

# Inovação e transferência tecnológica na área de informática em institutos governamentais de P&D

Miraci de Arruda Camara Pontual

## Resumo

O estudo desenvolve um quadro referencial e a estrutura conceitual com o objetivo de discutir e analisar o desempenho da inovação e transferência tecnológica em informática de nove institutos governamentais do Estado de São Paulo. Mostra a análise descritiva na avaliação das características de funcionalidade produtiva: recursos humanos, técnicos e equipamentos, programas de treinamento de pessoal, fornecimento de informação tecnológica e trocas de conhecimento no mercado tecnológico. O estudo visa a uma compreensão da contribuição da informática para o desenvolvimento da tecnologia de ponta naqueles institutos governamentais. Os resultados mostram uma forte dependência dos institutos e dos pesquisadores sob o aspecto internacional da transferência tecnológica (hardware e software) na área da ciência da computação. Limites no desenvolvimento de programas de softwares evidenciam falta de preparo gerencial e de capacitação de pessoal, de planejamento metodológico coerente e a escassez de recursos financeiros. Apesar de muitos gerentes possuírem cursos de pós-graduação em engenharia, a troca de informação ocorre frequentemente por meio de canais informais. Mesmo com todos esses limites, os nove institutos governamentais analisados vêm tentando uma saída para o país na área da ciência da computação.

## Palavras-chave

Informática; Inovação tecnológica; Transferência tecnológica; Canais de informação.

Síntese de pesquisa "Interação dos institutos governamentais de pesquisa e desenvolvimento: suas implicações na eficácia da inovação e transferência tecnológica na área de informática" desenvolvida no âmbito do curso de doutorado em Ciências da Comunicação da Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo, em outubro de 1992.

## INTRODUÇÃO

Não faz muito tempo, uns 20 anos no máximo, as taxas de consumo de aço e de energia elétrica eram os indicadores mais confiáveis do ritmo de crescimento econômico de um país. Mas, no limiar do século XXI, veio juntar-se mais um indicador que revela de fato se uma comunidade humana está ou não ingressando numa nova era de desenvolvimento e de progresso: o índice de demanda dos componentes básicos da informática, o *hardware* e o *software*.

De início, uma preocupação se faz necessária no estudo de toda e qualquer inovação tecnológica, a de que não se pode restringir o âmbito da questão a uma elite de vanguarda, formada por técnicos, pesquisadores e usuários inovadores, mas voltar-se também para a aferição do envolvimento da sociedade como um todo no processo inovador, como demanda, capacidade de assimilação e impactos no modo de vida das pessoas.

A Revolução Industrial que, desde o século XVIII, levou a humanidade às maiores conquistas, entrou, a partir da década de 60, com o rápido desenvolvimento dos computadores, numa "terceira onda", a Revolução da Informação.

O desenvolvimento do computador deu ensejo ao surgimento de um novo ramo das ciências, a informática, a qual procura os meios técnicos suficientes para tratar, processar, armazenar e recuperar a quantidade quase infinita de informações técnico-científicas à disposição do homem, em todas as áreas de sua atividade.

A disseminação do emprego do computador e a sua vulgarização nos países mais adiantados, nas últimas décadas, levaram a influência da informática a todos os segmentos da sociedade. Hoje, mesmo em países medianamente informatizados, como o Brasil, o simples gesto de solicitar um saldo bancário implica uso da informática.

A computação, isto é, o processamento das informações por meio de computador, transformou-se na mais eficiente ferramenta de trabalho no mundo de hoje e é largamente empregada em todos os setores da atividade humana, como produção agropecuária, produção industrial, comércio, serviços de modo geral, escolas, bibliotecas e sobretudo na geração de novos conhecimentos científicos e tecnológicos. Como a máquina a vapor foi, no século XVIII, a alavanca da Revolução Industrial e do prodigioso desenvolvimento de algumas sociedades, sobretudo no Hemisfério Norte, esta nova ferramenta, a informática, está trazendo profundas transformações para a sociedade humana, no modo de vida diário das pessoas, nas suas atividades de produção e nos hábitos de consumo. Mas, as mudanças más profundas estão se processando no campo das relações de poder — econômico e político — entre as nações.

Dytz<sup>1</sup> constata esses fenômenos, ao afirmar: "O mundo inteiro discute a informática e já ficou claro que a virada da última década trará para a chamada sociedade informatizada uma forma social de dependência. A realidade superará a ficção na interação sociedade — indivíduo — informação — conhecimento"

E acrescenta o autor, aprofundando o sentido de sua análise: "Os satélites de comunicação, cobrindo de uma maneira cada vez mais ampla e potente o globo terrestre, têm feito da informação uma poderosa ferramenta de formação, usada segundo princípios e interesses nem sempre coincidentes com os países invadidos. O conhecimento, a tecnologia, a informação transformam-se rapidamente em instrumento de poder, de pressão e valor entre os povos".

Ao referir-se às origens das tecnologias, Flamm<sup>2</sup> salienta que é possível documentar, de uma maneira honesta, que os governos ao redor do planeta emitiram vastas quantias no desenvolvimento da tecnologia de computador.

Como resultado de uma análise sobre o crescimento na produção e uso dos computadores eletrônicos digitais na Inglaterra, Stoneman<sup>3</sup>, conclui que o computador afetou as avançadas e modernas economias de tal forma, a causar o processo de crescimento no seu uso a ser qualificada "A Revolução na Informação", deste maneira comparando-a com a Revolução Industrial e a Revolução Agrária. Também concluiu que o computador é a personificação do conceito de automatização, que tem sido a preocupação da sociedade por pelo menos uma geração.

No Brasil, a informática tomou grande impulso nos últimos anos, não obstante a prolongada crise econômica, com índices altos de inflação e recessão, o que limita ao extremo os recursos destinados a investimentos na área.

A informática do país reproduz também, dentro de nossas fronteiras, a acirrada concorrência pelo acesso aos avanços da informática, como vem ocorrendo entre os diversos países dominadores da tecnologia.

A Lei nº 7.232, de 1984, dos governos militares, estabelecia a chamada reserva de mercado para a produção nacional de computadores de pequeno e médio porte; e, para os programas de *software*, a Lei 7.646, de 1987. Se, de um lado, esta política favoreceu o surgimento de uma expressiva indústria nacional de informática, por outro, fechou as nossas portas para os investimentos internacionais e nos isolou da comunidade científica internacional que vinha operando grandes avanços. Dessa forma, criou-se perigoso fosso tecnológico entre o país e os povos mais adiantados. Um dos maiores desafios para os países em desenvolvimento, especialmente aqueles que mais avançaram em seu processo de industrialização, como o Brasil, Coréia, México e Índia, é o estabelecimento de programas nacionais nos setores de tecnologia de ponta, incluindo-se aí o da informática.

A nova Lei da informática, aprovada em 1992 pelo Congresso Nacional, retira os mecanismos protecionistas, abre a nossa indústria à cooperação com o capital estrangeiro e possibilita novas relações com a comunidade científica e econômica internacional, dando-nos melhor acesso a conquistas científicas e tecnológicas na área da informática.

Este artigo é síntese de uma pesquisa que foi desenvolvida pela autora<sup>4</sup>, para obter e analisar informações sobre adoção, desenvolvimento e transferência de tecnologia na área de informática, em instituições governamentais sediadas no Estado de São Paulo e que desenvolvem programas de pesquisa e desenvolvimento.

O estudo constituiu-se por fenômenos relevantes: características de funcionalidade produtiva; recursos humanos; programas de capacitação; recursos técnicos e máquinas; apoio de informação tecnológica e trocas de conhecimentos no mercado de tecnologia, nas mesmas condições em que se operam a inovação e a transferência de inovações na área de informática, para que, analisados e explicados nas suas causas, efeitos e correlações com outros fatos, possam levar a um melhor entendimento das motivações e dos processos que envolvem o ato de adotar, desenvolver e transferir tecnologias inovadoras.

O estudo desses fenômenos, ocorrentes nos processos em que uma novidade tecnológica passa a integrar um sistema de produção, vai nos revelar as ligações entre os diversos programas patrocinados pelo governo e pela iniciativa privada, os esforços e os recursos empregados, as iniciativas concretas de desenvolvimento de importantes tecnologias e seus impactos no meio ambiente social e físico, as políticas e as estratégias que norteiam os investimentos na área, bem como os possíveis desvios de metas ou desperdícios de recursos materiais, tecnológicos e humanos.

