoluiu dos terminais para os micros. Seus fundadores - Edson Fregni, Josef Manasterski e Celio Ikeda - participaram dos projetos Patinho Feio e G-10. Fizeram seu primeiro e rústico terminal - o *TVA 80* - em 1975, atendendo a uma encomenda para o Congresso da Sucesu daquele ano. Com muitas dificuldades, instalados numa garagem particular, aprendendo na prática do mercado, consumiram dois anos até concluir o primeiro grande negócio: a Burroughs encomendou-lhes, para os seus computadores de grande porte vendidos no Brasil, mil *TVA-800*, modelo dotado de microprocessador Intel 8080.

No final de 1977, a Scopus lançou o *TVA-1000*: com microprocessador Intel 8080 e outras pastilhas de alta integração, incorporava um teclado e novas tecnologias de controle de vídeo e de acesso direto à memória. Um programa-residente "emulava" os terminais de qualquer computador. Isto é: como cada fabricante de computadores oferece seus próprios terminais que, diferenças visuais à parte, distinguem-se mesmo pelas funcionalidades dadas pelas características específicas de cada UCP, os engenheiros da Scopus reproduziram estas características em programas gravados em eprom e colocaram no mercado terminais iguais por fora mas diferentes por dentro: atendiam à Burroughs, à Sperry, à Honeywell ou aos minis comercializados pelas empresas nacionais.

A Scopus aguardaria dois anos para ousar colocar o *TVA-1000* no mercado IBM. Adotando técnicas de telecomunicações para a ligação remota direta com a UCP, ofereceu ao usuário uma solução mais barata já que a IBM liga os seus terminais a uma controladora e esta à UCP. Entrar neste mercado não foi fácil. "Foi uma briga boa", lembra Nelson Bardelli, na Scopus desde os seus primórdios. "O usuário IBM é bem enquadrado, tem medo de sair para uma solução não IBM." A Scopus - que não teve da parte da IBM o mesmo apoio que recebeu da Burroughs - desenvolveu uma alternativa, com controladoras, para quem preferisse assim. "Foi um sucesso", continua Bardelli. "Os 'terminais IBM' sustentaram a Scopus por muito tempo. Ainda hoje são um produto em evolução."

Nesta mesma época, a Olivetti encomendou à Scopus um terminal que substituísse os seus 1.500 minis de entrada de dados instalados no Brasil. Nasceu o *TVA-1500*, dotado da linguagem de programação LPS (desenvolvida na própria Scopus) e de "interfaces" para quatro unidades de disco flexível de 20 centímetros, fita magnética, comunicações e impressora.

Daí para o micro foi um pulo. Com um Intel 8085, a Scopus fez o μ C-10. Começou a desenvolver o sistema operacional como fizeram a Cobra e a Itautec, mas concluiu ser melhor negócio licenciar o CP/M da Digital Research. Lançado nos Estados Unidos em 1978, conquistou o mercado porque os "micreiros" desejavam um sistema operacional padrão e por destinar-se aos microprocessadores Z-80 ou Intel 8080/8085, os mais populares à época. Chegara ao Brasil junto com as réplicas nacionais dos "8 bits" estrangeiros. Ao contrário dos fabricantes que deixavam por conta dos consumidores a aquisição de duvidosas cópias do CP/M nas lojas especializadas, a Scopus o ofereceu junto com o seu μ C-10, devidamente autorizada pela Digital Research.

Acreditando que os micros evoluíam para as redes, a Scopus lançou-se no desenvolvimento do Múltiplus. Já vimos no que deu. O PC anunciara-se com toda a força da IBM, os "8 bits" tinham seus dias contados, a Scopus não poderia ignorar a evolução do mercado. Seus engenheiros ainda estudaram as possibilidades de adaptar o Múltiplus ao PC. Tantas eram as exigências técnicas que desistiram. Melhor desenvolver um novo micro de 16 bits.

Não só a Scopus, mas os outros fabricantes direta ou indiretamente enraizados nas origens da política de "reserva de mercado" que buscaram desenvolver seus próprios microcomputadores de 8 bits, defrontaram-se com dilemas semelhantes. Talvez, diante de um novo cenário tecnológico, não fosse este o caminho. Mas era esta a "cultura" dominante nos meios técnicos e empresariais. O comportamento mais pragmático dos novos pequenos fabricantes de micros, com anuência da SEI, causou-lhes reais dificuldades. Reconhece Frederico Couto, da Labo, que "nenhum fabricante de míni tornou-se um grande fabricante de micro. Nós éramos os únicos realmente regulados pela SEI. Os demais..." - e deixa, enigmático, a frase no ar.

A Abicomp, de 1983 a 1985 presidida por Edson Fregni, levou a questão à SEI: avizinhava-se a era dos "16 bits" e temia-se que, mais uma vez, algumas empresas investissem na busca de soluções tecnológicas próprias em nome de seus compromissos com o Governo, enquanto que outras apenas replicariam os produtos lançados no exterior. Resultado: a SEI passou a exigir dos interessados que, junto com o projeto da máquina, apresentassem para aprovação o projeto do sistema operacional. Lembrando que, se para os projetos de minis não cabia a exigência pois que inerente, para os microcomputadores revelou parca criatividade, para dizer o mínimo. E, conforme observa Felipe Perez, da Monydata, ajudou a criar "a cultura de que 'software' vem com a máquina, não custa nada, muito prejudicando o desenvolvimento do 'software' brasileiro."

Regra é regra. A Scopus tratou de cumpri-la. Estudou o PC e o MS-DOS. Seus engenheiros informaram-se em manuais, em documentos de referência técnica e no próprio uso dos dois produtos. Treze experientes projetistas - seis na máquina e sete no sistema operacional - enfrentaram um problema difícil: recriar dois produtos simples, embora de qualidade e sucesso, sem copiá-los. "A Scopus sempre foi uma empresa muito ética", testemunha Nelson Bardelli. "Tínhamos a preocupação de não infringir os direitos da IBM e da Microsoft. A gente discutia muito como fazer isso." Em menos de um ano, concluíram o trabalho: com o Nexus e o sistema operacional *Sisne*, apresentados ao mercado em 1983, a Scopus foi a segunda empresa a lançar um PC no Brasil, precedida, apenas, pela Softec.

O *Sisne*, na maior parte escrito em C, pela equipe da engenheira Graça Bressone, enfrentou todo tipo de críticas na competição com o descontroladamente importado MS-DOS. Como qualquer programa novo, passaria por necessário período de estabilização e depuração "em campo". Os usuários individuais, insensados por um *discurso colonizado*, não tiveram paciência. Os engenheiros da Scopus nunca trabalharam tanto. O que, aliás, derruba a lenda segundo a qual ninguém usa o *Sisne*. "Se nós ficamos aqui resolvendo problemas é porque estavam usando", diz Bardelli. "Em sua maioria, eram problemas simples de compatibilidade, logo resolvidos. Com o tempo, têm diminuído muito". Quem usa? Os principais clientes da Scopus são grandes empresas, onde a maioria dos funcionários não sabe inglês para entender as instruções do MS-DOS ou ler cópias "xerox" de manuais. Estes trabalhadores não são bem o tipo de pessoa que informa e se informa pela imprensa exclusiva dos *hobbists* de PC...

Com o mercado de PCs ocupado pela Scopus, Microtec, Softec, Itautec e outras, um grupo de engenheiros da Vasp resolveu disputar sua parte no filão. Sua história começa na primeira metade dos anos 70, quando as companhias aéreas, como os bancos, estavam introduzindo em seus serviços sistemas de reserva e confirmação de passagens aéreas via computadores. Está claro que, àquela época, não havia indústria no Brasil capaz de atender a esta demanda específica. A companhia aérea do governo estadual paulista resolveu montar um departamento dedicado a desenvolver e fabricar os seus sistemas que, com cerca de 700 funcionários, construiu terminais de vídeo, derivadores digitais, amplificadores analógicos; instalou, com modem importado, uma rede de teleprocessamento operando a 9.600 bits por segundo; escreveu programas para terminais remotos - em suma, acumulou uma capacitação então inexistente no país.



Foto histórica: o primeiro exemplar do Nexus e os engenheiros da Scopus que o fizeram.

Entre 1980 e 1984, Felipe Perez foi o superintendente de Telemática da Vasp. Dali saiu, com alguns colegas, para criar a Monydata. Traziam a experiência de um mercado profissional muito exigente: o mercado de telecomunicações. Avaliaram que este mercado e outros igualmente rigorosos ao especificar suas compras receberiam de bom grado um micro do tipo PC mais robusto e resistente. Associados à Minitel, uma empresa do ramo das telecomunicações, consumiram um ano projetando esse PC. Conceberam um gabinete menor, de 48 centímetros de largura, para caber nos bastidores padronizados das unidades industriais de controle de processo. Introduziram detalhes técnicos na eletrônica e nos conectores como, por exemplo, um circuito adicional de segurança ("cão vigia") necessário a uma máquina que não deveria falhar em operação. Começaram a vender em 1985. Mas o sucesso esperado não veio: a Monydata também presumiu erradamente o mercado. Salvou-se vendendo placas montadas e outras partes a empresas integradoras (31). Dada a alta qualidade de seus produtos, vendeu muito.

Se o Brasil esperou dois anos para ter os seus primeiros PCs – depois de aguardar 27 pelo seu primeiro computador! – já os recebeu na versão XT ("extended"), mais moderna, lançada em 1983 pela IBM, com uma unidade *winchester* de 10Mb. Um ano depois, a IBM lançou o PC-AT ("advanced technology"), com o mais rápido microprocessador 80286 substituindo o 8088. Mas quando a Intel colocou o 80386, a IBM não reagiu imediatamente. Saiu na frente, a maior fabricante norte-americana de "clone" de PC, a Compaq. Outros lhe seguiram. A IBM continuou quieta. Começou-se a comentar que ela preparava um novo "golpe" no mercado: cansara-se dos "clones", viria com uma arquitetura fechada. Com defasagem de um ano, a IBM apresentou ao mundo o *Personal System/2*, ou *PS/2*. Revolucionário? Nem tanto. Avançado? Certamente, sobretudo na magnífica resolução dos vídeos coloridos, logo definida como novo padrão de mercado, no melhor desempenho de seu exclusivo canal de E/S e, desta vez, na engenharia interna do produto.

Os PSs são uma "família" de microcomputadores baseados, de baixo ao alto, em toda a linha Intel: 8086, 80286 e 80386. A IBM parecia dizer: "acabou a 'família' PC", "começou a 'família' PS". Substituiu as públicas rotinas e documentação do BIOS por um novo canal patentado e não divulgado: o *MCA* ("Micro

(31) Dá-se o nome de "mercado OEM" ("Original Equipment Manufacturer") ao mercado onde fornecedores vendem placas de circuito impresso inteiramente prontas e outras partes completas, para integradores que apenas realizam a montagem final e comercialização dos produtos.

Channel Architecture"). Os interessados que paguem – e caro! – a licença de uso. O gigante "apostou" na sua força de mercado e espera que os usuários o acompanhem. A Compaq e os outros reagiram formalmente, defendendo os padrões abertos. Estabeleceu-se a confusão, romperam-se os padrões, ninguém sabe definir o futuro.

A indústria nacional de micros evoluiu conforme amadurecia o mercado brasileiro. Ascendeu com muita prudência ao mais seletivo e estreito mercado dos ATs. Anunciou a chegada próxima dos "386" mas levou cerca de dois anos desenvolvendo-os. Primeiro a Monydata no final de 88, depois a Microtec, finalmente a Scopus já em janeiro de 1989, colocaram nosso país no exato estado-da-arte dos microcomputadores de 32 bits.