Considerando a magnitude do parque industrial de informática instalado no Estado de São Paulo e, principalmente, ao estágio de desenvolvimento tecnológico, com a existência de institutos de pesquisas de renome que desenvolvem alta tecnologia, o estudo desenvolveu-se nessa região.

Os critérios escolhidos foram os institutos governamentais de P&D que geram tecnologia de ponta, tentando abarcar, no grupo selecionado, tanto as semelhanças quanto as diferenças existentes entre elas. Assim, a partir da heterogeneidade do universo — instituto vinculado à administração estatal, instituto de pesquisa federal e universidade —, pretendeu-se sintetizar as-

pectos do comportamento dos institutos de P&D como um todo, objetivando obter uma efetiva mensuração das problemáticas existentes nos objetivos operacionais propostos.

Selecionaram-se os indicadores mais importantes e pertinentes a esse estudo. Utilizou-se exaustiva revisão bibliográfica para embasamento e comparação no processo de análise e avaliação dos resultados obtidos na pesquisa.

Foram, portanto, analisados nove instituições governamentais e nelas entrevistados 70 pesquisadores que gerenciavam projetos de desenvolvimento de software. Os institutos pesquisados foram os seguintes:

Centro Técnico Aeroespacial (CTA); Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe); Telebrás/Centro e Pesquisa e Desenvolvimento (CPqD/Telebrás); Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer); Núcleo Tecnológico para Informática (NTIA/Embrapa); Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-Elétrica/USP); Centro Tecnológico para Informática (CTI); Faculdade de Engenharia Elétrica (FEE-Unicamp).

## INOVAÇÃO

"Uma inovação técnica é uma atividade complexa que procede de conceitualização de uma nova idéia para a solução do problema e então a atual utilização de um novo item de valor econômico ou social (alternativamente). Inovação não é uma ação única, mas um processo total de subprocessos inter-relacionados. Não é só a concepção de uma nova idéia, nem a invenção de um novo projeto, nem o desenvolvimento de um mercado. O processo é um todo de todas essas coisas, agindo em uma maneira integrada". Myers e Marquis<sup>5</sup> usam inovação, com ênfase sobre o desenvolvimento tecnológico.

Rogers e Shoemaker<sup>6</sup> definem: "Inovação é uma idéia, prática ou objeto entendido como novo individualmente. Isto pouco significa, tão longe o comportamento humano diz respeito, se ou não uma idéia é "objetivamente" nova como medida pelo lapso do tempo desde seu primeiro uso ou descoberta... se a idéia parece nova e diferente para o indivíduo, isto é uma inovação". Zaltman, Duncan e Holbek<sup>7</sup> diferem de Rogers, acreditando que unidade de adoção pode ser mais ampla que uma individual, considerando que nem todos os membros de uma organização podem pensar no item como uma inovação.

No ponto de vista de Araujo<sup>8</sup>, a inovação "não é uma ação isolada, mas sim um pro-

cesso composto de subprocessos inter-relacionados — todos visando a um objetivo comum, a mudança tecnológica". Diz ainda que "o potencial de qualquer firma para a inovação tecnológica pode ser considerado como uma função do seu meio — incluindo aqui fatores econômicos, políticos e sociais, bem como estágio de desenvolvimento da tecnologia e a informação sobre tecnologia. Barreiras ao fluxo de pessoas e de informação entre a empresa e seu meio ambiente irão limitar seu conhecimento das necessidades do mercado e da sociedade, das tecnologias novas e existentes, dos programas governamentais, incentivos e regulamentos, limitando, conseqüentemente, o potencial de *inovação* da empresa". A autora dá ênfase à importância que a empresa deve dar ao ambiente e às comunicações oriundas deste como um possível canal do processo de inovação.

## TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Conforme Campomar<sup>9</sup>, "pode-se dizer que houve transferência de tecnologia quando um conhecimento desenvolvido por uma pessoa, grupos ou instituição passar a ser usado por outras pessoas, grupos ou instituições. Isto pode ser feito, seja através da passagem de um conhecimento básico para uma tecnologia mais avançada, seja para a adaptação de uma tecnologia já existente a um novo uso. A transferência difere da difusão de informações normais sobre tecnologia, pois, para que ela exista, é necessário que a tecnologia seja incorporada em algum tipo de operação". O autor enfatiza a diferença entre transferência e difusão. Kelly<sup>10</sup>, aborda a necessidade de conceitos especializados da difusão, cujo uso é freqüentemente não claro e às vezes conflitante. O crescimento interessa na difusão das inovações tecnológicas, citando o exemplo, tem liderado o uso difundido do termo "transferência de tecnologia". Para alguns estudiosos, existe uma concordância de que a transferência de tecnologia é um caso especial de uma mais ampla categoria de difusão. Entretanto, Burns<sup>11</sup>, Doctors<sup>12</sup> e Bar-Zakay<sup>13</sup>, usam isto para se referir à difusão da informação técnica e científica (como oposto à difusão de artefatos ou processos).

Kelly et alii,<sup>10</sup> em suas pesquisas, concluíram que o "campo da pesquisa da difusão não está clara ou sociologicamente definido em termos de uma única e interativa comunidade de escolares, ou conceitualmente em termos de uma estrutura teórica que permita a um grupo de relevantes variáveis e critérios de vigas metodológicos. Pelo contrário, a pesquisa da difusão é conduzida por várias comunidades ou "tradições", cada um com sua própria orientação distinta intelectual e

comprometida. Cada uma destas tradições busca encontrar outras variáveis operativas no processo de difusão e em termos destas variáveis. Conta-se para uma porção de fenômeno. Cada tradição também deixa um grande e inexplicável resíduo".

Rattner<sup>14</sup>, afirma que "a transferência de tecnologia somente ocorre quando há assimilação, absorção e incorporação dos conhecimentos, fortalecendo a capacidade nacional de inovação (...) Portanto, uma verdadeira política de transferência de tecnologia implica uma política de recursos humanos a qual, por sua vez, exige uma filosofia, uma definição de valores e objetivos, a partir das quais seria possível derivar programas e projetos operacionais". O autor vê a transferência uma ligação com a necessidade de capacitação de recursos humanos, isto é, a absorção. Sabato<sup>15</sup> já a olha como sendo uma atividade econômica, quando diz "transferência de tecnologia", refere-se a utilização precisa de uma determinada tecnologia em uma estrutura produtiva, com objetivo definido de produzir e comercializar um determinado bem ou serviço. Campomar<sup>9</sup> diz que, "nos países de terceiro mundo, transferência de tecnologia internacional é vista como uma ajuda vital ao desenvolvimento e há uma preocupação sobre o papel das empresas multinacionais em ajudar ou impedir o alcance destes objetivos."

## RESULTADOS DA PESQUISA

### INOVAÇÃO DE TECNOLOGIA EM INFORMÁTICA

A idéia dos projetos nas instituições revelou dois aspectos de maior importância, os pesquisadores e os clientes como fontes mais freqüentes das idéias iniciais dos projetos. A Poli-Elétrica, o CTA e o IPT apontaram os seus pesquisadores; o CPqD / Telebrás, a FEE / Unicamp e a Embraer apontam seus clientes.

O segundo aspecto diz respeito à forma como a estrutura organizacional das instituições pesquisadas se comportam em relação à criatividade de novos projetos. Os dados revelam que, de modo geral, as inovações são bem aceitas e é facilitado o seu desenvolvimento. Evidenciou-se, dessa forma, a existência, nas empresas pesquisadas, de setores dinâmicos e de grande potencial, voltados para a adoção, geração e desenvolvimento de inovações tecnológicas na área da informática.

O mesmo caráter dinâmico manifesta-se nos processos de análise, avaliação e seleção dos novos projetos. De modo geral, predominam os critérios de seleção mais técnicos, como análise técnico-econômica, de custo-benefício e previsão de demanda.

Os investimentos necessários para desenvolver os programas e projetos de inovações tecnológicas na área de software provêm, na sua maior parte, de dotações orçamentárias da União, já que se tratam de instituições governamentais. Algumas, no entanto, investem recursos extra-orçamentários, como recursos próprios e investimentos de outras instituições e órgãos financiadores. As maiores dificuldades têm origem financeira, provocadas tanto pela crise econômica do país (inflação, recessão, corte dos recursos orçamentários e de outras fontes, escassez dos investimentos externos), como pelos atrasos na liberação dos financiamentos. Os dados da pesquisa *apontam a falta de preparo gerencial* como o responsável pela maior parte dos fracassos nos empreendimentos. Foi assim que mostraram as respostas dadas pelos entrevistados. A variável falta de capacitação do pessoal envolvido nos projetos revelou um ponto de equilíbrio em todas as instituições pesquisadas.

Os expressivos índices dados às duas últimas variáveis — falta de preparo gerencial e falta de capacitação de pessoal — talvez estejam relacionados com as respostas dadas à questão referente à metodologia adotada na análise do desenvolvimento dos programas de pesquisas. Foram poucas as respostas indicando como metodologia adotada a análise estruturada ou outra forma. A maior parte das respostas indica métodos de trabalho pouco estruturados, muitas vezes empíricos e passíveis de constantes modificações. Metodologias e instrumentos são válidos em muitos aspectos da engenharia de software, desde a construção do programa até a verificação. Já o uso desta tecnologia é escassa.

Em resumo, o confronto das indicações que os maiores entraves ao desenvolvimento dos programas e projetos de software, nas instituições pesquisadas, radicam-se na conjunção de quatro problemas:

- a) falta de preparo dos gerentes de pesquisa;
- b) falta de pessoal com capacitação para desenvolver projeto de software;
- c) falta de uma linha metodológica estruturada;
- d) carência de recursos financeiros.

A esses problemas principais, que por sua natureza afetam o cerne do ato criativo dos gerentes e pesquisadores, vêm acrescentar-se outras dificuldades de ordem mais externa.

A primeira dessas dificuldades manifesta-se na desunião das instituições produtoras e na desorganização do mercado interno, bem como na falta de incentivos ao desenvolvimento e à comercialização dos pro-

duto gerado, de modo que o custo de produção de um equipamento brasileiro acaba saindo mais elevado que o de um similar produzido nos Estados Unidos. Os dados da pesquisa indicam que 88,89% das instituições apontam, como fonte de suas dificuldades, a incapacidade de enfrentar a concorrência do mercado internacional, por falta de uma frente unida na indústria da informática. Em seguida, 55,55% culpam a falta de incentivos ao desenvolvimento e à comercialização dos seus produtos como um dos principais fatores que prejudicam o desenvolvimento de software no país.

Uma segunda fonte externa de dificuldades para a indústria de informática é a legislação inadequada que regulamenta o setor. Dentre as instituições pesquisadas, 88,88% reclamam da legislação geral, da organização administrativa, da regulamentação dos contratos públicos e de compras do governo, bem como das normas que regem o comércio exterior, como tarifas e protecionismo.

Uma análise mais sucinta dos dados expostos até aqui nos leva a detectar um setor bastante dinâmico e com potencial de crescimento nos próximos anos, mas, enfrentando grandes dificuldades, como falta de capacidade gerencial de capacitação de pessoal, de recursos financeiros, de maiores incentivos e de união de suas forças, para poder desenvolver o setor de informática de forma competitiva e enfrentar a concorrência do mercado externo.

### Acompanhamento e controle dos projetos

O bom êxito de um programa de desenvolvimento e adoção de inovações tecnológicas, sobretudo na área de informática, depende não apenas da existência de pessoal capacitado e de recursos financeiros suficientes, mas também do emprego de adequadas técnicas de acompanhamento e controle dos projetos. Pode-se concluir que há uma uniformidade entre as instituições no emprego dos itens que compõem a técnica de planejamento detalhado.

No que diz respeito ao emprego das técnicas de controle dos projetos em desenvolvimento de *software*, não existe tanta uniformidade entre as instituições. A pesquisa revelou também que o maior problema encontrado na fase de acompanhamento e controle dos projetos é, justamente, a não-existência de mecanismos aptos para gerenciar, acompanhar e controlar os projetos.

Essas informações vêm corroborar de certa forma o que foi exposto anteriormente

quanto à falta de preparo gerencial como um dos problemas que entravam o desenvolvimento dos projetos de *software*.

Uma questão correlata aos problemas de gerenciamento dos projetos de pesquisa é a da possibilidade ou não de se aferir a produtividade de um gerente de projetos de *software*. As opiniões a respeito são divergentes entre os entrevistados que responderam que a sua produtividade pode ser medida mediante a aceitação e utilização pelos usuários dos programas produzidos. Já os gerentes da Embrater e do CPqD manifestaram uma opinião de equilíbrio entre aceitação e utilização dos programas pelos usuários e número de projetos entregues a tempo dentro do orçamento.

Os gerentes de projetos de *software* das instituições pesquisadas manifestam a sua convicção na possibilidade de aferição da produtividade do seu trabalho, por meio de uma outra técnica.

Todas as instituições pesquisadas desenvolvem trabalhos diversos destinados a desenvolver protótipos e projetos de *software*, difusão, adoção e aquisição, implementação, otimização e evolução. Os seus produtos destinam-se ao uso próprio. Apenas o CPqD/Telebrás e o IPT produzem prioritariamente para atender a outras instituições e em menor quantidade para uso próprio. A Poli-Elétrica e a FEE-Unicamp, além do uso próprio, destinam seus produtos para atender a solicitações de clientes, comercialização e convênios. De modo geral, todas as instituições responderam que a invenção e o desenvolvimento de protótipo é uma das atividades que demandam mais tempo e dificuldade.

Quanto à questão do intervalo entre a idéia inicial e a utilização plena do produto de *software*, todas responderam que a demora fica na faixa de um a três anos. O Inpe, de quatro a sete anos para que alguns de seus projetos de *software* sejam desenvolvidos e implantados.

Quanto à questão da representação dos pacotes de computação dentro da instituição, apontaram a sua integração em um conjunto de programas para realizar determinada função interna. Algumas responderam que iria melhorar a qualidade dos produtos.

E, por fim, quanto à natureza das mudanças nos sistemas de *software* de modo geral, as respostas indicam que as mudanças são adicionais, visando apenas a manter úteis os sistemas de *software* usados rotineiramente, ou melhorar o seu desempenho.

Os dados indicam que os produtos de *software* gerados pelas instituições

pesquisadas destinam-se prioritariamente a objetivos internos das instituições, visando sobretudo à manutenção e melhoria de desempenho de sistemas rotineiros já implantados.

As atividades que demandam mais tempo e dificuldades são justamente as destinadas à invenção e desenvolvimento de protótipos inovadores, que propiciariam, de forma mais radical, a superação da rotina e a introdução de uma nova ordem nas práticas de desenvolvimento de *software*.

### TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

A conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada junho 92), no Rio de Janeiro, transformou-se em um grande fórum mundial em que, superadas as diferenças ideológicas com a queda do muro de Berlim, predominaram as questões econômicas que dividem o Norte rico e desenvolvido do Sul pobre e aspirando ao ingresso também no paraíso das sociedades de consumo. Entre as questões mais debatidas e que dividem o mundo, destacou-se a transferência de tecnologia.

Ficou claro que um muro tecnológico substituiu o ideológico que dividia o mundo em dois grandes blocos. De um lado, as nações em desenvolvimento precisam da transferência de tecnologia para promover, de forma sustentada e não poluidora, o seu progresso econômico e social. Do outro, os países desenvolvidos detêm as tecnologias nas mãos das empresas privadas, que têm investido grandes somas de recursos e relutam em passá-las, a baixo custo, aos mais pobres sem retorno do que foi investido.

Não é apenas uma questão econômica, nos termos: tenho o produto que tu queres ao preço que eu impuser. É também uma questão eminentemente política na medida em que o saber fazer (o *know-how*) dá acesso ao poder de decidir (poder político). Esses problemas manifestam-se sobretudo em se tratando do domínio do ciclo completo da energia atômica e das tecnologias de ponta na área da informática (*hardware* e *software*).