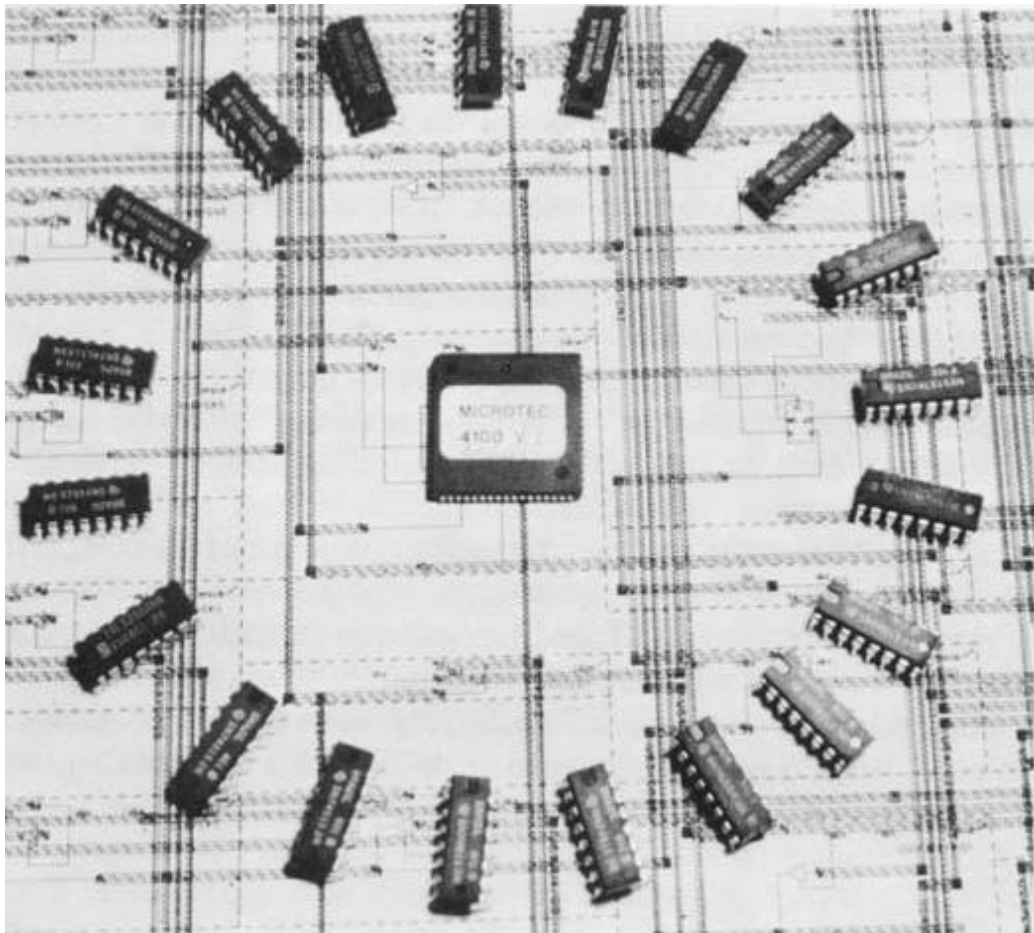
Tenderam a se alinhar ao conjunto dos fabricantes norte-americanos que reagiu aos PSS e aderiu ao chamado padrão Compaq. Além de implementar seus próprios canais, cada um acrescentou seus diferenciais, como rotinas que permitem configurar a máquina a partir do teclado (exemplo: processar em diferentes ciclos de relógio), asseguram a proteção dos programas nas instalações em rede, etc. O Nyda 386 da Monydata suporta toda uma gama de coprocessadores, permitindo ao usuário escolher do mais barato ao mais caro, conforme seus propósitos e seu bolso (32).

O "velho" PC-XT também não parou de evoluir, no mundo e no Brasil. Continua o preferido dos profissionais liberais e usuários individuais cujas aplicações não são tão sofisticadas para justificar a compra de um poderosíssimo mas proporcionalmente caro "386". Daí que os XTs crescem de memória, processam mais rápido, aceitam *winchesters* com maior capacidade e ficam mais baratos. Os japoneses – sempre eles! – lograram desenvolver PCs do tamanho de uma máquina de escrever portátil (33). Um dos caminhos dessa evolução é a substituição de dezenas de circuitos de baixa integração por novos circuitos conhecidos pela expressão inglesa "gate-array". "Arranjo de portas"? "Portas ordenadas"? Este é duro de traduzir! No futuro, talvez, como "futebol" e "forró", escrevamos "gueitarrei"...

Os engenheiros da Microtec especificaram – para seus colegas da Elebra Componentes projetar – um *gate-array* que substituiu 30 circuitos integrados no novo PC-XT de 10 megahertz. Os da Itautec, em conjunto com os projetistas da Itaucom, substituíram 40 circuitos integrados por um *gate-array* no IS-30, XT de 10 megahertz e vídeo de altíssima resolução, lançado no segundo semestre de 1988. Eis o Brasil chegando à tecnologia microeletrônica.

(32) Além dos microprocessadores, os microcomputadores dispõem de circuitos integrados co-processadores dedicados exclusivamente ao cálculo matemático. São componentes caros mas opcionais. O Compaq 386 só aceita o co-processador Intel 80387 (US\$ 500 a unidade). O Nyda-386, aceita desde o 80287 (quase cinco vezes mais barato) até o Weitek 3167, três vezes mais caro.

(33) E a Softec, de novo pioneira, no início de 1989 colocou em nosso mercado o pioneiro PC portátil nacional.



O projeto do *gate-array* da Microtec e, sobre ele, o resultado: minúsculos *chips*.

Sala-limpa de difusão das pastilhas de circuito impresso, da Sid Microeletrônica.



6 Produto: o desenho

Há quem diga que a evolução dos circuitos integrados simplificou e quase banalisou o trabalho do engenheiro projetista – outra meia-verdade que tenta menosprezar a engenharia nacional na informática. Fosse assim, um engenheiro não se quedaria horas diante de uma estação-de-trabalho buscando os melhores caminhos para ligar as pastilhas numa complexa placa de circuito impresso.

Porém, é verdade que, em todo o mundo, boa parte do trabalho de projeto de UCPs, memórias e outros circuitos, transferiu-se dos fabricantes de computadores para os fabricantes de pastilhas microeletrônicas. A maioria dos produtores de computadores e periféricos não fabrica os circuitos integrados. Os principais projetistas e fabricantes de pastilhas não se destacam como fabricantes de sistemas. Na informática reinam a IBM, a DEC, a Fujitsu, a Olivetti, a Hewlett-Packard, a Compaq. Na microeletrônica, lideram a Intel, a Motorola, a Advanced Micro Devices, a Mitsubishi. Embora empresas como IBM e Fujitsu sejam, também, importantes fabricantes de circuitos integrados, a especialização domina e, cada vez mais, os produtores exclusivos de pastilhas ditam os rumos gerais da indústria.

A microeletrônica baseia-se nos conhecimentos da física do estado sólido. Sua matéria-prima são os materiais semicondutores, principalmente o silício. Fabricar um circuito integrado não é nada fácil. O silício é tratado por empresas especializadas – no Brasil, temos a Heliodinâmica, 100% nacional – e fornecido às fundições na forma de *bolachas* (ou "waffer") com até dez centímetros de diâmetro e meio milímetro de espessura. Cada bolacha pode conter pouco mais de cem pastilhas de meio centímetro de lado, cada uma.

Sobre esses minúsculos pedaços de silício são impressos, através de processos fotográficos especiais, os desenhos representando componentes e trilhas. Em seguida, a bolacha vai ao forno de *difusão* dentro do qual delicados processos químicos adicionarão a cada pedacinho as substâncias que lhe darão suas características elétricas. Retirada do forno, a bolacha ainda passa por outros processos industriais antes de ser definitivamente cortada. Cada circuito integrado é cuidadosamente montado em suportes metálicos e *encapsulado* em protetores de plástico ou cerâmica.

Ambientes totalmente assépticos envolvem todo o processo. Nas salas-limpas onde as pastilhas são difundidas e encapsuladas, não pode existir um só grão de poeira pois um grão de poeira é maior que a distância separando dois transistores. As pessoas que nelas trabalham, submetem-se, antes de ali ingressar, a um "tratamento de limpeza": numa ante-sala, potentes aspiradores sugam o pó depositado nos jalecos brancos, toucas e galochas com os quais se vestem. A iluminação é permanentemente amarelada por causa dos filmes fotográficos. Tudo lembra cenários de ficção científica.

Nos Estados Unidos e na Europa, as primeiras pesquisas com materiais semicondutores começaram nos anos 20, delas resultando diretamente a invenção do transistor. Em 1959, os engenheiros norte-americanos Robert Noyce (da Fairchild) e Jack Kilby (da Texas Instruments) lograram obter processos capazes de reunir vários transistores numa única pecinha de silício: o circuito integrado. As primeiras pastilhas continham menos de dez transistores. Em 1970, já era possível integrar cerca de mil. Em 1976, 32 mil. Em 1967, a Fairchild criara o primeiro *chip* com toda uma unidade de memória, armazenando 64 bits. Dois anos depois, a Intel, empresa fundada por Noyce, lançou a pastilha de 1K. E, em 1971,

apresentou o primeiro microprocessador: uma pastilha contendo todas as unidades de uma UCP de 4 bits.

O Brasil infelizmente ficou à margem dessa história (34). Somente em 1971, na USP, o professor Antonio Zuffo difundiu o primeiro circuito integrado no Brasil, com três transistores. E, em 1977, também na USP, o professor Edgard Charry difundiu a primeira pastilha de memória com 2 mil bits de capacidade, em 3 mil transistores.

Estávamos e continuamos muito atrasados em microeletrônica. Seja em pesquisa, seja em desenvolvimento e produção industriais. Uma primeira tentativa de instalar-se uma indústria microeletrônica nacional frustrou-se na década de 70. Em 1983, estimulada pelos anúncios oficiais de incentivos, a Sid comprou a fábrica da multinacional Philco, em Contagem, Minas Gerais, única no país capaz de difundir transistores e outros componentes "discretos" de silício.

Assumindo as instalações, os engenheiros da Sid não encontraram quem realmente entendesse do processo, quem fosse capaz de operá-lo sem permanente assistência e orientação vinda dos Estados Unidos. "Tivemos que fazer engenharia reversa de nosso próprio processo!", exclama o presidente da Sid Microeletrônica, o argentino Victor Blatt. Modernizaram os processos herdados dos anos 70 e desenvolveram outros para difundir circuitos integrados. A Sid investiu na aquisição de novos equipamentos, inclusive aparelhos analíticos para acompanhar a difusão e realizar medições no interior mesmo das pequeninas pastilhas. Foi instalado um laboratório junto à fábrica. "Antigamente, quando ocorria um problema, os materiais e as informações eram enviados a um laboratório nos Estados Unidos que fazia as análises e remetia de volta as receitas para correção de desvios ou conserto de equipamentos", explica Blatt. "A fábrica era um simples posto de fabricação sem inteligência. Sabia-se como fazer, mas não se sabia porquê. Hoje, nós temos capacidade para mudar nossos próprios processos."

Posto de fabricação sem inteligência - quantas fábricas de empresas multinacionais e mesmo nacionais não merecem também esta classificação?

Além da Sid, duas outras empresas nacionais propuseram-se a investir na microeletrônica, respondendo a um programa lançado pela SEI: a Itaucom, ligada ao Grupo Itaú, e a Elebra Componentes, ligada ao Grupo Docas. Mas, fora a Sid que comprou a Philco, as outras empresas adiaram seus planos de fabricação porque o Governo custou a definir-se sobre os necessários e prometidos incentivos. Tornaram-se, basicamente, empresas projetistas, encomendando, no exterior, a difusão de suas pastilhas. A Sid Microeletrônica, que ainda não difunde integrados mais complexos em Contagem, associou-se a um grupo de engenheiros saídos do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Telebrás, liderados por Blatt, e fundou a Vértice Sistemas Integrados (VSI) (35).

Victor Blatt e seus sócios Antonio Frey de Alencar e José Marcos Laraya preocuparam-se, primeiro, em equipar a empresa. Ou seja, comprar os computadores e outros instrumentos necessários ao projeto de circuitos integrados. Conheciam os principais fornecedores de seus tempos no CPqD. Precisavam decidir: comprariam computadores grandes? Comprariam microcomputadores? Ou optariam pelas novas e ainda discutidas estações-de-trabalho? Depois de três viagens aos Estados Unidos, conversas com amigos, visitas a feiras e congressos, decidiram-

(34) Em 1987, pesquisadores da IBM, na Suíça, anunciaram a obtenção da supercondutividade a temperaturas relativamente elevadas. A experiência foi repetida no Brasil, na USP, dois meses depois. Ou seja, a capacitação brasileira em infraestrutura e recursos humanos para a pesquisa já se mostra capaz de acompanhar os avanços científicos mundiais, algo impensável dos anos 20 aos anos 50, quando se fixaram as bases teóricas da semicondutividade, da energia nuclear, da eletrônica e de outros marcos do conhecimento no século XX.

(35) Nos países desenvolvidos é comum a separação empresarial das atividades de projeto e de fabricação. Nos Estados Unidos, principalmente, existem centenas de escritórios de engenharia especializados em projetar as pastilhas, subcontratando empresas fundidoras para produzi-las.

se pelas estações Mentor. Compraram sete e as instalaram numa ex-casa residencial na cidade paulista de Campinas.

Diante delas, engenheiros muito jovens trabalham gerando magníficos desenhos coloridos nos vídeos. Através do teclado e do camundongo "pilotam" um conjunto de programas que somam 200 milhões de linhas de código. Para desenvolvê-los, suportá-los, evoluí-los, a Mentor empregava, há dois anos, cerca de 300 pessoas. *Tecnologia dá emprego*. A VSI, hoje, reúne pouco mais de 50 profissionais. A Itaucom, só na sua área de projetos, soma outros 65 técnicos. Caso a evolução dessas empresas não seja abortada pelos inimigos da "reserva de mercado", estes empregos altamente qualificados e criativos crescerão cada vez mais em nosso país.

O trabalho começa na especificação. O cliente recebe cerca de 30 páginas de perguntas para responder. A VSI não chegou a estas 30 páginas por acaso. "Marketing a gente nem sabia que não tinha!" – confessa Blatt, fazendo coro com os pioneiros da informática que descobriram na prática as exigências de especificação. A experiência no trato com os clientes foi-lhe apontando o caminho e acrescentando folhas ao questionário. "Às vezes, a gente faz perguntas que o cliente nem imaginou", diz Blatt. Exemplo: "qual é a temperatura que costuma armazenar o equipamento onde irá o *chip*?"

Especificada a pastilha, os engenheiros dão início à "captura do esquemático". Os transistores e demais componentes que integrarão o circuito têm parâmetros conhecidos: encontram-se nos livros ou nos documentos dos fabricantes. Ligá-los porém de forma a obter uma determinada resposta sob determinadas condições requer esforço intelectual. O projetista, em sua estação-de-trabalho, lança mão de vários programas-simuladores, "chama" enorme quantidade de informações contidas nos programas-bibliotecas, "exercita" diversas alternativas possíveis. As fases e os programas vão-se sucedendo: editor gráfico, alocador e roteador automático de células, verificador de regras de *layout*, extrator de parâmetros, extrator de circuitos. O trabalho pode levar um mês, seis meses ou mais de um ano, conforme sua complexidade. No final, as informações de projeto armazenadas nas estações são "descarregadas" nos traçadores automáticos ("plotters"), surgindo no papel os desenhos coloridos que gerarão as "máscaras", isto é, os fotolitos para a impressão fotográfica dos circuitos.

"O projeto consiste em gerar 'máscaras' ", resume Blatt. Exato. O produto da VSI ou da Itaucom ou da Elebra Componentes é um desenho. De certa forma, podemos dizer que os produtos da Cobra, da Scopus, da Itautec, da Edisa, de qualquer outra empresa de tecnologia são desenhos. Como também são desenhos ou descrições os *mais importantes, os mais valorizados, os mais protegidos produtos de qualquer sociedade efetivamente moderna*.

O universo da microeletrônica é grande e se expande. Nele nossa presença é tímida. Não temos tecnologia de projeto e de fabricação de microprocessadores. A esta altura, os elevadíssimos custos de "entrada" e a cartelização internacional do mercado não justificam nos aventurarmos por aí. A nossa tecnologia eletrônica ainda será, por muitas décadas, reflexo dos avanços acelerados e ilimitados que meia dúzia de grandes projetistas continuam a promover. Também não projetamos nem fabricamos pastilhas de memória, mas já as encapsulamos na Sid Microeletrônica e na Itaucom, importadas do Japão. A fronteira tecnológica atual são as pastilhas de 4 megabit. Um consórcio liderado pelo Governo dos Estados Unidos, incluindo centros de pesquisa e empresas fabricantes; outro consórcio internacional europeu; os japoneses e um empreendimento conjunto de US\$ 100 milhões envolvendo governo, iniciativa privada e centros de pesquisa coreanos concorrem pela liderança nessa fronteira. Desta corrida já ficamos fora.

A VSI, a Itaucom e a Elebra dedicam-se a projetar *gate-arrays* e *standard-cells*. Produzidas para executar funções pré-definidas por quem encomendou, não são pouco tecnologicamente e são um bom negócio empresarial: em 1985, esses tipos de pastilhas representavam 34% do mercado mundial de circuitos integrados. Em 1990 deverão abocanhar 48%.

Nos *gate-arrays*, o projetista traça as ligações dentro da pastilha, conforme especificado, pois as fundições mantêm, "em prateleira", bolachas semi-acabadas, já com os componentes em seus lugares. A vantagem do *gate-array* é a redução do tempo de fabricação a um mês. Desvantagem: paga-se pelo silício não usado. São os preferidos para substituir dezenas de pastilhas menos sofisticadas nas máquinas: facilitam a execução dos projetos, baixam os custos de produção, reduzem as necessidades de manutenção.

O *standard-cell* é mais complexo. A partir da especificação, o projetista desenha integralmente a pastilha para a fundição fabricar sobre bolachas "limpas". O projeto é mais difícil e a fabricação mais demorada. Entretanto o custo industrial é inferior ao do *gate-array* por consumir apenas o silício necessário.

A VSI já projetou mais de 35 circuitos dedicados. A Itaucom, outros 30. Quando a Microtec ou a Itautec encomendam *gate-arrays* para os seus PCs-XTs no Brasil, ou quando a Elebra coloca - pioneiramente, no mundo - três *gate-arrays* numa de suas impressoras, a *Olívia*, projetados na Elebra Componentes, engenheiros brasileiros trocam com engenheiros brasileiros os seus conhecimentos, as suas qualificações e - por que não? - o valor econômico de seus trabalhos. O que ainda não é possível no projeto e fabricação dos "386" nacionais. Nestes, importamos os *gate-arrays* mas, em fevereiro de 1989, 26 fabricantes se consorciaram na Tecnologia de Circuitos Integrados S.A. - Tecisa, dispostos a investir US\$ 1 milhão no desenvolvimento, em 18 meses, de um substituto nacional.

A engenharia microeletrônica brasileira começa a entrar no mercado externo. A VSI fornece para a Ford, em Detroit. Anualmente, Blatt e seus concorrentes internacionais participam de uma reunião com o Diretor de Projetos Especiais da montadora multinacional que expõe os seus planos para aguardar as propostas. "O difícil é entrar", explica. "Começamos como 'segunda-fonte'. Mostramos nossa competência e, agora, brigamos de igual para igual com outros projetistas. Hoje, somos reconhecidos como fornecedor mundial de alto nível".

7

Assunto dominado

Por volta de 1982, passada a fase inicial de instalação da indústria nacional de informática, as empresas integradoras começaram a mirar o futuro. No exterior, os supermínis ocupavam a faixa superior à dos mínis: UCPs mais poderosas de 32 bits suportavam mais de 100 terminais e armazenavam de seis a 16 megabytes na memória. Mas, vezes nos meios técnicos duvidavam da viabilidade imediata dessas máquinas em nosso mercado. A SEI e as empresas discutiam. A Edisa preferiu acreditar nas suas próprias projeções e lançou-se no desenvolvimento de um produto intermediário entre o míni e o supermíni: o supermicro. Projetou-o baseado em seus já conhecidos microprocessadores Motorola 68000. Não se arrependeria.

Os técnicos não ignoravam que, nos Estados Unidos, surgiam máquinas multiusuárias com 68000 "rodando" Unix. Chegavam ao Brasil, via imprensa internacional, os comentários prevendo a padronização dessa faixa do mercado em torno do programa da AT&T. A SEI decidiu que deveríamos licenciá-lo e estimulou os fabricantes nacionais a formarem uma empresa de representação para conduzir os entendimentos com os norte-americanos. Assim nasceu a Associação para o Desenvolvimento da Informática, integrada por cerca de 20 empresas, inclusive Cobra, Sid, Edisa, etc. Como nas oportunidades anteriores, jamais nos propusemos a "fazer tudo". Neste caso, licenciar o código-fonte demonstrava-se mais simples e eficiente para a evolução tecnológica das empresas nacionais que recriá-lo com nossos recursos humanos e materiais. Só que o Departamento de Comércio norte-americano vetou o licenciamento do Unix ao Brasil. Os entendimentos começaram a ser conduzidos em banho-maria. E vieram se arrastando até 1988. Dependência tecnológica dá nisso. (36)

Percebendo que o licenciamento do Unix não viria tão cedo, algumas empresas buscaram soluções alternativas. A Cobra, como vimos, desenvolveu o Sox a partir das especificações do Unix versão 5. A Edisa comprou da norte-americana White Smith, o código-objeto do Unix versão 3 e pôs-se a estudá-lo com a ajuda do NCE-UFRJ. Em dois anos, seus engenheiros desenvolveram o supermicro ED-680, de 16 bits, baseado no 68000 e "rodando" o Edix, um equivalente ao Unix 3. Com relógio de 10 megahertz, 10Mb de memória, suportando 16 terminais e um disco de 96Mb, chegou ao mercado na Feira da Sucesu de 1984 (37).

Desde então, não cessaram as evoluções. Para o ED-620, mais barato, os projetistas encomendaram um winchester de 29Mb à Elebra. No ED-650 substituíram o 68000 pelo 68020, de 32 bits, obtendo ciclos de relógio de 16 ou 25 megahertz (conforme o modelo), 32Mb de memória, suportando até 64 terminais e seis discos de 408Mb. No ED-690, suportando mais de 200 terminais, construíram vias capazes de "endereçar" palavras de 64 bits. Depois veio a série V e, em 1989, o V-4 introduzindo o novo microprocessador 68030.

(36) "EUA bloqueiam tecnologia para Brasil", por Cristina Chacel, *Jornal do Brasil*, 14/11/86.

(37) No desenvolvimento do ED-680, os engenheiros da Edisa adotaram algumas soluções pouco ortodoxas como, por exemplo, construir uma unidade de gerenciamento de memória (UGM) ("memory management unity", MMU), dispensando a fornecida pela Motorola. Fizeram-no porque desejavam obter níveis de desempenho impossíveis com a UGM original. Não é uma decisão simples de ser tomada por uma equipe técnica pois envolve custos e riscos. Este é um bom exemplo do conceito de autonomia tecnológica: não implica em "fazer tudo", mas sim em estar capacitado a tomar as decisões julgadas convenientes, independentemente das soluções prontas e acabadas vindas do exterior. A UGM da Motorola não foi avaliada por ser "pior" ou "melhor". Apenas, a Edisa precisava de "outra".

Paralelamente, o Edix evoluiu para o *Edix 5*, compatível com o Unix V.2. Sob ele, "roda" o *Sistema Operacional Transaccional (SOT)*, escrito inicialmente para o ED-381. Também foi-lhe adicionado, em 1986, o *VPM*, um programa de máquina virtual com 28 mil linhas de código-fonte escritas em C e outras 4,7 mil linhas em linguagem de máquina, desenvolvido pela equipe de Francisco Bernardo Moser Filho, gerente da Divisão de Sistemas. Destinado à comunicação de dados, permite ao operador "fingir" que tem na sua máquina diferentes padrões de protocolos, tais como o X-25, o BSC-3, etc. "No exterior", explica Moser, "a comunicação de dados com Unix depende do fabricante. Não é nada confortável modificar o comportamento de uma máquina. Para falar com X-25, você é obrigado a usar uma certa aplicação, determinada biblioteca, determinada placa. Para fazer seu próprio aplicativo, você enfrenta muitas restrições. O VPM é aberto, permite ao usuário desenvolver seu próprio protocolo."

Quando a IBM se queixa

Enquanto a Edisa decidia os seus rumos, seus concorrentes confundiam-se com uma das mais polêmicas decisões da SEI: a concorrência para os supermínis. A Cobra e a Sid pretendiam desenvolver seus próprios produtos, confiantes na capacitação adquirida. Outras empresas, ausentes do mercado de mínis, manifestaram interesse em "entrar" nos supermínis mas licenciando tecnologia. Depois de muita polêmica, a SEI acabou aceitando todas as propostas. O Grupo Docas, até então especializado em periféricos através da Elebra, trouxe para o Brasil a afamada linha Vax da Digital Equipment Corporation (DEC). A Itaotec, até então concentrada na automação bancária e nos micros, trouxe um IBM-compatível, da norte-americana Formation.

Diante de novos concorrentes autorizados a entrar no mercado com máquinas importadas – repetindo o ciclo de nacionalização dos mínis – a Cobra, a Sid e a Labo viram-se sem condições de competir através de produtos que ainda seriam desenvolvidos. A estatal, em que pese o generalizado mau humor de seus técnicos, licenciou a tecnologia da linha *Eclipse*, da Data General, maior concorrente da DEC nos Estados Unidos. A Labo voltou a socorrer-se com a Nixdorf. E a Sid, confessa seu presidente Antonio Carlos Rego Gil, "ficou sem produto."

"O supermíni foi a grande desgraça tecnológica da década", diz, sem meias-palavras, Frederico Couto. "Desviou recursos escassos, revelou-se um engano mercadológico." Lino Rolo, mais comedido, não esconde os maus resultados e, principalmente, sua "decepção porque as regras do jogo não foram seguidas." Mas garante que, quanto à Itaotec, o "fundamental foi termos absorvido a tecnologia."

Durante um ano, 12 engenheiros da Itaotec, liderados pelo argentino Simon Schwartzman, viveram nos Estados Unidos, absorvendo a tecnologia da Formation. Além de conhecer as entranhas do computador que, no Brasil, foi comercializado como *I-9000*, estudaram soluções alternativas não previstas no projeto original, inclusive o desenvolvimento de "ferramentas" para alterar o microcódigo, adaptando-o aos periféricos nacionais. Tudo o que aprenderam, aplicaram no desenvolvimento do *S-3700*, novo supermíni da Itaotec, lançado em novembro de 1988, inteiramente projetado no Brasil. "A Formation não acompanhou esta evolução", informa Schwartzman, "até porque desistiu de continuar nesse mercado. Não pagamos 'royalties', nem consultoria. Hoje, nosso relacionamento é apenas social."

Os estrategistas de mercado afirmam que, a cada dois anos, uma empresa deve lançar nova versão de um determinado tipo de equipamento, com substanciais melhorias na relação preço/desempenho (38) – o que implica em aumentar as funções e capacidade de processamento sem elevação proporcional no preço. No caso, o *I-9000* ocupava 12 placas de memória com 1.248 pastilhas para armazenar,

(38) Refere-se à relação entre o preço do computador e sua capacidade de executar milhões de instruções em um segundo.

no máximo, 8Mb. O S-3700 armazena 16Mb em apenas três placas com 156 pastilhas da mais recente geração. Cada placa controladora de terminais suporta 12 terminais no S-3700, contra apenas quatro no seu antecessor.

Para lograr tais melhorias, os engenheiros da Itaotec precisaram entender o "instruction mix" da máquina, isto é, a frequência com que cada instrução é executada. Disponham de três documentos: uma tese acadêmica da Universidade de Stanford; um texto escrito por engenheiros da Hewlett-Packard que conflitava com a tese de Stanford; e um documento desatualizado da Formation. Diante da precariedade de fontes, resolveram desenvolver uma "ferramenta" para "levantar" o "instruction mix" de qualquer máquina: uma placa para monitorar as instruções que estão sendo executadas (número de vezes e tempo de cada execução), gerando informações que, através de um analisador lógico, são "traduzidas" para um micro e, neste, estatisticamente avaliadas por um programa apropriado. Foi o primeiro trabalho feito no Brasil pelo grupo de Schwartzman, depois que retornou dos Estados Unidos. "Isto é fantástico!", exulta ele. "Tem até valor acadêmico!"