A esse respeito, vale conferir o que diz Ennio Candotti, presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), em artigo na *Folha de S. Paulo* (12.07.92): "A pesquisa tecnológica exige muitos recursos, laboratórios equipados e competência para operá-los. E sejamos claros, muito do que se fez nestes últimos dez anos nessa direção foi desmantelado por este governo, por pressão do Departamento de Comércio Exterior dos Estados Unidos. Este não vê com simpatia a exis-

tência, em um país de sua periferia, de embriões de indústria de alta tecnologia: seja ela de micro eletrônica, informática, química fina ou de biotecnologia." E conclui o articulista que a recusa dos Estados Unidos em assinar a convenção da biodiversidade na conferência do Rio de Janeiro só veio confirmar esta verdade: "Os livres mercados do mundo não são livres e nem mercados. São praças de guerra em que as armas são o conhecimento e a tecnologia."

Dentro desse contexto mundial, de questões econômicas e políticas, é que devem ser vistos os problemas de transferência de tecnologia de *software* nas instituições pesquisadas. Foram buscar o acesso à tecnologia de *software* nos países em que está mais desenvolvida. A maior parte das instituições adquire tecnologias dos Estados Unidos, que são apontados como maior fornecedor, vindo em seguida a Alemanha, a França, a Inglaterra, o Japão, entre outros Itália, China, Holanda, Bélgica e Suécia.

Os dados da pesquisa mostram uma longa lista de tecnologias 'transferidas' para as instituições. Mas, uma questão se levanta: houve de fato transferência de tecnologia ou apenas a aquisição das famosas caixas pretas — um produto final, acabado, pronto para o consumo, sem maiores dificuldades que as de assimilação dos manuais de instrução. Fernandez<sup>16</sup>, referindo-se aos países em desenvolvimento, diz prevalecer a concepção de que a tecnologia é a caixa-preta, que contém tudo, existe para conhecer-se o procedimento de certos bens ou serviços. O objetivo, então, é agarrar a caixa-preta.

Comprova esse fato a simples relação das tecnologias citadas na pesquisa pelas instituições como transferidas, indicando o repasse de pacotes tecnológicos. Os relatos pessoais de alguns pesquisadores comprovam isso: mesmo quando passaram por treinamentos nos países de origem da tecnologia, não tiveram acesso à tecnologia propriamente dita.

A transferência de tecnologia parece não ser fácil, pois, além dos fatores de ordem política e econômica, abrange uma multiplicidade de outros fatores intervenientes no seu processo, como educação, treinamento, técnicas, métodos, instrumentos, suportes, administração, organização e fatores humanos. (Myamoto<sup>17</sup>).

Na verdade, a transferência de tecnologia depende muito de dois fatores humanos. O primeiro é a capacidade do receptor de absorção de conceitos, teorias e princípios científicos de compreensão pouco acessível às pessoas, a não ser as possuidoras

de suficiente embasamento educacional e técnico. O segundo fator é o tempo necessário, na verdade de longa duração, para que se processe a interação sustentada entre o transferidor e o receptor, de modo que, transposto o fosso das diferenças pessoais, culturais e educacionais, criem-se as condições ideais para a assimilação da tecnologia.

As questões seguintes propostas pela pesquisa vêm corroborar a assertiva. A primeira questão diz respeito ao uso atual ou não das tecnologias de *software* nos países de origem. A resposta foi unânime: as tecnologias adquiridas são usadas ainda nos países de origem. Isso indica que há esforço permanente em adquirir inovações atualizadas nos mercados externos para fugir da obsolescência.

A outra questão levanta a necessidade de uma reação crítica das instituições pesquisadas a respeito dos problemas de transferência de tecnologia de *software*. Todas elas responderam, com destaque, que se ressentem com a falta de um monitoramento de tecnologia de ponta na área de *software*. Isso indica que os gerentes de projeto de *software* e os próprios pesquisadores das instituições não estão satisfeitos com o modelo de transferência de pacotes tecnológicos, que incluem cursos, treinamentos, seminários e conferências. Querem um monitoramento do próprio processo de assimilação das tecnologias, ao longo do tempo, de modo a desenvolver a capacidade de absorção dos receptores. A transferência de tecnologia não é um processo de partida que, por inércia, ganha força própria, como uma bola de neve numa encosta.

O problema de transferência de tecnologia não se restringe apenas à capacidade de assimilação de inovação por parte de uma elite de competência, formada por gerentes de pesquisa, pesquisadores e técnicos das instituições especializadas. A dificuldade é convencer o resto da sociedade a assimilar e adotar uma inovação tecnológica e distribuí-la largamente em um grupo humano maior em processo de desenvolvimento (Monley<sup>18</sup>). Uma profusão de barreiras de ordem econômica, política, social e cultural permeia toda a sociedade, criando entraves ao processo de assimilação de novas técnicas. Sem uma ampla base cultural, aberta para as ciências, é difícil para uma sociedade assimilar e desenvolver tecnologias.

Em certo sentido, essa dificuldade é encontrada até mesmo nas instituições pesquisadas. Inquiridas sobre o que inibe a transferência e assimilação das tecnologias de novos *software*, todas responderam que a maior dificuldade se en-

contra na priorização dos investimentos na infra-estrutura real da computação. Falta embasamento técnico-científico suficiente para decisões acertadas na hora de investir os recursos disponíveis. E esta é uma séria barreira para adoção de novas tecnologias em *software*.

A escolha da prioridade a ser dada aos recursos de computação disponíveis é um problema corrente e já estudado por alguns autores. Kling<sup>19</sup> refere-se ao modelo histórico dos investimentos dos recursos de computação em uma organização que restringe a habilidade dos agentes depois de realizados os investimentos. Simplificando (Scacchi<sup>20</sup>), as pessoas tendem a valorizar e confiar os sistemas já encaixados no seu trabalho e nos arranjos de computação. A tendência é manter esta estrutura primária de computação e opor-se à adoção (secundária) de novos sistemas.

Boehm<sup>21</sup> constata que os custos operacionais de um sistema de *software* e de sua manutenção são geralmente maiores que os que seriam necessários para o seu desenvolvimento. Dessa forma, o modelo de custos, de despesas de operação e manutenção reflete um compromisso de manter a viabilidade de uma infra-estrutura *tecnológica e organizacional*, na qual o sistema está encaixado. (Kling<sup>19</sup>).

Como segundo fator inibidor do processo de adoção de novas tecnologias de *software*, foi apontado o fato de que as tecnologias de *software* estão avançando muito rapidamente. O advento da engenharia de *software* a baixos custos e de uma tecnologia de *software* nacional representa um possível ponto final de um processo histórico de adoção de tecnologia, para dar lugar ao surgimento de um novo espectro tecnológico. A continuidade (Kling<sup>19</sup>), desse processo de crescimento conduz necessariamente à renovação dos grupos de trabalhos estabelecidos, por meio do desenvolvimento da comunidade de *software* como um todo. No entanto, muitas pessoas continuam descobrindo os repetitivos problemas de desenvolvimento de *software* e novas maneiras de trabalhar em volta deles. Isso, não obstante o esforço contínuo de pesquisadores para desenvolver novas tecnologias de *software*, inclusive programas integrados de meio ambiente, especificações de linguagem de *software*, técnicas de engenharia baseada em *software* e programas de linguagem múltiplos (paradigma) Scacchi<sup>20</sup>. Algumas organizações que desenvolvem *software* adotaram um processo para se manter ao lado da nova tecnologia de computação.

Os fatores que mais afetam a transferência de tecnologia de *software* nas instituições trouxe de volta o problema da com-

plexidade do processo de adoção de inovações.

Conforme relação a seguir, a resposta ressaltou o fato de que transferir tecnologia não é fácil, porque comporta uma gama de problemas da área de educação e de treinamento, além de técnicas, métodos, instrumentos, suportes, administração e fatores humanos (Myamoto<sup>17</sup>). Exige, portanto, das elites de competência e da sociedade como um todo uma base mais ampla de cultura geral, técnicos, científicos, metodológicos etc.