O sistema operacional do S-3700 é o VS-1 da IBM, vendido, por acordo de representação, pela Itaotec. Como os computadores da Amdhal norte-americana, da Fujitsu japonesa e de muitos outros fabricantes internacionais, o S-3700 é um PCM ou "plug compatible machine" (máquina com conectores compatíveis): "roda" os sistemas operacionais e outros programas básicos da IBM". "A IBM é pragmática", comenta Rolo. "Não vê sentido em combater concorrente que usa sua própria arquitetura. Ela até quer esse tipo de concorrente". Explica-se: muito mais custoso e demorado que desenvolver uma máquina é escrever o sistema operacional e outros programas básicos. "Nem os japoneses o fizeram", lembra Rolo. Logo, não deixa de ser um bom negócio: toda vez que alguém vende um PCM, ganha mais um cliente para algum sistema operacional, monitor de comunicação, gerenciador de bancos de dados e outros programas básicos da IBM ou mesmo para alguns de seus exclusivos periféricos. Ela não tem do que se queixar...



Operárias montam unidades de disco winchester na sala-limpa da Flexidisc.



Visão parcial da sala-limpa da Microlab, a maior da América Latina, com 250 metros quadrados.

Ela se queixa - e muito - é dos concorrentes que oferecem ao mercado soluções inteiramente independentes. Foi o que a Digirede aprendeu ao comercializar o *Transax*, um novo sistema operacional de 1,5Mb que começou a desenvolver em 1984, consumindo, nestes quatro anos, US\$ 13 milhões e o trabalho de 120 engenheiros. Baseado no conceito de processamento em transações, garante melhor desempenho no teleprocessamento, diminui em muito os riscos de queda do sistema e requer menos investimentos na instalação das redes. Em termos práticos, elimina a necessidade de aquisição dos custosos grandes computadores e de suas controladoras de comunicação, o cerne dos negócios da IBM. "A gente propôs outro padrão padrão", afirma Arnon Schreiber. E, por isto, não demorou a chegar aos seus ouvidos o que os vendedores da IBM vinham dizendo aos clientes sobre os "riscos" de adotar o sistema da Digirede.

Enfrentando a enraizada cultura dos CPDs e os vendedores da IBM a advertir os usuários para os "perigos" de trocar um fornecedor tradicional por outro sem passado e com o futuro dependendo das flutuações de nossa economia e do destino de nossa "reserva de mercado", a Digirede, até o final de 1988, logrou vender o *Transax* para a Bolsa de Valores de São Paulo e outros sete clientes. A Bovespa substituiu dois grandes computadores A-9 da Burroughs, por dois supermicros 8700, suportando cada um 250 terminais. O tempo de resposta caiu de 30 segundos, nos A-9, para cinco segundos. (39)

Passada uma década, já vão longe os tempos em que nossos engenheiros mal confiavam na própria capacidade para, simplesmente, fabricar um produto que funcionasse. Hoje, sabem o que conseguiram e, também, o que falta atingir - afinal, partindo do zero, não pretendem já ter alcançado tudo.

Podemos medir o grau de amadurecimento tecnológico da indústria pelos temas que hoje ocupam o "núcleo de decisões de projeto". Na Elebra, por exemplo, "o controle de acústica está no núcleo de decisões do projeto" de suas próximas impressoras, informa Leopoldo Pereira, cujo currículo inclui destacada participação nas equipes da Cobra que nacionalizaram o Argus e projetaram o C-530. Para tanto, a Elebra dispõe de um laboratório de acústica onde submete seus novos protótipos a testes que indicam os melhores materiais e os desenhos mais adequados para abafar os ruídos. "Certamente, os próximos produtos já sairão com

(39) O 8700 é um supermicro dotado de cinco microprocessadores Motorola 68020. Além da velocidade e capacidade maior de processamento, os múltiplos processadores asseguram a absoluta infalibilidade da máquina: se um microprocessador falhar, suas tarefas são assumidas por outro, sem que o operador perceba. O conceito de "computador-sem-falhas", introduzido pela Tandem, nos Estados Unidos, em 1976, é ideal para aplicações bancárias, de controle de tráfego aéreo e outras, onde qualquer interrupção causa pesados prejuízos a empresas e consumidores.

nível de ruído compatível com o que se está fazendo no mundo", promete Pereira. Haja atraso!...

Para chegar até aí, a Elebra aprendeu a desenvolver a eletrônica e programas-residentes que, ao menos, imprimissem os caracteres da língua portuguesa (*Emília*, em 1983) (40); a aprimorar a mecânica (*Mônica*, em 1984); a aumentar a velocidade de impressão com dois microprocessadores e a injetar todo o gabinete numa única peça de plástico (*Diana*, em 1985); e, finalmente, a produzir uma impressora toda em plástico (exceto o eixo da cabeça), três *gate-arrays* e um programa-residente incorporando as mais exigentes funções dos atuais microcomputadores (*Olívia*, em 1988).

A Digital também confessa o seu atraso... "Faltam-nos as tecnologias de modulação em treliça e cancelamento de eco para nos equiparmos ao melhor dos fabricantes do mundo", revela Jaime Barreiro Wagner que, em 1979, junto com Gilberto Soares Machado, ambos oriundos do departamento de Física da UFRGS, fundou a empresa na garagem da casa do professor Rochol, em Porto Alegre. Fizeram à mão os seus primeiros dez modems banda-base (41). Enfrentaram dificuldades que iam desde a falta de recursos até o bloqueio do maior mercado comprador - a Embratel - por fornecedores mais antigos, com tecnologias estrangeiras. Furaram o bloqueio projetando e fabricando um equipamento de teste ("test-set") cuja qualidade convenceu os técnicos da estatal sobre a competência da nova empresa. Depois, contrataram a definição do multiplexador estatístico na UFRGS (42). Em julho de 1984, deram a partida para o projeto de seu primeiro modem de alta velocidade, mercado até então dominado por tecnologias importadas.

O salto exigiria o domínio da tecnologia de processamento digital de sinais. Como, desta vez, a Digital não encontrou capacitação entre os pesquisadores da UFRGS, Wagner orientou um de seus engenheiros, Marcos Tschoepke, para pesquisar na biblioteca tudo o que se referisse a processamento digital de sinais, relacionar todas as fontes bibliográficas, localizar através do Instituto Brasileiro de Informações Científico-Técnicas (Ibict), livros, textos mimeografados, conferências impressas em todo o mundo e providenciar sua importação. Ler tudo, estudar.

Ao cabo de um ano, Tschoepke declarou-se pronto para definir o produto. Wagner, por esta época, informara-se em alguma revista técnica sobre o crescimento, nos Estados Unidos, do mercado para o *V22-Bis*, padrão para modems de "alta", ideal para a comunicação entre microcomputadores (43). Claro, o que faz sucesso nos Estados Unidos, mais cedo ou mais tarde chega ao Brasil. Determinou que o novo produto se destinasse ao previsível mercado de *V22-Bis*. Em 1986, a Digital tornou-se a primeira empresa brasileira a oferecer esse equipamento no país, o que lhe valeu, da Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul (Fiergs), o Prêmio Distinção e Indústria 1988. Atualmente, a Digital desenvolve modems de muito alta velocidade: 9.600 bps com dois fios, 14.400 e 19.200.

Enquanto isso, a Multidigit, após a engenharia reversa do "cinco", fez o "dez", experimentou o "quinze" que o mercado refugou e, finalmente, chegou ao *winchester* de 20Mb com duas mídias de 10Mb cada uma, concepção original de Joseph Elbling. Também aprendeu a construir as cabeças, exceto o magneto (50% do custo) que prefere importar. Tentou produzir as mídias, projetou um equipamento para fabricá-las mas convenceu-se de que os custos não compensariam. Desenvolveu o motor-sem-escovas que gira os pratos, mas não o fabrica também por razões econômicas.

(40) Os programas-residentes são cruciais em qualquer projeto de impressora pois asseguram a execução das "ordens" enviadas pelo computador. Quanto mais complexos e versáteis tornam-se os computadores, mais trabalho têm os projetistas das impressoras, elaborando os necessários programas-residentes.

(41) O modem banda-base transforma sinais analógicos em digitais.

(42) Ver capítulo 3.

(43) *V22-BIS* é um padrão de comunicação estabelecido pelo Comitê Consultivo Internacional de Telégrafo e Telefone (CCITT).

Dois complexos mecanismos, a Multidigit decidiu desenvolver, fabricar e pensa em exportar: o gravador de servo e o motor linear. O primeiro, um equipamento computadorizado, grava, numa das mídias, as informações que garantirão o correto posicionamento das cabeças. É que imperceptíveis mudanças de temperatura, de tensão ou de outras condições fazem variar a posição exata da cabeça sobre a trilha do disco. Estamos falando – não é demais lembrar – de altas velocidades e distâncias microscópicas (a distância entre duas trilhas nas mídias atuais é de 1,2 centésimos de milímetro!). Na fase final de fabricação de uma unidade de disco, grava-se, numa de suas mídias, informações que uma das cabeças lê continuamente de forma a corrigir o posicionamento das demais. Esta mídia é o servo. Graças à sua larga experiência com transdutores e servo-mecanismos, Elbling decidiu projetar o seu próprio gravador de servo que ainda neste ano de 1989 começará a fabricar e a vender para outras indústrias, no Brasil e no exterior. Foram 30 mil horas de trabalho de engenharia para "entrar" num mercado onde encontram-se, em todo o mundo, apenas cinco empresas.

O motor linear ou "voice coil" é um mecanismo indispensável na unidade de disco. Comanda o movimento horizontal das cabeças, funcionando por vibrações numa frequência entre 16 e 22 milisegundos. Substitui o motor-de-passo que, operando entre 50 e 55 milisegundos, é muito lento para responder às exigências dos velozes micros de 32 bits. No final de 1988, a Multidigit testava em seus laboratórios o primeiro protótipo de seu novo winchester com motor linear. "Tivemos muita sorte", observa Elbling. "Quando entramos neste campo, os discos eram 'normais', podíamos 'copiar'. Agora, todos têm seus chips especiais, principalmente para controlar os servomecanismos. A nova geração, só fará quem conhecer profundamente a tecnologia. Nós já podemos especificar. Daqui para frente, só faremos winchesters com nossos 'voice-coil'."

Se exportar é tido e havido como o maior sinal de amadurecimento de uma indústria, a Sid fornece, em OEM, os sistemas de automação bancária que a Bull francesa vende na Argentina. A Itautec instalou um sistema de automação comercial em Portugal. A Compart fornece unidades de fita à IBM que as exporta integradas em seus sistemas. São só os primeiros passos. Mas não se anda mil passos sem dar o primeiro.

Além de exportar produtos, o Brasil também se apresenta como promissor exportador de tecnologia. A Sistema, tradicional fornecedora no mercado de processos industriais, em 1983, licenciou tecnologia da Reliance Electric para fabricar controladores programáveis no Brasil (44). São equipamentos que fiscalizam o funcionamento de válvulas, relés e outros pontos críticos numa instalação industrial, através de complexa rede controlada por computador. Os programas são escritos em *Lader*, linguagem própria para processos industriais. A Sistema substituiu o microcomputador especial da Reliance baseado num Motorola 68000 pelos PC-Pac da Microtec (Intel 8088), obrigando-se a escrever um novo compilador e outros programas para "rodar" sob um sistema operacional do tipo MS-DOS. Ao todo, foram 380Kb de programas. Como, também nos Estados Unidos, muitos clientes manifestavam interesse em colocar PCs em seus CPs, a Reliance concluiu ser mais simples e mais barato licenciar o resultado do trabalho dos engenheiros da Sistema.

Seja nacionalizando os primeiros projetos, seja pesquisando a partir da Universidade, seja capacitando-se pela engenharia reversa, nossa indústria de informática, neste preciso momento, alcançou os calcanhares da indústria internacional e até já se vê com vantagens neste ou naquele item tecnológico, numa ou noutra parte crucial dentro de um equipamento, em algum importante diferencial. "Nós já estamos no diferencial e é o diferencial que vai garantir a 'reserva' ", assegura Sergio Bordini. O nível de capacitação atingido pelas empresas, a padronização dos mercados internacionais em torno dos PCs, dos Unix,

(44) A automação industrial é um ramo da informática ainda muito jovem no Brasil. Inclui controladores programáveis, comandos numéricos computadorizados, robôs, etc. Para produzi-los, a SEI promoveu concorrências em 1983 e 84 nas quais quase todos os interessados se apresentaram trazendo consagradas tecnologias estrangeiras.

dos processadores Motorola e Intel levam muitos engenheiros a propor novos caminhos onde a prioridade estaria na incorporação de diferenciais nacionais aos padrões internacionais como estratégia para "entrar" nos mercados externos. "A gente pode contribuir para o avanço do estado-da-arte internacional agregando aquilo que ninguém fez", insiste Bordini. A tese não é unânime. Mas – certa ou errada – indica claramente que, para os nossos engenheiros, tecnologia de projeto é assunto dominado.

8 Saber fazer

Tanto quanto precisaram aprender que tecnologia inclui mercadologia, os engenheiros brasileiros que construíram a indústria nacional de informática também aprenderam que apenas projetar não basta: há que saber fabricar.

E nisto não tiveram professores.

Motivo um: as tecnologias de processo costumam acompanhar as tecnologias de produto. Ora, se não há importação destas, também não haverá daquelas.

Motivo dois: nos casos em que vieram do exterior as tecnologias de produto, não foi possível trazer as de processo pelas diferenças de escala, produtividade, porte, etc., entre o (grande) fornecedor estrangeiro e o (pequeno) empresário nacional receptor.

Motivo três: aqui não se faz engenharia reversa. A recriação de um processo exigiria a entrada de um grupo de engenheiros dentro de uma fábrica concorrente, nela permanecendo um bom tempo, acompanhando seus métodos e examinando seus equipamentos, o que por certo não seria permitido pelo dono da empresa. "As tecnologias de processo são restritas, não são muito divulgadas", diz Paulo Roberto Bhrum, engenheiro industrial da Digitel. A literatura é escassa. Os engenheiros, com base em seus conhecimentos teóricos, aprendem na prática, nos erros e acertos.

O trabalho de fabricação de equipamentos de informática se divide em três grandes etapas: *montagem*, *teste* e *integração*. Na primeira etapa, trabalhadores de pouca formação escolar – ou robôs, nas fábricas mais modernas – montam os componentes nas placas de circuito impresso, fixam cabos e executam outras atividades típicas de montagem. Na segunda etapa, trabalhadores de formação escolar média "pilotam" programas de teste especialmente escritos para verificar os acertos e os erros oriundos da montagem. Na terceira, outros trabalhadores de nível médio juntam num mesmo equipamento – mais correto seria dizer "sistema" – as suas diferentes partes (UCPs, memórias, periféricos, etc.) e realizam os testes finais antes da entrega do produto ao cliente (45).

A rigor, montar um computador não é muito diferente de montar um aparelho de televisão ou uma central de comunicação digital. Nos principais países do mundo, inclusive na Coréia, estes três segmentos – informática, eletrônica de entretenimento e telecomunicações – formam um bloco industrial único, o complexo eletrônico. As elevadas escalas de produção de placas de circuito impresso para aparelhos de televisão e de videocassete contribuem decisivamente para reduzir os custos de produção dos computadores e seus periféricos: a mesma linha que monta uma placa para televisores pode montar outra para computadores de pequeno porte. Infelizmente, a indústria nacional de informática não contou com essa vantagem. No início dos anos 70, florescia em nosso país importante indústria eletro-eletrônica, dotada de razoável domínio da tecnologia, espalhada pelo Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e outros estados. Então, a abrupta introdução dos aparelhos de televisão a cores e a criação,

(45) As fábricas de impressoras e de discos são mais complexas. Para montar impressoras, requer-se uma linha exclusiva de montagem mecânica na qual, em cada posto, o trabalhador utiliza dispositivos apropriados para precisas medições, ajustes, encaixamentos, etc. Nos discos, a montagem das cabeças é monitorada em vídeo e toda a integração se faz em salas-limpas pois um grão de poeira é maior que a altura de vôo entre a cabeça e a mídia.

paralelamente, da Zona Franca de Manaus liquidaram o parque industrial eletro-eletrônico brasileiro.

Consequência: à exceção da Cobra, que recrutou seus engenheiros industriais na Standard Elétrica, do Rio, e de alguma outra empresa paulista ou gaúcha, as linhas de montagem dos computadores nacionais surgiram virtualmente do nada. No início, a ignorância era grande. Gilberto Machado confessa que desconhecia os testes de envelhecimento ao vender seu primeiro lote de modems para o Centro Tecnológico da Aeronáutica, em São José dos Campos. Em uma semana, a maioria dos equipamentos apresentou defeitos nos circuitos. Na Edisa, os funcionários, sem qualquer cuidado, tiravam os componentes importados do Japão de seus saquinhos plásticos, espalhando-os sobre mesas para posterior redistribuição pelos postos de montagem. Diante da alta taxa de defeitos "no campo", realizaram testes e perceberam que os componentes não resistiam às elevadas tensões elétricas absorvidas durante simples manuseio. Os saquinhos não eram meras embalagens, protegiam os materiais da estática. Os técnicos aprenderam a manuseá-los corretamente e a enfeitar suas montadoras com pulseiras anti-estáticas, adereços corriqueiros em qualquer indústria eletrônica.

A montagem é um trabalho rotineiro e repetitivo. Em geral recrutam-se mulheres para essa atividade, alegando-se que são mais pacientes e cuidadosas. Inspiraram-se nas bordadeiras, talvez... A montadora ocupa o seu posto: com movimentos ritmados e precisos, coloca pequenas pecinhas em seus exatos lugares, orientada por um desenho de montagem que reproduz a placa trabalhada. Ela encontra cada tipo de componente convenientemente separado em gavetas ou pequenas gôndolas à sua frente.

Depois, os componentes são definitivamente fixados por solda, de uma só vez, num aparelho especial de solda-onda. Por fim, uma equipe de inspeção – que, nas fábricas maiores, soma algumas dezenas de operárias – munida de grossas lupas, examina cada placa à procura de falhas nas soldas, componentes mal colocados, esquecimentos.

Tudo aparentemente muito simples, tudo, na verdade, exigindo cada vez mais conhecimentos por parte dos engenheiros. As empresas maiores montam, nas mais diversas quantidades, uma grande variedade de placas. Desde 40 ou 50 unidades por mês de um certo modelo até 400, 500 ou 4 mil de outros modelos. Algumas placas têm poucas dezenas de componentes, outras têm centenas. Como, pelas mãos de uma mesma montadora, passam diferentes tipos de placas num mesmo dia, a velocidade do trabalho e o índice de erros dependem das aptidões individuais, do treinamento, das condições do ambiente e, sobretudo, da maturidade do produto. Uma placa nova é vítima de mais erros que outra já velha conhecida das operárias.

Uma vez montadas, as placas são submetidas a testes de funcionalidade. Os engenheiros desenvolvem bancadas de teste ou "jigas" que simulam o exato funcionamento do produto acabado. A placa é posta para operar como se estivesse no interior mesmo do computador ou do periférico. Os engenheiros geram programas de teste especiais que, em alguns casos, chegam a somar 7 mil linhas de código-fonte, a exemplo do sistema operacional de teste escrito pela engenharia industrial da Cobra para o supermicro X-20. Técnicos de nível médio executam tais programas e conferem os resultados nos monitores de vídeo, osciloscópios e outras unidades que compõem as jigas.

O teste é um trabalho essencial numa indústria eletrônica: os componentes podem vir falhos do fornecedor, a inspeção não detectou um erro, a solda-onda acumula impurezas que provocam curtos nos circuitos. A "jiga" denuncia os problemas. Detectada uma placa defeituosa, remetem-na para um setor à parte, onde novos e mais detalhados testes acusarão o exato defeito para as correções necessárias.

Concluída a bateria de testes, inicia-se a integração: a colocação, nos gabinetes, das placas, das fontes de alimentação, dos equipamentos periféricos, etc. Embora seguros de que tudo funciona, os engenheiros precisam saber por

quanto tempo: nada mais desmoralizante que um equipamento "dar pau" com uma semana de uso. Para evitar falhas "em campo", o produto sofre duros regimes de envelhecimento precoce – o "burn-in" no palavreado dos engenheiros. O mais comum desses regimes submete as máquinas, em câmaras especiais, a súbitas e aceleradas mudanças de temperatura ambiente, numa faixa entre 20 e 50 graus centígrados. Testes de envelhecimento mais simples são o liga-desliga (o equipamento é ligado e desligado milhares de vezes em curtos períodos de tempo) ou o funcionamento contínuo (o equipamento é deixado a funcionar, em temperatura ambiente, durante dezenas de horas). Ao cabo, componentes e materiais menos resistentes, por falha de fabricação, acusarão a fadiga. O tempo e a carga destes testes não se encontram nos livros. Cada produto é um produto. Os parâmetros variam de fábrica para fábrica, definidos pela experiência, recursos materiais e competência técnica de cada equipe de engenharia industrial

A maioria dos fabricantes negligenciou os processos na aurora da indústria. Por inexperiência, falta de recursos, despreocupação quanto a concorrentes internacionais ou por mera definição de prioridades tecnológicas, o certo é que os problemas de fabricação tardaram a merecer os devidos cuidados.

Entre os que, desde logo, atentaram para o desenvolvimento de processos, destaca-se a Cobra. Sendo estatal, propôs-se como modelo tecnológico até na produção. Sua fábrica, inaugurada em 1979 no bairro carioca de Jacarepaguá, era das mais modernas da época. Introduziu a inserção automática de placas, o teste nodal e o envelhecimento controlado por computador. Na inserção automática (ou, melhor, semi-automática), as montadoras limitam-se a segurar e posicionar as placas com as mãos, enquanto os componentes vão sendo inseridos, lembrando um enorme grampeador de papel. O teste nodal é realizado por computadores especiais, mais conhecidos como "camas-de-prego" ou "testadores 'in circuit'". "Exercitam" cada circuito individualmente, em bandejas contendo centenas de pinos metálicos (daí, "cama-de-prego") que contactam todos os pontos de conexão dos circuitos.

O grande orgulho dos engenheiros industriais da Cobra é o "Polvo", apelido do computador que comanda o envelhecimento por variação de temperatura – ou "sazonamento", como dizem os técnicos da estatal, únicos aliás preocupados em nacionalizar não só a tecnologia como, também, a linguagem técnica. Projetado por Luís Eduardo Ferreira, é um minicomputador que "administra" doze compartimentos, em cada um se colocando um produto para teste. A execução do programa varia automaticamente conforme as reações observadas em cada compartimento, o que fornece aos técnicos informações individualizadas sobre cada equipamento testado. A Cobra fabricou e possui dois "Polvos", não havendo similar em nenhuma outra fábrica nacional, nas quais o envelhecimento por temperatura é feito, por lotes de produção, numa única e grande câmara climatizada.

Outras grandes empresas, a exemplo da Sid, da Digirede, da Itaotec, preocuparam-se há mais tempo com os processos, já automatizaram parcialmente a montagem e realizam testes nodais. Em muitas, de dois anos para cá, produzir melhor e mais barato também passou a ocupar o "núcleo de decisões de projeto". As rotinas internas da fábrica estão entre as suas primeiras preocupações. Precisam reduzir o movimento de materiais entre as linhas, os testes desnecessários, os controles excessivos. "A gente está tentando eliminar tudo o que não agrega valor", resume Geraldo Silveira Mendes, gerente Industrial da Edisa. Isto implica em responsabilizar o montador pelo controle de qualidade do seu próprio trabalho. Claro, melhorando seu treinamento e sua remuneração. "O montador deve-se conscientizar de que seu erro será imediatamente detectado", explica Julio Seneghini, diretor Industrial da TDA, fabricante de terminais de vídeo. O comum, hoje em dia, é cada trabalhador realizar sua parte e não tomar conhecimento de eventuais defeitos detectados lá na frente, pela equipe de testes. Na nova fábrica que a TDA vai inaugurar este ano ou nas linhas "releiautadas" (argh!...) da Edisa, o montador disporá de bancadas de testes para rápida verificação de acertos e erros. A inspeção se resumirá às placas que acusarem algum defeito.

Maiores mudanças virão na medida em que as empresas aderirem à montagem automática (46). No Brasil, sempre se alegou que escala e baixo custo da mão-de-obra impedem a automação. Os engenheiros fazem sua autocrítica e denunciam tal "mentalidade de contador". "Foi um erro não automatizarmos por causa de escala", reconhece Alvaro Cagnasso, da Edisa. Gilberto Machado, com a responsabilidade de empresário, pontifica: "Investimento calculado somente com base no retorno nem sempre mede ganhos intangíveis." O maior deles, sem dúvida, é a qualidade. Uma vez ajustada, a máquina repete a mesma operação milhares de vezes, exatamente igual, a tempos uniformemente exatos, sem erros. Não raro, isto vai refletir lá no cliente, diminuindo as chamadas por assistência técnica, aumentando o grau de satisfação. Resultado difícil de caber nas contas de um contador...

As fábricas se preparam para automatizar os testes. Segundo o engenheiro Sergio Mammede, da Digirede, 80% dos problemas detectados nos testes funcionais referem-se a componentes defeituosos, erros de montagem, curtos de solda. Uma vez acusado um defeito, engenheiros e técnicos podem levar até seis horas para localizá-lo. O testador nodal faz isto em um minuto e dez segundos. Só seguem para os necessariamente mais demorados e criteriosos testes funcionais as placas sem defeitos nos circuitos.

A vez do consumidor

Enquanto aprimora seus processos de fabricação, a indústria nacional de informática conscientiza-se de que a generalizada padronização tecnológica impõe novas estratégias de competição. Qualidade dos materiais, funcionalidade, elegância dos desenhos, resistência a falhas são as questões mais discutidas hoje em dia pelos engenheiros nos projetos de novos equipamentos. O consumidor começa a ser olhado com respeito.

Nos países industriais maduros - o Brasil está longe de ser um país industrial maduro - os consumidores sabem o que querem, munem-se de instituições idôneas de defesa dos seus interesses, pressionam as autoridades para agirem com eficiência e probidade na fiscalização da qualidade dos produtos. Já no Brasil...