### Dificuldades na transferência de tecnologia nas instituições pesquisadas

- A transferência de tecnologia não é fácil, porque é relacionada à educação, treinamento, técnicas, métodos, instrumentos, suportes, administração, organização e fatores humanos;
- Poucas pessoas estão a par dos avanços em métodos e técnicas, e este baixo nível de consciência é um fator contribuinte para a tecnologia de pesquisa e de grupos de desenvolvimento avançado dentro do uso diário;
- A carência geral de um bem definido e coerente processo de engenharia de *software* na maioria das instituições no desenvolvimento de *software* é um dos principais obstáculos à transferência de tecnologia.
- A falta de um coerente e bem definido processo de ciclo de vida do produto na engenharia de *software* é um problema na transferência de tecnologia;
- O tempo para escrever e publicar um livro é tal, que o material mais recente no campo do assunto freqüentemente não pode ser incluído. Em algumas das áreas mais voláteis, até o tempo para artigos de jornais é muito longo para a maioria da informação corrente.
- Artigos sobre comércio tendem a ser relativamente superficiais; havendo falta de proporcionar detalhes suficientes na evolução e uso do novo método efetivamente.

Em segundo lugar, na ordem dos fatores que afetam a transferência de tecnologia, foi apontado o fato de que poucas pessoas estão a par dos avanços em métodos e técnicas. Esse baixo nível de consciência é um dos fatores que mais dificultam tanto o processo de transferência de tecnologia, como a adoção de técnicas mais avançadas por grupos humanos no dia-a-dia. (Freeman<sup>22</sup>).

Um terceiro fator que inibe a transferência de tecnologia é apontado como sendo a carência geral de um bem definido e coerente processo de engenharia de *software*

na maioria das instituições pesquisadas. Segundo Taylor<sup>23</sup>, a engenharia de *software* visa a dar suporte técnico-científico ao processo de programação e a qualidade do produto, por meio da criação de instrumentos, de testes de metodologias e de aplicação experimental de programas de *software*.

Resumindo, concordamos com Freeman<sup>22</sup>, ao afirmar que é relativamente fácil tornar-se consciente a respeito dos novos produtos da área de informática, tanto de *hardware*, como de *software*, por meio de amostras comerciais, demonstrações de venda, anúncios etc. O que é difícil mesmo para gerentes de *software* e pesquisadores e o que, de fato, dificulta a transferência de tecnologia é a quase impossibilidade de se acompanhar, dia a dia, os rápidos avanços na área da informática.

Diante dessas dificuldades, vale indagar o que pensam os membros das instituições pesquisadas a respeito do que seria necessário para solucionar os problemas de transferência de tecnologia de *software*. E a resposta de maior freqüência indicou que a transferência de tecnologia de *software* deve vir embutida em um contexto da cultura organizacional. Em outras palavras, a forma mais eficiente de se transferir tecnologia de *software* é dirigi-la, não apenas para a elite de competência, mas para a organização como um todo social. A resposta concorda com o que afirma Emerson *et alii*<sup>24</sup>, quando concluíram que um programa efetivo de transferência de tecnologia em engenharia de *software* deve ir além dos caminhos tradicionais, como escrever, ensinar, prestar consultoria, ou qualquer outra técnica, para que possa ocasionar mudanças reais. A chave, afirmam aqueles autores, é entender que os problemas de transferência de tecnologia dizem mais respeito aos parâmetros comportamentais das organizações que dos indivíduos. A seguir, são relacionados, na ordem de maior freqüência, as demais sugestões para a solução dos problemas de transferência de tecnologia de *software* nas instituições pesquisadas.

### Sugestões para solucionar problemas na transferência de tecnologia na instituição

1. O processo de transferência deve ser participatório, suprir a clientela, facilitar experimentos, avanços, extensão, definir e aplicar critérios para padronizar o suporte de sua evolução.
2. Estabelecer medidas de sucesso, metas e objetivos.
3. Aumentar a prioridade de transferência e seu suporte.
4. Definir incentivos para organizações no sentido de usar a função da transferência de tecnologia.

5. Identificar/definir uma função de transferência: os membros devem ter boas habilidades interpessoais e comunicativas, além de credibilidade dentro da organização.
6. Usar o movimento secreto "colégio invisível" (rede profissional).
7. Fazer propaganda da transferência de tecnologia para os *gatekeepers* da tecnologia dentro da organização.
8. Visar à transferência de tecnologia como um problema de mercado.
9. Fazer rotação entre as pessoas nas suas funções para identificar áreas onde elas estariam mais bem situadas e alocar adequadamente.
10. Esquema de financiamento mais adequado para desenvolver tecnologia de ponta.
11. A transferência está associada a um outro produto que não seja *software*.
12. Treinar pessoas envolvidas em projetos de *software*, vindas de outros países.
13. Premiar uso de pacotes/tecnologias gerados no Brasil.
14. Conscientizar a mentalidade do empresariado no sentido de investir em pesquisa.

A propósito das questões relacionadas com os veículos empregados na transferência de tecnologia de *software*, constatou-se um complexo e diferenciado emprego de veículos em todas as instituições pesquisadas. Foi possível identificar uma forma de especialização de veículos para atendimento a objetivos específicos de algumas instituições. Assim foi que as duas faculdades incluídas na pesquisa, a FEE/Unicamp e a Poli-Elétrica/USP, que perseguem objetivos de ensino e pesquisa, escolheram como veículos de maior freqüência a educação, os congressos e seminários. As demais instituições pesquisadas, que têm como objetivo maior a criação de produtos destinados ao processo industrial, escolheram o treinamento como o veículo mais usado.

Monley<sup>18</sup>, estudando o assunto, constatou que as combinações possíveis dos veículos de transferência de tecnologia foram tão complexas, quanto a variação do próprio processo e dos problemas referentes ao alvo destinatário.

Os dados da pesquisa que apontam para a complexidade do processo de transferência de tecnologia e para a necessidade de embuti-lo no contexto mais amplo da estrutura organizacional das empresas e mesmo da sociedade como um todo estão de acordo com Rattner<sup>13</sup>.

### INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE AS INSTITUIÇÕES

Como foi visto anteriormente, os objetos dos seus programas e projetos de

informática, como adoção, adaptação e desenvolvimento de tecnologias de *software*, visam, prioritariamente, a atender os interesses específicos de cada instituição pesquisada. Cada uma delas estabelece os seus próprios sistema de engenharia de *software*, independentemente das demais, buscando a criação de produtos que venham a satisfazer as suas necessidades.

O caráter governamental, por sua vez, liga-se necessariamente à chamada política nacional de informática, que, segundo Fadul<sup>25</sup>, "propiciaria ao Brasil um novo modelo de desenvolvimento, como uma saída do governo brasileiro no sentido de atingir o milagre econômico fracassado na industrialização".

Aquelas instituições estão, portanto, integradas em um esforço nacional que, apesar da prolongada crise econômica, política e social, da recessão dos recursos escassos e política de isolamento da comunidade econômica internacional, visa a colocar o país na corrente da terceira revolução industrial — a da informática. Tendo chegado em atraso à primeira revolução industrial e fracassado na segunda, o Brasil está querendo ingressar na terceira revolução, a da informatização, corrigido em todas aquelas contradições.

Fadul<sup>25</sup> aponta como uma profunda contradição o fato de o Brasil não poder "prescindir dessas novas tecnologias porque também implicaria desemprego, pela perda da competitividade de nossos produtos. Por outro lado, o Brasil não precisa entrar nesse mundo porque tem mão-de-obra ociosa e relativamente barata, comparada com outros países."

É, nesse ambiente de dificuldades e de contradições de toda ordem política, econômica e social, que percebemos o esforço que está sendo feito por aquelas instituições governamentais para fazer o Brasil ingressar na nova sociedade de informação (Rattner<sup>14</sup>), em que o conhecimento e as modernas máquinas de processamento, armazenamento, recuperação e distribuição em larga escala de informações são o mais importante fator de produção. Mais valioso para o desenvolvimento de um país no limiar de uma nova revolução industrial é a abundância dos recursos naturais e de mão-de-obra.

No seu esforço de ajudar o país a ingressar nessa nova sociedade, as instituições pesquisadas desenvolvem uma grande diversidade de produtos.

Os produtos gerados pelas instituições, com concentração de recursos na geração de tecnologias nas áreas de telecomunica-

ções, engenharia de *software*, meteorologia, monitoramento ambiental, aviões, ciências espaciais e outros são um exemplo.