Carecendo de padrões nacionais e de eficazes organismos de controle, a indústria de informática resolveu apoiar-se nos padrões internacionais. Agora, não estamos falando de padrões de mercado, tais como o Unix ou o PC, impostos por empresas líderes mundiais. Falamos de padrões normativos impostos por agências de governo nacionais ou supranacionais e mesmo por poderosos órgãos profissionais com influência internacional.

Ao longo dos anos, as normas técnicas tornaram-se autênticas reguladoras de mercado nos países industriais maduros, não raro prestando-se até à proteção das indústrias nacionais. A direção pela direita dos carros ingleses ou a tomada de três pinos, aparentes idiosincrasias folclóricas, originaram-se desse emprego protecionista das normas técnicas. Os empresários brasileiros sabem ser impossível penetrar nos mercados de países desenvolvidos, caso suas normas não sejam estritamente cumpridas, conforme atestado por algum organismo reconhecido publicamente, após um complicado processo burocrático.

A TDA é um exemplo de empresa que vem se preparando para enfrentar o mercado externo, atendendo às suas normas técnicas. Fundada por quatro engenheiros eletrônicos em 1981, à frente o seu atual presidente Carlos Rocha, começou produzindo terminais de vídeo compatíveis com os supermicros e computadores de grande porte instalados no Brasil. Já vimos que,

(46) A Digirede já instalou, e outros fabricantes o farão breve, equipamentos para *montagem direta em superfície* (ou "SMD", de "surface mounted display") que virtualmente automatizam toda montagem: insersoras automáticas de componentes os depositam numa placa coberta por um verniz especial onde são "grudados". Em seguida, num "tanque de solda", as placas são "mergulhadas" para definitiva fixação dos componentes. O processo permite reduzir as dimensões dos pinos e, conseqüentemente, das placas de circuito impresso e melhora, em muito, a qualidade do produto final.

eletronicamente, o terminal é um produto simples, baseado em microprocessadores de 8 bits, distinguindo-se pelos programas-residentes em eprom. Os primeiros terminais da TDA foram moldados num material plástico não-nobre, destes utilizados em divisórias internas de porta de geladeira.

Em outubro de 1985, a empresa concebeu o "Projeto Alfa": um novo terminal de qualidade bem superior que pudesse encarar de frente qualquer concorrente estrangeiro. Até setembro de 86, o trabalho de projeto priorizou os aspectos externos. Adotou-se a resina ABS que oferece a vantagem, entre outras, de incorporar a pintura no seu próprio processo de injeção. Com o tempo de uso, a pintura não desaparece, assegurando ao produto sempre uma aparência de "novo".

Depois de construírem inúmeros desenhos e maquetes, os engenheiros concentraram-se no desenvolvimento do ferramental. De setembro de 1986 a fevereiro de 88, trabalharam conjuntamente com os engenheiros da Tecnomolde – um dos maiores fabricantes brasileiros de material plástico – na construção nada trivial dos moldes para injetar o ABS. Paralelamente, entre julho de 1986 a dezembro de 87, desenvolveram a parte lógica. Este tempo realmente longo é atribuído pelo diretor de Engenharia, Alberto Santieri Filho, às idas e vindas da especificação do "firmware" junto aos clientes.

Em 1988, o novo terminal, agora chamado *Samurai*, chegou ao mercado. Todo o projeto buscou desde o início atender às normas técnicas norte-americanas. A escolha da resina ABS foi ditada por exigências dessas normas. Consideraram-se detalhes que aos olhos do usuário passam despercebidos – exceto quando, num acidente, notamos a falta. Um único parafuso fecha todo o gabinete. O desenho das entradas de ventilação protege-as dos cliques de papel que se perdem sobre as mesas de trabalho e somem por onde não devem. As teclas estão precisamente a 30 milímetros do tampo da mesa. Todo o material é resistente ao fogo. Componentes, peças, partes mecânicas e testes, tudo foi especificado para assegurar MTBF ao nível das exigências internacionais. Até construiu-se uma nova fábrica, oferecendo melhores condições de trabalho aos operários e técnicos, percebidas também como requisitos para a melhoria de qualidade.

Se existe atraso nos produtos brasileiros frente a seus concorrentes internacionais, estão nesses "detalhes" de desenho e processo. Não mais no projeto eletrônico. Em qualidade e custo é que precisamos chegar perto. Agora, porém, a indústria não depende mais de si. Ela aprendeu nestes doze anos que, para obter um bom produto, não basta reunir um grupo de engenheiros capazes. Placas, componentes, gabinetes, partes mecânicas, tudo vem de fornecedores.

A relação entre integradores e fornecedores ainda demora a ser resolvida. Se a TDA – após acumular quase cinco anos de dificuldades com seus fornecedores – decidiu concentrar esforços num trabalho conjunto com a Tecnomolde e com outros parceiros selecionados, os demais ainda tateiam um caminho. Sempre que possível, buscam a parceria. Esbarram muitas vezes no desinteresse de fornecedores diante do baixo volume de encomendas que, ainda por cima, lhes exigem esforços adicionais de capacitação. Luís Edmundo Cunha, diretor Industrial da Digirede, ironiza: "Ficamos ao sabor do mercado automobilístico. Quando vai bem, somos pessimamente atendidos. Quando vai mal, aí merecemos as atenções." Resultado: a informática responde ao atraso da metalurgia brasileira, não raro verticalizando toda a sua produção. Empresas como Cobra, Digirede, Multidigit, Elebra possuem conjuntos de tornos, perfuratrizes, fresadeiras, dignos de qualquer usina metalúrgica. Em novembro de 1988, começou a operar na Elebra uma moderna máquina de comando numérico computadorizado (CNC) para fabricar suas ferramentas e dispositivos de processo. No início deste ano, a Multidigit pôs em operação outra CNC, inteiramente desenvolvida e fabricada por ela mesma, destinada à completa usinagem dos "chassis" de seus *winchesters*.

Alguém já imaginara fábricas de informática construindo máquinas-ferramentas para uso próprio? Pois é. Nem um grupo de surpresos técnicos chineses que aqui esteve no ano passado, visitando nossas indústrias. Em nenhum país desenvolvido se vê isso. Integrador é integrador, fornecedor de partes e peças é fornecedor. "A Pertek, por exemplo, não sabe nada de usinagem", assegura

Joseph Elbling. "Sabe testar, sabe projetar o motor-de-passo, as outras partes, mas não sabe como fazer. Estas tecnologias quem tem são os outros fornecedores." Como, no Brasil, ninguém as tem, nossa indústria de informática as desenvolveu e hoje possui uma capacitação rara no mundo.

Não se pense que isto agrada. O preço é alto e quem paga é o consumidor. A Elebra enviou um de seus engenheiros numa viagem de estudos ao Extremo Oriente e ficou sabendo que, em Hong Kong, o "chassi" das unidades de disco custa quatro vezes menos que no Brasil. Devemos importar? A decisão não é mais da Política de Informática. Todo o parque industrial brasileiro está fechado em torno de si mesmo. Os impostos de importação eliminam os diferenciais de custos externos. Qualquer peça importada recolhe, no mínimo, 100% sobre o seu valor. O volume das encomendas também não ajuda: a Monydata descobriu que paga, nos Estados Unidos, US\$ 100 por um conjunto de componentes que custa US\$ 39 à Olivetti italiana. As empresas nacionais compram mil, 2 mil, 5 mil pastilhas de um mesmo tipo por mês; na Europa, Estados Unidos, Extremo Oriente, as encomendas são de 15 mil para cima.

Como se não bastasse, a indústria nacional de informática tem sido vítima dos monopólios internos. Apenas uma empresa (multinacional) fabrica cinescópios para monitores de vídeo. Luis Edmundo Cunha e Gilberto Machado fazem coro noutra denúncia: uma única empresa (multinacional) fabrica as lâminas virgens utilizadas na confecção das placas de circuito impresso. E as vende por preços quatro a cinco vezes superiores aos praticados no exterior. Por essas e outras, o custo do material, segundo contas feitas na Digitel, chega a 70% do custo industrial total enquanto que, nos Estados Unidos, soma apenas 30%. Parece incoerente, mas a indústria nacional de informática está ansiosa para poder importar. Para comprar lá fora as peças e componentes que os monopólios multinacionais vendem no Brasil a preços exorbitantes!

A vez do trabalhador

No que está ao seu alcance, a indústria nacional de informática vem procurando resolver os problemas. Estes, hoje, residem na fábrica. Logo, reorganizam-se as linhas, adquirem-se equipamentos modernos de montagem e teste, constroem-se novas unidades. Desponta a preocupação com os operários e técnicos. Nesta indústria, qualidade implica em responsabilidade. Mas a maior responsabilidade do trabalhador repousa diretamente em sua maior integração à empresa, nos estímulos ao progresso individual, na satisfação com as condições de trabalho.

Sem favor, nenhuma empresa levou mais longe esses conceitos que a Scopus. Seus diretores intuíram que o trabalhador, como o antigo artesão, gostaria de realizar o produto inteiro e ser dono do seu próprio tempo – tudo o que ele perdeu com a manufatura primeiro, e o taylorismo mais tarde. Então conceberam uma unidade de integração na qual o operário monta e testa o equipamento completo, além de comandar o movimento da esteira. Todas as placas, peças, partes chegam até ele numa grande gôndola, prontas para a montagem, vindas pela esteira de uma "seção de preparação". Num tempo que varia entre 15 a 20 minutos, ele põe em pé um terminal, um microcomputador, uma concentradora e ali mesmo "pilota" os testes funcionais. Se nada de anormal aconteceu, recoloca o produto na esteira e aperta um botão: o equipamento segue em direção ao envelhecimento enquanto uma luz verde se acende indicando a liberação do posto para receber outra gôndola.

Além da agradável sensação de ver surgir nas suas mãos um produto completo e de saber na hora se fez tudo certo, o trabalhador comanda o seu próprio ritmo. Claro que dentro de limites estabelecidos pela média de produção dos colegas. É normal que, num dia, um trabalhador monte – ou melhor, integre – alguns equipamentos a mais que o companheiro ao lado. Pequenas variações são previsíveis e toleradas. Mais: o objetivo é este mesmo, que cada um dê o melhor de si, dentro de seus limites. Somente quando alguém destaca-se por desviar-se muito da média (para pior), o Departamento de Recursos Humanos da Scopus

intervém, interessando-se em ajudar o empregado a explicar e resolver o problema que prejudica sua produtividade.

Entre a concepção e o início de funcionamento, a Scopus consumiu dois anos desenvolvendo *Mutinga II*. Não contou com modelos onde se inspirar: "A gente conheceu outras fábricas sofisticadas", conta o diretor Industrial Richard Zatz, "mas em todas o homem é sempre comandado. Ao que eu saiba, não há no mundo outra fábrica deste tipo." Foram seis meses planejando, outros seis meses desenhando e um ano aguardando o fornecedor construir e instalar os equipamentos. A "Comissão de Implantação" reunia, duas a três vezes por semana, o próprio presidente Edson Fregni, o diretor Industrial e representantes da Engenharia Industrial, do Controle de Qualidade e dos Recursos Humanos. Os trabalhadores participaram diretamente nas discussões que definiram o "posto de montagem total".

Com *Mutinga II*, a Scopus tornou-se uma típica empresa industrial pós-moderna de engenharia e integração. Concebe, projeta, transfere toda a produção para os fornecedores, limita-se à integração final – aqui incluídos os testes funcionais e nodais que seus engenheiros também desenvolvem. Não é um passo que se dê da noite para o dia: 20% de suas placas ainda são montadas internamente, numa outra e tradicional instalação fabril. Mas passo a passo e, quando possível, dando os saltos necessários, a indústria nacional de informática iguala-se às suas congêneres no exterior. Às vezes, até as ultrapassa: quem sabe, a "anti-taylorista" *Mutinga II* não aponte para a fábrica do século XXI?



Unidade mecânica da Digiponto,
fabricante de teclados.

Visão geral da fábrica de impressoras
de grande porte, da Digilab.



Fábrica da Compart: à esquerda, a linha de ajustes finais; à direita,
bancadas de teste e inspeção.



Unidade de integração de Mutinga II (Scopus): notar os microcomputadores com os quais os operários testam os equipamentos recém-montados.



Testes por envelhecimento em impressoras fabricadas na Tecnocoop.

Jigas de teste, como esta da Cobra, são imprescindíveis ao processo de fabricação.

9 Mais uma vez o mundo...

Na América Latina, "sem dúvida, o acontecimento regional mais importante [no campo da informática], ocorreu no Brasil, país que adotou uma política coerente de apoio ao setor nacional da indústria de computação, reservando o segmento do mercado que considerava apropriado para a iniciativa local e no qual não existia maior concorrência das multinacionais... Os resultados alcançados até agora em volume de produção, variedade de produtos e de modelos criados (ou adaptados) no país e grau de integração nacional são realmente impressionantes."

Não, esta conclusão não é deste autor. Nem de qualquer extremado defensor da política brasileira de "reserva de mercado". Pode ser lida nas páginas 100 e 101 da versão em português do Relatório de 1988 – *Progresso sócio-econômico na América Latina* – do insuspeito Banco Interamericano de Desenvolvimento (Bid). A instituição que, neste seu último relatório, dedica copiosas 230 páginas à ciência e à tecnologia no nosso Continente, faz detalhada análise das políticas governamentais de informática no Brasil, Argentina e México, compara seus resultados e não esconde seu entusiasmo diante das nossas conquistas: "Quanto ao objetivo de aprendizado, cumpre notar que tanto em classes de produtos como no desenvolvimento de empresas, empregos, especializações e integração de componentes importantes (circuitos impressos do tipo multicapa, alguns circuitos integrados vinculados à produção), o Brasil está numa situação avançada."