Os tipos de sistemas de *software* aplicativos mais desenvolvidos nas instituições pesquisadas foram simulação e modelagem, aplicação técnica-científica, sistemas operacionais (*software* básico); indicam grande esforço no sentido de pôr os recursos da informática a serviço do desenvolvimento econômico, com aplicação na produção industrial.

A grande variedade de equipamentos de *hardware* disponíveis, com o mais diversificado desempenho, acaba criando uma dificuldade extra, por causa da quase infinita variedade de *software* possíveis de serem criados (Charette<sup>26</sup>). Isso leva cada instituição a desenvolver os seus próprios sistemas, diferentes dos demais. Dessa forma, os sistemas de cada instituição são únicos, como, por exemplo, uma aplicação bancária para o Banco da América não é empregada pelo Citicorp. Cada companhia constrói seu próprio sistema operacional. A consequência mais grave desse fato é que, enquanto os equipamentos de *hardware* desenvolvem-se rapidamente, os sistemas de *software* avançam lentamente, por causa da dispersão dos recursos empregados em uma imensa variedade de sistemas por empresas ou instituições de P&D.

Justifica-se a preocupação da pesquisa com dados referentes à existência de contratos formais entre as instituições no processo de introdução de sistemas de *software*; sabe-se que o sucesso ou não dos sistemas implantados depende muito da forma como o introdutor e o receptor elaboraram, executaram e acompanharam, em conjunto, o plano de implantação, desde a identificação das necessidades das áreas-chave com utilizadores de vontade razoável. (Baudoin *et. alii*<sup>27</sup>), à conscientização das pessoas envolvidas, o seu treinamento, até a aferição dos resultados obtidos.

O estudo sobre as estratégias cogitadas pelas instituições, diante da nova política para a indústria de informática no país, mostrou a predominância de investimento em pesquisa e desenvolvimento. Além dessa estratégia, manter os antigos planos da instituição foi citado em segundo lugar.

O estudo sobre os meios empregados pelas instituições na capacitação dos seus profissionais mostra um equilíbrio nas respostas. Destacou-se, no entanto, a liberação de profissionais para cursos de pós-graduação. Em seguida, vieram os estágios em centros de pesquisa com tecnologias

mais avançadas, e também incentivos a atividades de autocapacitação. A Poli-Elétrica usa estágios em centros estratégicos. O CTI e a FEE-Unicamp costumam contratar consultores, professores e visitantes.

As mudanças na informatização produzem mudanças na demanda de capacitação de pessoal. Uma capacitação maior sempre dá maiores oportunidades. Daí a importância de se investir em auto-educação, seja por meio de cursos, congressos, palestras e outras atividades. A auto-educação mantém o gerente atualizado, vendo o mundo de uma maneira diferente, mais progressista, participando das mudanças, e não apenas um expectador à mercê dos acontecimentos.

Freeman<sup>22</sup> constata o fato de que as instituições estão cada vez mais conscientes do valor das suas equipes de profissionais e da necessidade de investirem na sua capacitação contínua, tendo em vista mantê-los informados sobre o desenvolvimento e evitar uma rápida obsolescência tecnológica. Os institutos pesquisados estão conscientes do valor de seus grupos profissionais e da necessidade de fazer investimentos na educação contínua de seus empregados.

#### PERFIL DOS PESQUISADORES

Este bloco de estudos visa a traçar em linhas gerais o perfil do grupo de gerentes de *software* que trabalham com as tecnologias avançadas naquelas instituições de pesquisa e desenvolvimento. É uma sondagem do esforço que elas estão fazendo no sentido de capacitar o seu pessoal, a fim de que possam acompanhar os avanços tecnológicos ocorridos nos países mais desenvolvidos.

O estudo sobre os projetos que promovem as atividades de pesquisa e desenvolvimento nas instituições visa a detectar quais as contribuições que os pesquisadores de engenharia de *software* estão dando para o desenvolvimento de tecnologias de ponta, como ciência da computação, telecomunicação, energia nuclear, mísseis de aviões e outros.

O estudo das variáveis sexo e idade do grupo de pesquisadores daquelas instituições mostra uma elevada predominância masculina (85,71%) contra 14,29% de mulheres. Este fato não traz maiores surpresas para o nosso estudo, uma vez que, no campo da informática, Pontual<sup>28</sup> já constatará a incidência de profissionais do sexo feminino acentuadamente inferior à do sexo masculino.

Quanto à distribuição por idade dos membros desse grupo, constata-se uma fre-

quência bastante acentuada na faixa dos 31 a 40 anos. Tal constatação é muito significativa para o nosso estudo, uma vez que ela representa uma combinação de saber acumulado e experiência profissional com plena capacidade intelectual de absorver e de elaborar novos conhecimentos. O estudo mostra também a existência de 17,14% de gerentes de *software* na faixa de 21 a 30 anos. Já a faixa de 41 a 50 anos comportou 21,47% dos pesquisadores.

Quanto à nacionalidade dos gerentes, foi marcante a predominância dos brasileiros (97,14%) contra apenas 2,86% de estrangeiros.

A variável formação acadêmica no nível de graduação revela um dado expressivo: 50% dos pesquisadores fizeram engenharia elétrica. Seguem, por ordem de maior frequência, as seguintes especialidades: computação (8,57%); engenharia mecânica, física, matemática (7,14%); engenharia civil (5,71%); estatística, (4,29%); e engenharia aeronáutica (2,86%).

Diferentemente do que constatou Pontual<sup>28</sup>, os dados da pesquisa apontam para uma menor diversificação das áreas de capacitação dos pesquisadores, concentrando-se em torno dos diversos ramos da engenharia (65%) e áreas afins. Observa-se que no nível de graduação, a formação intelectual e o direcionamento profissional revelam maior grau de especialização e de adequação aos objetivos das instituições, o que não foi observado por Pontual<sup>28</sup> na sua pesquisa anterior.

Com exceção da Embraer e do IPT, todas as instituições possuem grande concentração de pós-graduados.

No Inpe, 35,71% são doutores; 28,57% mestres; e 21,43%, pós-doutores. Apenas 14,29% não possuem curso de pós-graduação. Parte expressiva dos pós-graduados fizeram curso no exterior: 26,67% nos Estados Unidos; 13,33% na França; 6,71% no Canadá.

Na FEE/Unicamp, 100% dos entrevistados têm curso de pós-graduação: 75,00% são doutores e 25,00% são pós-doutorados. Dentre eles, 37,50% fizeram seus cursos na França; 25,00%, nos Estados Unidos; 12,00%, na Alemanha; e 25,00% no Brasil.

Da mesma forma que na FEE-Unicamp, na Poli-Elétrica/USP todos os entrevistados possuem cursos de pós-graduação. Deles, 50% são mestres e 50% doutores. Todos os cursos foram realizados no Brasil.

No CTA, dos que fizeram pós-graduação, 33,33% são doutores e 22,22% são mes-

tres. Deles, — 11,11% fizeram curso nos Estados Unidos e 11,11% no Japão —, é elevada a taxa dos que não possuem cursos de pós-graduação (44,44%).

Já na Embrapa, 77,78% dos entrevistados possuem curso de pós-graduação: 55,56% são mestres, 11,11% são doutores e 11,11% fizeram pós-doutorado. Apenas 22,22% não possuem pós-graduação. Dos pós-graduados, 22,22% fizeram curso nos Estados Unidos e 11,11% na Alemanha.

No CPqD, dos entrevistados, 37,50% não possuem curso de pós-graduação. Dos que possuem, 37,50% têm mestrado e 12,50% doutorado; e 12,50% têm livre-docência. Dos que fizeram curso fora do país, 12,50% no Canadá; 12,50% na Inglaterra; 12,50% na Holanda.

Das pessoas entrevistadas no CTI, 75,00% possuem curso de pós-graduação, no nível de mestrado. Dentre estes, 25% saíram do país para treinamento na Alemanha.

No IPT, observa-se que apenas 28,57% possuem curso de pós-graduação, dos quais 14,29% são mestres e 14,29% têm pós-doutorado com cursos na Alemanha e Áustria.

## FONTES DE INFORMAÇÕES

Pontual<sup>28</sup> constatou a importância dos canais formais e informais de comunicação para elevar o nível de conhecimento dos usuários. Os mecanismos informais são, no entanto, os mais empregados por cientistas e técnicos para obter conhecimentos imediatos destinados à solução de problemas ou para a criação de métodos e processos tecnológicos alternativos.

No presente estudo, observou-se que, dentre as fontes formais, o artigo de periódico teve maior destaque, seguindo os livros, os anais de congressos e seminários, bibliografias ou *abstracts*, arquivo pessoal, normas técnicas e especificações.

Notou-se que das fontes informais, duas se destacaram, demonstrando a existência de um inter-relacionamento entre a unidade de pesquisa e entre colegas de departamento, de congressos e seminários. Em seguida, vêm os intercâmbios de outras instituições no país e visitas a organizações congêneres.

E quanto aos intercâmbios e comunicações com colegas de instituições fora do país, o contexto geral da pesquisa mostrou que não existe muito hábito de troca de informação. Contudo, o Inpe, a Poli-Elétrica, a FEE/Unicamp e o CPqD demonstraram que cultivam bom relacionamento entre os es-

pecialistas nas diversas áreas do conhecimento, dentro e fora do país.

A participação em encontros, congressos, seminários e outros eventos científicos demonstra o grande interesse das instituições em reciclar seus profissionais. Constatou-se que 50% deles participam daqueles eventos com frequência acima de quatro vezes nos últimos dois anos, 20% com três vezes e 12,86% com duas vezes.

Dos participantes desses eventos, a maioria apresentou trabalhos (62,86%). Algumas das instituições tiveram em média uma taxa de 50% dos seus pesquisadores apresentando trabalhos em eventos científicos. Constatou-se que, entre os gerentes de *software*, existe o hábito de se reunirem com profissionais da mesma área para comunicações técnicas.

Na maioria das instituições, a forma mais empregada pelos gerentes de *software* para adquirir informações sobre conhecimento técnico-científico é o levantamento bibliográfico. Seguem os cursos de especialização, que permitem informar-se sobre tudo o que está ao seu alcance em termos de novidades técnico-científicas. Em menor escala, vêm as conversas informais.

Quando necessitam recorrer a alguém para obter a essência de uma informação, normalmente os gerentes dirigem-se aos engenheiros ou cientistas de suas instituições. De maneira geral, constatou-se que os pesquisadores são bastante solicitados para prestar informações.

Na maioria das instituições, a investigação de um problema técnico-científico foi apontada como o motivo mais freqüente do surgimento de uma necessidade de informação. Segue, de forma especial, na geração de novas idéias surgidas, a partir dos projetos ou programas de pesquisa. Em terceiro lugar, vem a procura de subsídios para a solução de problemas técnico-científicos.

Resumindo, constataram-se as seguintes características mais importantes no perfil dos gerentes de projetos de *software* daquelas instituições que formam o universo da pesquisa:

- a) predominam pessoas do sexo masculino, na faixa etária de 31 a 40 anos, idade de maior potencial criativo, quando se acumulam saber e capacidade intelectual;
- b) predominam também os brasileiros, com cursos de pós-graduação (mestrado, doutorado e pós-doutorado) realizados no Brasil e no exterior;
- c) usam bastante os canais informais de comunicação em um esforço contínuo de autocapacitação, mantendo inter-

câmbios e trocas de idéias, inter-instituições (nacionais e estrangeiras) e entre colegas da mesma especialização; d) manifestam grande concentração de especialização de conhecimentos técnicos e científicos na área da engenharia.

De modo geral, constata-se a valorização do seu corpo técnico-científico por parte das instituições, que continuam investindo em capacitação de pessoal, não obstante a escassez de recursos governamentais para este fim.

## CONCLUSÕES

A análise dos dados da pesquisa apontou uma forte dependência das instituições e dos seus pesquisadores ao esquema de divisão internacional de trabalho.

A mesma divisão de trabalho ocorre no processo de geração e transferência de tecnologia em geral e, de modo bem marcante, na área da computação — hardware e software. Rattner<sup>14</sup> constata que, nos países em desenvolvimento, as realizações ou fracassos do sistema técnico-científico não podem ser explicados apenas pela análise das instituições, suas normas e seu funcionamento. As causas estão quase sempre, além dos limites das instituições, na economia política do subdesenvolvimento, que cria e reproduz obstáculos à integração do sistema produtivo com o científico tecnológico. E Gomes<sup>29</sup> afirma: "Entre os países periféricos e os países centrais, no que diz respeito à informática, não há relações neutras (ou pacíficas)".

Nesse contexto, não obstante o protecionismo da Lei de Informática, em vigor por muitos anos, é grande ainda a nossa dependência na área de equipamentos de computação, tanto em termos de *hardware* como de *software*. Esta dependência é o fator que mais tem influenciado o processo de geração, de adoção e de transferência de tecnologia de software nas instituições pesquisadas.

De uma forma ou de outra relacionados com a nossa situação de país periférico, outros problemas internos das instituições contribuem para criar barreiras ao desenvolvimento de sistemas de software nas instituições pesquisadas. São elas: a falta de preparo gerencial, de melhor capacitação do pessoal, de uma linha metodológica mais estruturada e a crônica falta de recursos financeiros.

Não obstante essas dificuldades, os dados da pesquisa revelam que as instituições em estudo abrigam um dinâmico grupo social de gerentes e de pesquisadores da área de software. É elevado o percentual que tem

cursos de pós-graduação, destacando-se a área de engenharia. Muitos deles têm curso de especialização nos melhores centros de pesquisa dos países desenvolvidos. As instituições estão sempre investindo na capacitação técnico-científica do seu quadro de pessoal.

Mas isso não é suficiente para quebrar o círculo de ferro que nos prende à condição de periféricos, com acesso limitado ao acervo de conhecimentos básicos que nos permitiriam desenvolver tecnologia própria de produto e de método de produção. (Marques<sup>30</sup>).

Mas esta é uma questão que foge do âmbito da ciência e tecnologia e envereda pelo campo das ciências sócio-políticas. Para Rattner<sup>14</sup>, ciência e tecnologia não são "variáveis independentes no contexto sócio-político". Para serem entendidas, nos países subdesenvolvidos, requerem uma análise da economia política das sociedades periféricas.

É neste contexto mais amplo, de um país em desenvolvimento e de economia dependente às economias centrais, que se radicam os condicionamentos mais poderosos do nosso processo de desenvolvimento na ciência da computação.

É neste contexto que também devem ser analisados os resultados da nossa pesquisa, focalizando as seguintes variáveis:

a) As idéias dos projetos, segundo os dados da pesquisa, têm como fonte mais freqüente os pesquisadores e os clientes. Tal fato demonstra um certo grau de dinamismo decorrente dos dois agentes (pesquisador e cliente). No entanto, podemos indagar qual a contribuição do sistema produtivo do país na origem das idéias dos projetos de pesquisa, pois uma das características da ciência e tecnologia nos países em desenvolvimento é o seu distanciamento das necessidades reais da sociedade. Segundo Rattner<sup>14</sup>, por motivos puramente econômicos, os empresários preferem adquirir tecnologia nos países desenvolvidos, mesmo quando alternativas locais estiverem presentes e visíveis.

b) Outra variável — entidades financiadoras de pesquisa — vem corroborar a anterior, ao revelar que é pouco significativa a participação do sistema produtivo privado na geração de ciência e tecnologia na área de software. O peso dos recursos provém de instituições de fomento governamentais. E estes, na atual conjuntura política e econômica do país, são escassos, o que obriga os pesquisadores a um regime de trabalho com baixos salários e poucos recursos técnicos

para o desenvolvimento das suas pesquisas.

No Japão, aconteceu o contrário. Ali o Estado deu apoio à indústria nacional de computadores, financiando e concedendo incentivos fiscais às atividades de pesquisa & desenvolvimento pelas empresas, bem como pelo treinamento de recursos humanos altamente especializados.

c) As questões referentes à variável "ciclo de vida do software" permitem aferir a capacidade de gerenciamento dos programas e projetos, revelando a natureza dos problemas e o grau de dificuldade encontrado. Conclui-se que administrar o ciclo de vida de um produto com alto conteúdo tecnológico, bem como o ciclo de evolução das tecnologias que lhe são agregadas, é uma tarefa bastante complexa, que demanda uma capacitação técnica, gerencial e de planejamento consideráveis.