Em todo o mundo, a política brasileira na informática chama a atenção e desperta a curiosidade de estudiosos e pesquisadores. Infelizmente, entre nós, divulga-se para o grande público apenas os comentários de analistas de ocasião, não raro funcionários do governo dos Estados Unidos, pouco ou nada nos sendo informado dos trabalhos de pesquisadores acadêmicos sérios, inclusive norte-americanos, dedicados a investigar o desenvolvimento da indústria eletrônica em países de Terceiro Mundo, e que não escondem sua admiração diante dos resultados obtidos pelo Brasil na informática.

Peter Evans, da Universidade da Califórnia, é um deles. Entre outros estudos, em 1988, ele analisou o conflito Brasil-Estados Unidos (47), dissecando a incoerência de Washington que jamais se incomodou com o fato de não importarmos, entre outros produtos, um único automóvel norte-americano. E de ter, ao mesmo tempo em que nos pressionava para "abrir a informática", vetado a compra da Fairchild pelo grupo japonês Fujitsu. Os países alvos de retaliações americanas, explica Evans, "não são propriamente pecadores diante das regras do livre-comércio, mas rivais bem-sucedidos ou rivais potenciais, culpados de se utilizarem de técnicas neo-mercantilistas para reforçar suas posições na hierarquia das nações, relativamente a 'competidores leais' tais como os Estados Unidos. O Japão, obviamente, é um caso arquetípico. A Coreia parece segui-lo. Em 1985, o Brasil também emergiu como um potencial membro desta categoria." Adiante cita uma frase de "um zeloso funcionário" do Departamento do Comércio: "Nós deixamos o Japão ir muito longe. Não deixaremos que isto aconteça de novo."

Outro estudo nos chega da Alemanha, assinado por Jörg Meyer-Stamer do Institut für Iberoamerika-Kunde, de Hamburgo (48). "Não é correto afirmar", diz

(47) Peter Evans, *Declining Hegemony and Assertive Industrialization: U.S.-Brazilian Conflicts in the Computer Industry*, UCSD/UNM, junho 1988, mimeo.

(48) Jörg Meyer-Stamer, *Informatik in Brasilien: Politische Hintergründe, Ökonomische Rationalität und Perspektiven im lateinamerikanischen Kontext*, Institut für Iberoamerika-Kunde, março 1988, mimeo.

ele numa de suas conclusões, "que a política brasileira de informática contribuiu para alargar ainda mais o abismo tecnológico que separa o Brasil não apenas dos países industrializados, mas também dos países de industrialização recente, como a Coréia do Sul, Taiwan e Cingapura. Na verdade, as estruturas das indústrias de micro-computadores destes países são perfeitamente comparáveis, ao contrário do que ocorre com as de desenvolvimento e produção de minicomputadores e computadores de grande porte - áreas em que estes países estão bastante atrasados em comparação com o Brasil." Mais adiante, numa comparação com nossos vizinhos latino-americanos, constata: "O país que adotou a política mais restritiva na área de informática é justamente o que apresenta a mais elevada taxa de difusão de computadores." E, finalmente: "A política de informática é uma política industrial setorial realista que conseguiu reduzir consideravelmente a dependência tecnológica do Brasil num setor cujo significado para a política de desenvolvimento dificilmente se poderá subestimar."

São conclusões que só surpreendem aos que se deixam toldar o olhar por preconceitos ideológicos ou subestimação colonizada. A expansão, nestes pouco mais de dez anos, do parque brasileiro de computadores foi acelerada. Em 1977, tínhamos precisamente 6.060 computadores instalados. Destes, 3.846 (64%) eram micros, 356 (6%) eram mínis e os demais, de médio e grande portes. Obviamente, nada nacional. Dez anos depois, são 707.553 micros, 13.431 mínis, supermicros e supermínis, e 1.665 computadores de médio e de grande porte. Isto, sem contar um número incerto e não sabido de micros importados pelo condenável contrabando. Do total de 722.649 computadores, 717.269 são nacionais: mais de 99% do parque instalado.

O valor total do parque instalado ascendeu de US\$ 2,5 bilhões em 1984 para US\$ 5,4 bilhões em 1987 (49). Como o valor médio dos micros varia entre US\$ 400 a US\$ 5.000, enquanto que o dos médios e grandes computadores situa-se de US\$ 560 mil até US\$ 6,7 milhões, 60% do valor do parque instalado - ou US\$ 3,2 bilhões - corresponde aos sistemas vendidos por empresas multinacionais. Percentual declinante - era de 72% em 1984 - como consequência da liderança nas vendas assumida pela indústria nacional desde 1985. Neste ano, nossa indústria faturou US\$ 1.082 milhões, contra US\$ 1.033 milhões das múltis. Além do Brasil, somente nos Estados Unidos e no Japão, as matrizes locais respondem por mais da metade das vendas anuais do setor em seus respectivos mercados internos.

Além dos computadores de uso geral, contamos com 7,4 mil UCPs concentradoras de operações bancárias, 106,3 mil terminais bancários, 800 ATMs (os quiosques que nos socorrem quando falta dinheiro no fim de semana), mais de 350 caixas-pagadoras. São mais de 155 mil modems, 10 mil terminais de vídeo-texto, 1,5 mil controladoras de comunicação (das quais 780 tecnologia Itautec e 627 tecnologia IBM), além de terminais de telex, PABXs, CPAs e outros equipamentos de telecomunicação e de transmissão de dados. Na automação industrial, já podemos contabilizar 2,1 mil comandos numéricos computadorizados, 11,8 mil controladoras programáveis, quase 700 estações CAD-CAM, muitos produzidos com tecnologia inteiramente nacional.

Para produzir ou pôr para funcionar todo esse parque, o Brasil emprega mais de 150 mil pessoas. Só na indústria propriamente dita, trabalham 42 mil engenheiros, técnicos e operários (números de 1986). Os demais encontram-se produzindo equipamentos de teleprocessamento, automação industrial ou desenvolvendo e processando programas em empresas públicas ou privadas de prestação de serviços.

É notável a qualificação desses empregos: metade corresponde a trabalhadores com curso médio; de 25 a 30 por cento a técnicos de nível superior. Saibamos que, no conjunto da indústria de transformação instalada no

(49) Os dados deste capítulo baseiam-se em documentos produzidos pela Secretaria Especial de Informática: *Panorama do Setor de Informática*, de agosto de 1987, *Parque de Equipamentos de Informática*, em dois números, agosto e setembro de 1988. Os dados foram gerados por pesquisas realizadas em 1986 e 1987. Num mercado que cresce a taxas anuais de quase 30%, seus números tornam-se irrisórios em apenas dois anos.

Brasil, 11% da mão-de-obra é analfabeta, 48% não ultrapassou os primeiros quatro anos de escolaridade, apenas 9% concluiu o curso médio e tão só 5% formou-se em alguma universidade (50).

A maior diferença entre uma indústria que gera tecnologia e um "posto de fabricação sem inteligência" se encontra no tipo de trabalho realizado pelos seus respectivos profissionais de nível superior. Em 1986, do total de 3.156 técnicos universitários empregados, no segmento de propósitos gerais, pelas multinacionais, 36% dedicava-se a atividades administrativas, 20% a manutenção, 18% a vendas e 19% à produção. Uns 200 gatos-pingados respondiam pelo desenvolvimento. Nas empresas nacionais, 2.484 técnicos – ou 29,8% do total de 8.308 empregados de nível superior – trabalhavam no desenvolvimento. Dezoito por cento ocupava-se da produção, 22% das vendas, 12% da manutenção e 18% de atividades administrativas.

Nenhum número mostra melhor a força geradora de empregos qualificados da "reserva de mercado" que a relação entre faturamento e profissionais contratados. Para cada US\$ 100 milhões faturados, em 1986, as empresas nacionais empregaram 632 técnicos de nível superior, as multinacionais apenas 298. A Tabela I demonstra que para ganhar os seus cruzados as empresas nacionais precisam de muito mais gente qualificada que as "múltis". Montar e vender requer muito menos profissionais universitários que conceber, projetar, fabricar e dar suporte.

Tabela I
Eis a Conta: Emprego da Inteligência
Profissionais de nível superior empregados para cada
US\$ 100 milhões faturados no mercado

ANO	1981		1982		1983		1984		1985		1986*	
	Indústria Nacional	Indústria Multi-nacional	Indústria Nacional	Indústria Multi-nacional	Indústria Nacional	Indústria Multi-nacional	Indústria Nacional	Indústria Multi-nacional	Indústria Nacional	Indústria Multi-nacional	Indústria Nacional	Indústria Multi-nacional
PRODUÇÃO	75	59	100	44	101	47	96	48	100	55	112	57
VENDAS	84	161	69	119	70	151	170	142	129	52	141	54
DESENVOLVIMENTO	225	14	194	11	171	15	221	17	164	19	189	19
MANUTENÇÃO	64	10	81	9	80	10	56	15	42	15	-	-
ADMINISTRATIVO	122	118	123	96	140	104	124	122	104	111	115	109
TOTAL	561	381	565	293	565	351	682	384	563	295	632	298

Fonte: SEI

(*) dado preliminar

É admirável constatar-mos que a informática se enraíza num país onde 41% da população sobrevive em condições de absoluta miséria. Quarenta por cento dos brasileiros são total ou parcialmente analfabetos. Metade dos domicílios não tem luz elétrica, 71% não possui água encanada, 68 crianças em cada grupo de mil morrem antes de completar um ano de vida e nossa esperança média de vida não ultrapassa 64 anos. Em suma: *num país atrasado*. Um atraso que ninguém debitará à informática brasileira. Este país atrasado tem uma informática avançada. Evidentemente, se nossos parâmetros de comparação forem o Japão, os Estados Unidos, a França ou a Alemanha, nossos resultados são modestos. Embora não tão terríveis quanto os das estatísticas sociais e econômicas. Mas se nos compararmos com países em condições sociais e econômicas semelhantes às nossas, concluiremos o quanto percorremos nestes últimos anos, na informática.

Que tal nossos vizinhos latino-americanos?

(50) ver Luiz A. C. Lago et al., *Estrutura ocupacional, educação e formação de mão-de-obra*, Editora da Fundação Getúlio Vargas, Rio, 1983.

Alguns logo deixam escapar um risinho irônico de superioridade. Absolutamente idiota, diga-se de passagem. Num país como a Argentina, não existem analfabetos, a esperança de vida ao nascer é de 70 anos, a mortalidade infantil é de 34 por mil e a renda *per capita*, de US\$ 1.971. Somos-lhe inferiores em todos esses parâmetros, verdadeiros indicadores de desenvolvimento e progresso. Tampouco estamos melhor que o México, onde a esperança de vida ao nascer atinge 65 anos, os alfabetizados são 88% da população e a renda *per capita* sobe para US\$ 2.248 (51)

A Tabela II mostra a dianteira que assumimos sobre os nossos irmãos continentais.

Tabela II
Brasil: Anos à Frente!
 (Indústria de informática no Brasil, Argentina e México)

	Argentina 1	Brasil 2	México 3
Valor bruto da produção (Milhões de dólares)			
Todas as empresas	400-500	3.000	400-500
Empresas nacionais e/ou conjuntas	300-400	1.500	132,5
Emprego Total			
Todas as empresas	n.d.	42.281	n.d.
Empresas nacionais e/ou conjuntas	3.726	34.856	2.087
Pessoal de nível superior			
Todas as empresas	n.d.	11.400	n.d.
Empresas nacionais e/ou conjuntas	700	8.308	n.d.
Total em P e D			
Todas as empresas	n.d.	n.d.	n.d.
Empresas nacionais e/ou conjuntas	237	4.900	n.d.
Pessoal de nível superior em P e D			
Todas as empresas	n.d.	2.684	n.d.
Empresas nacionais e/ou conjuntas	122	2.484	144

1-Projeção para 1992. 2-1986. 3-1987.
 Fonte: Relatório BID 1988

Cabe esclarecer que os números argentinos referem-se a projeções oficiais para o ano de 1992, caso dê certo uma política de informática cuja implantação iniciou-se em 1986. Logo são números hipotéticos. A rigor, hoje, a Argentina está a zero. Ela não adotou "reserva de mercado", optou por proteções aduaneiras, permite as *joint-ventures* mas fixou prazos rígidos de nacionalização. Quanto ao México, seu objetivo é atrair investimentos externos para fomentar exportações, não dando prioridade ao desenvolvimento tecnológico.

Percebemos de imediato que, embora nossa renda *per capita* seja inferior à dos outros dois, a produção de nossa indústria nacional lhes é três vezes superior (se incluirmos as multinacionais, seis vezes). Em termos de empregos, a indústria "reservada" brasileira gera 17 vezes mais empregos que a "aberta" indústria mexicana e supera também em muito as projeções argentinas. Nos empregos de nível superior, a Argentina não espera contar, em seis anos, com mais que 9% do alcançado por nós, num período semelhante de tempo. Igualmente, suas próprias previsões indicam quão irrisórios serão os postos de trabalho em desenvolvimento, para pessoal de nível superior, mormente quando comparados com nossos números.

(51) Uma visão completa do atraso social brasileiro encontra-se em Helio Jaguaribe et al., *Brasil: reforma ou caos*, Paz & Terra, Rio, 1989.

Não só as frias estatísticas atestam nossa privilegiada situação. Simon Schvartzmann, o argentino autor do S-3700, costuma passar férias em seu país, aproveitando para visitar antigos colegas de universidade. "Eles ficam pasmos quando eu conto o que faço no Brasil!", depõe. "Dá um tanto de inveja."

Comparemo-nos, também, à Coréia, país que vem fazendo sério esforço no sentido de tornar-se um grande na eletrônica mundial. Para começar, admitamos que está à nossa frente na microeletrônica, onde seus pesquisadores igualaram-se aos pesquisadores japoneses, norte-americanos e europeus na corrida para colocar no mercado as pastilhas de memória dinâmica de 4 megabits. Para tanto, ao contrário do que acontece por aqui, o governo coreano, em dez anos, elevou os investimentos do país em ciência e tecnologia, de 0,6% para 2% do PIB; concedeu incentivos fiscais e assegurou "reserva de mercado" às empresas nacionais dedicadas à pesquisa e desenvolvimento; definiu a indústria eletrônica como estratégica; entregou a centros de pesquisa governamentais recursos orçamentários superiores a US\$ 20 milhões destinados a um único projeto (da pastilha de 4M); além de investir pesado na educação do povo.

Mas na produção e uso de computadores, estamos à frente. Peter Evans e o economista brasileiro Paulo Bastos Tigre realizaram um levantamento comparativo entre os dois países. A pesquisa ainda não foi concluída mas alguns números são conhecidos.

A mais importante constatação feita pelos dois pesquisadores mostra a igual difusão relativa dos computadores em ambos os países, a despeito de o modelo "aberto" coreano ser apontado como favorável a uma mais rápida informatização da sociedade. Em 1985, o mercado doméstico coreano (incluindo suas importações) limitava-se a US\$ 600 milhões, enquanto que o brasileiro já ultrapassava os US\$ 1,3 bilhão. Por esta época, apesar dos alegados altos preços e má qualidade – enquanto sempre se apregoou sua alta qualidade e seus baixos preços na Coréia – vendia-se quatro vezes mais PCs aqui do que lá. E, enquanto no Brasil funcionavam mais de 9.200 computadores – de minis a "mainframes" –, na Coréia viam-se apenas 1.646.

Comparemos, na Tabela III, a produção das indústrias dos dois países.

Tabela III

A Coréia Leva Vantagem?

(Brasil e Coréia: produção de equipamentos de informática)

US\$ milhões

TIPOS DE EQUIPAMENTOS	VALOR DA PRODUÇÃO	
	BRASIL	CORÉIA
	(Ind. nacional)	(total)
	1985	1986
UCPs	316,7	486,5
— Computadores pessoais	192,3	435,9
— Outros computadores maiores	124,4	50,6
Periféricos	124,1	60,5
— Unidades de disco	61,4	11,8
— Impressoras	62,7	48,7
Terminais	233,5	317,6
— Monitores de vídeo	34,4	289,5
— Terminais especiais	114,9	28,1
Outros	84,2	15,5
TOTAL	758,5	880,2

Fonte: P. Evans e P. Tigre, Computers in Brazil and Corea, notes toward a comparative analysis. Documento preliminar. Mimeo. Agosto 1988.

Os coreanos nos superam na produção de PCs e terminais de vídeo. Exatamente onde menores são os conteúdos tecnológicos e maiores suas vantagens comparativas nas vendas para o mercado externo. Perdem em todo o resto. A indústria brasileira produz duas vezes e meia mais computadores de maior porte que a coreana e a supera nos periféricos, onde exige-se elevada capacitação em mecânica fina: impressoras e discos. Quanto aos "terminais especiais", a diferença refere-se provavelmente à grande difusão, entre nós, de terminais bancários e comerciais.

A informática é uma realidade industrial e tecnológica no Brasil. Os adversários da PNI, perdendo cada vez mais terreno, agarram-se numa última trincheira: os preços. Não deixa de ser uma bandeira altamente suspeita: nunca se questionam os preços praticados pelos demais segmentos industriais brasileiros, especialmente os cartelizados por empresas multinacionais. Vimos como a indústria de informática é obrigada a internar os elevados preços de fornecedores de componentes e os altos impostos pagos na importação. Mentos mal informadas ou mal intencionadas procuram nos fazer crer que, fosse livre a importação de computadores no Brasil, compraríamos micros e seus periféricos pagando tanto quanto aos bucaneiros que trazem muamba de Miami. Como se as importações legais não sofressem majoração nos custos pelas taxas aduaneiras, prêmio de seguro, etc. A propósito, divulgou-se muito entre nós o estudo do economista William Clyne, "provando" como são caros os micros no Brasil. Lamentavelmente, enquanto destacaram suas opiniões sobre a indústria brasileira, "esqueceram" de olhar, em outras páginas de seu livro *Informática e Desenvolvimento* (52), os preços praticados na Argentina e no México, onde não existem "reservas de mercado". Na Tabela IV, reparamos esta falha...

Na análise da tabela, o não iniciado deve fugir à tentação fácil de comparar preço com preço, simplesmente. Observe as configurações dos sistemas. Perceba, também, que na Argentina – onde não existe indústria local e a importação é livre – vendem-se produtos tecnologicamente superados, até fora de linha. E os preços são absurdamente altos. No México, a indústria local, sem sofrer muitas restrições no acesso a tecnologias e componentes do vizinho Estados Unidos, oferece micros menos potentes a preços bem mais elevados. Por que produtos projetados e fabricados no Brasil custam o que custam podemos explicar. Já os casos do México e da Argentina – desta então! – os críticos com a palavra...

Este nosso país, tão pródigo em "ufanar-se" do reconhecimento externo aos seus feitos políticos, econômicos e culturais, praticamente não tomou conhecimento de dois inequívocos êxitos internacionais da "reserva de mercado": os pareceres técnicos norte-americanos sobre o Sisne e a certificação do Sox pela X-Open.

Para sustentar a evolução do Sisne, a Scopus uniu suas forças à Itautec. Após 120 mil horas de trabalho de engenharia, as duas empresas colocaram no mercado, no final de 1988, o *Sisne Plus 3.30*, concorrendo com a mais recente versão de PC-DOS, do Microsoft, a também 3.30. Antes de liberarem a nova versão, submeteram-na a testes em três universidades da Califórnia (o epicentro do Vale do Silício). O professor Laurence Press, da Universidade Estadual, afirma em seu relatório que "o Sisne, de forma geral, superou o DOS no teste de configuração". O professor Daniel Helman, da Universidade da Califórnia – *campus* Santa Cruz, reconhece ser o Sisne uma "escolha natural para o usuário de língua portuguesa". E David Kay, da Universidade da Califórnia – *campus* Los Angeles, concluiu que "a interface do Sisne para alguns comandos é mais clara, mais atraente e mais informativa que a interface padrão do DOS". Todos sublinharam a total compatibilidade entre o Sisne Plus e o MS-DOS 3.30.

(52) William Clyne, *Informática e Desenvolvimento: Política comercial e industrial na Argentina, Brasil e México*, Editorial Nórdica, Rio, 1987.

Tabela IV

Aqui, os Preços nos Mercados "Livres"

(Preços de computadores: Estados Unidos, Argentina e México)

Marca	Configuração	País de origem	nos EUA	Preços (US\$)		Observações
				no México	na Argentina	
IBM PC-1	256Kb, 2 dkt 360Kb, monitor monocromático	EUA	1.738		6.395	0 preço nos EUA refere-se ao modelo PC-2
IBM PC-XT	640Kb, 1 dkt 360Kb, w20 Mb, monitor monocromático	EUA	2.495			
IBM PC-AT	522 Kb, 1 dkt 1,2 Mb, w 20 Mb, monitor a cores	EUA	4.019		15.131	
Leading Edge D	640 Kb, 2 dkt 360 Kb, w 20 Mb, monitor monocromático	EUA	1.890			
Compaq Deskpro	640 Kb, 1 dkt 360 Kb, w 20 Mb, monitor monocromático	EUA	2.399			
Hewlett Packard 150B	256 Kb, 2 dc 270 Kb, monitor, impressora	EUA	2.956		7.185	O preço nos EUA refere-se ao modelo 150C. O 150B foi retirado do mercado
Tandy 3.000	512 Kb, dkt 1,2 Mb, w 20 Mb, monitor monocromático	EUA	4.047		12.000	
Impressora Epson FX185		EUA	550		2.307	O preço nos EUA refere-se ao modelo LX-80. O FX-185 foi retirado do mercado
Printaform 5210	256 Kb, 1 dkt 360 Kb, w 10 Mb, monitor monocromático	México			2.354	
BPM PC-XT	640 kb, 1 dkt, w 21 Mb, monitor monocromático	México			2.827	
Televideo 2605H	512 Kb, 1 dkt 360 Kb, w 10 Mb, monitor monocromático	México			5.095	
Corona PC	512 Kb, 1 dkt 360 Kb, w 10 Mb, monitor monocromático	México			3.500	

Convenções: dkt = unidade de disco flexível
 = unidade de disco "winchester"
 = unidade de disco

Fonte: W. Clyne, *op.cit.* Os valores são do primeiro semestre de 1986.

Pouco depois, em março 1989, a Cobra anunciou a homologação do Sox pela X-Open, empresa internacional sediada em Londres, formada por fabricante do porte de uma AT&T, IBM, Fujitsu, Olivetti, Unisys, DEC, Siemens, Bull e outros sete, com a finalidade de padronizar um "ambiente" computacional "aberto", de filosofia Unix, e atestar a "aderência" de uma máquina ou um programa às suas especificações. Após cerca de 4 mil rigorosos testes, os produtos que recebem o selo da X-Open são considerados compatíveis entre si e, logicamente, com o Unix da AT&T.

A Unisoft, firma credenciada da Califórnia, atestou a compatibilidade do Sox, com "zero erro". Os responsáveis norte-americanos e ingleses da X-Open admitiram-se surpreendidos, não só porque a engenharia informática brasileira carece de tradição internacional mas principalmente porque, pela primeira vez, passou pelos seus programas de teste um sistema operacional não montado a partir do código-fonte da AT&T. Neste sentido, também para eles, o Sox foi um bom teste.

Recordando:

1 - a absoluta hegemonia mundial dos Estados Unidos nos programas de computador, muito particularmente nos cruciais sistemas operacionais;

2 - a padronização internacional do mercado em torno do PC-DOS e do Unix;

- concluimos que, se o Brasil *habilita-se* a desafiar os norte-americanos e competir como supridor alternativo nos mercados globais de programas de computador (internando divisas que fortalecerão ainda mais a nossa engenharia e a nossa economia), deve-o a esta Política que reservou o mercado interno para o trabalho da engenharia nacional, condição *sine qua non* de desenvolvimento, amadurecimento e competitividade tecnológica.

Percebeu-o, há mais tempo, Antonio Carlos Rego Gil que, como diretor de Relações Externas da IBM, em 1977, viveu toda a luta de bastidores culminada na instituição da "reserva" e na exclusão das multinacionais do nosso mercado de minis e microcomputadores. A empresa enviou-o então para a Venezuela, onde permaneceu até 1984. Ao retornar, recebeu a tarefa de realizar um estudo sobre a indústria brasileira que completava sete anos efetivos de vida protegida. Trabalhou por três meses e apresentou, num alentado relatório de cinco volumes, esta conclusão básica: "a indústria brasileira existe."

As provas: fatura (US\$ 1 bilhão, na época), faz produtos que funcionam bem, montou suas redes de comercialização e gerou capacitação tecnológica. "Nada disso", diz ele na sua atual cadeira de presidente da Sid, "seria conseguido, não fosse a reserva de mercado." Gil fala com total conhecimento de causa.

Assim como tais resultados assustaram os executivos da IBM que ouviam o relato de Gil, assustam hoje os dirigentes de Washington, como anotou Peter Evans. Não lhes passa despercebido o desabrochar tecnológico brasileiro. Ao longo de 1988 e 89, assistimos a uma inédita quantidade de lançamentos de novos produtos que em nada devem aos similares estrangeiros - nem mesmo *royalties* por tecnologias licenciadas. Ao mesmo tempo, as fábricas modernizam-se, importam equipamentos de automação, aprimoram seus controles de qualidade, preocupam-se mais com os clientes. Chegamos justamente no limiar da competição internacional. Basta-nos um pouquinho mais de tempo. É o que nos querem negar.

Justo neste momento que, pela inédita importância de suas realizações para a história do Brasil, nossa indústria de informática deveria merecer reconhecimento geral, justo neste momento sofre as mais iradas campanhas, agressões de toda ordem, golpes inqualificáveis. Seu crime é estar dando certo. Purga - como Prometeu acorrentado - o pecado de se apoderar do fogo do Olimpo e dar o conhecimento aos homens...

Edição

ABICOMP

Associação Brasileira da Indústria de Computadores e Periféricos

Av. Presidente Wilson, 231, grupos 1301/1302

CEP 20030 – Rio de Janeiro/RJ

Tel.: (021) 220-9424

Telex: 2133338 ABIP BR

Produção

ASB Arte Gráfica e Editora Ltda.

Rua Sacadura Cabral, 120/704

CEP 20081 – Rio de Janeiro/RJ

Tel: (021) 253-5165

Telex: 2131889 ASBG BR