Os dados da pesquisa confirmam as assertivas anteriores e apontam como requerendo mais tempo e apresentando maiores dificuldades a fase de desenvolvimento dos protótipos. O intervalo entre a idéia inicial e a utilização plena dos produtos gerados pela pesquisa demanda de um a três anos e, em alguns casos, até sete anos.

d) Intercâmbio científico e emprego de canais formais e informais de comunicação é uma importante variável que permite aferir o esforço contínuo de capacitação entre os membros de uma comunidade científica. Garvey<sup>31</sup> descreveu o intercâmbio de informação científica como um sistema de interação social desenvolvido entre os cientistas, de modo a permitir a troca de informações dentro de uma mesma área. Nesse processo de *interação* dentro do grupo social dos cientistas, o mesmo autor constata ser mais eficiente o emprego dos canais informais que os formais. Os primeiros permitem contatos mais rápidos e mais eficazes entre os pesquisadores. Os dados da pesquisa demonstram que, de modo geral, os cientistas das instituições pesquisadas desenvolvem um intenso processo de intercâmbio por meio de canais informais, como encontros, congressos, seminários e outros eventos que possibilitem trocas face a face.

Levantamento bibliográfico é o canal formal mais empregado, sobretudo nas ocasiões em que são necessários grandes volumes de informações sobre um determinado conhecimento técnico-científico.

A forma mais freqüente, como surge uma necessidade de informação, é a investigação de um problema técnico-científico. E nesse caso, para obter a essência de uma informação, recorre-se, na maioria das vezes, a outros engenheiros ou dentistas da própria instituição. Mostra-se, dessa forma, o emprego intensivo de canais informais dentro das instituições.

Concluindo, ficou evidente que, mesmo com todos os entraves decorrentes do caráter dependente de nossa economia e da atividade técnico-científica, que cria dificuldades sobretudo de ordem financeira, aquelas instituições governamentais vêm forcejando uma saída para o país na área da ciência da computação.

Ficou evidente também a existência de um quadro de pessoal capacitado em sistema de software, que dá sua contribuição, buscando adotar, gerar e desenvolver uma ciência e tecnologia de *software* nacionais. Pesquisadores daquelas instituições, com poucos recursos financeiros, e dispo de acesso limitado às tecnologias de ponta dos países desenvolvidos, estão conseguindo expressivos avanços. O resultado é que cresce, dia a dia, o número de novos profissionais de desenvolvimento de *software* e prolifera por toda a parte o conhecimento da engenharia de *software*. Dessa forma, prepara-se, apesar das décadas perdidas pelas crises, a chegada de uma nova era de desenvolvimento para o país.

Este trabalho é um ponto de largada para novos estudos e novas pesquisas sobre as instituições públicas e privadas que vêm contribuindo, de uma maneira ou de outra, para desenvolver e transferir inovações tecnológicas em informática. Talvez seja esta a sua modesta contribuição, a de abrir caminho para novos estudos em uma área pouco explorada, não obstante a sua importância para o desenvolvimento econômico e social do país.

#### Sugestões:

- a) que as instituições de pesquisas e desenvolvimento formem um elo com a comunidade acadêmica, e empresas privadas em uma posição pró-independência no setor de informática (*software*) em órgãos do governo e na indústria, iniciando uma ligação ideológica, fortalecendo as práticas sociais, políticas e econômicas;
- b) identificar os produtos importados por diversas instituições e compatibilizar os interesses institucionais para evitar duplicidade de esforços e desenvolvimento conjunto;
- c) abrir canais de comunicação formais e informais entre universidades e os institutos, tendo em vista melhor aproveitamento

- d) unir os esforços das universidades e instituições, visando à execução de projetos otimizados e confiáveis, tendo em vista atender às demandas do mercado em um ambiente de competição mundial;
- e) coletar e divulgar/informações, promovendo a troca de experiências na transferência de tecnologia de *software*, entre as instituições de pesquisa;
- f) constituir agrupamento de pessoas que se dediquem à transferência de tecnologia e às inovações tecnológicas, desenvolvendo uma estrutura comum para praticantes e pesquisadores, considerando questões a serem feitas com o fim de resolver problemas;
- g) adotar a metodologia da engenharia de *software* como um hábito, uma rotina de trabalho das equipes que desenvolvem os projetos de *software*.

Charette<sup>26</sup> diz que a coisa mais surpreendente para ele "é a quantidade de dinheiro que está sendo gasta em *software*, e ninguém parece perceber. Provavelmente porque os fracassos estão espalhados e nem todos acontecem de uma só vez".

A autora deixa como sugestões aos professores:

- criar currículos adequados e elaborar livros - texto para estudantes regulares da ciência da computação;
- oferecer seminários especialmente para os gerentes e programadores graduados que trabalham nessa área;
- utilizar os princípios metodológicos de engenharia de *software* em todos os laboratórios e projetos de modo a familiarizar os estudantes com metodologias de trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DYTZ, E. Prefácio. In: FASSY, A. *A informática e o futuro do Brasil*. São Paulo: EMW Editores, 1985.
2. FLAMM, K. *Targeting the computer*. Washington: The Brookings Institution, 1987. 230 p.
3. STONEMAM, P. *Technological diffusion and the computer revolution*. The united experience. Cambridge. University, 1976, 219p.
4. PONTUAL, M. A. C. *Interação dos institutos governamentais de pesquisa e desenvolvimento: suas implicações na eficácia da inovação e transferência tecnológica na área de informática*. São Paulo: ECA/USP, 1992. 231 p.

5. MYERS, S., MARQUIS, D. G. *Successful Industrial Innovations*. National Science Foundation, 1969.
6. ROGER, E. M., SHOEMAKER. *Communication of Innovation*, A cross-cultural approach. New York, Free Press, 1971, p. 19.
7. ZALMTMAN, G; DUNCAN, R., HOLBEK, J. *Innovations and organizations*. New York: John Wiley & Sons, 1976. 201 p.
8. ARAUJO, V. M. R. H. de. Estudo dos canais informais de comunicação técnica, seu papel na transferência de tecnologia e na inovação tecnológica *Ciência da Informação*, Rio de Janeiro, v. 8, n2, p. 79-100, 1979.
9. CAMPOMAR, M. C. *As atividades de marketing no processo de transferência de tecnologia: um estudo sobre instituições de pesquisas governamentais*. São Paulo, FEA/USP, 1981. (Tese Doutorado).
10. KELLY, P., KRANZBERG, M. *Technological innovation: a critical review of current knowledge*. Atlanta, 1975. 365 p.
11. BURNS, T. Models, images, and Myths, In: GRUBER, W. H, MARQUIS, D. G. (eds) *Factors in the transfer of technology*. Cambridge, Massachusetts, 1969.
12. DOCTORS, S. I, *The role of the federal agencies in technology transfer*. Cambridge, Massachusetts, 1969.
13. BAR-ZAKAY. S. N. *Technology transfer model*: The Rand Corporation. Santa Monica, CA, Nov. 1970. p. 45-49.
14. RATTNER, H. *Tecnologia e Sociedade — uma proposta para os países subdesenvolvidos*. São Paulo: Brasiliense, 1980.
15. SABATO, J. Sobre la autonomia tecnológica. In: GOMES, S. F., LEITE, R. C. C. (ed) *Ciência e tecnologia é independência*. São Paulo: Livinia Duas Cidades, 1978.
16. FERNANDEZ, S. *Technology Transfer*.
17. MYAMOTO, I. User interface design of software toolssystem as a technology transfer vehicle. In: *IEEE Computer Society Workshop Software Engineering Technology Transfer*. Miami, 1983.
18. MANLEY, J. H. et all. Technology transfer process and vehides. In: *IEEE Computer Society Workshyop on Software Engineering Technology Transfer*. Miami, 1983.
19. KLING, R., SCACCHI. The web of computing technology as social organization. *Advances in Computers*, v. 21, p. 1-87, 1982.
20. SCACCHI, W. *Understand software technology transfer*. barriers to innovation engineering. IEEE, 1988
21. BOEHM, B. W. Software engineering R & D trends and defense needs In: *Research directions for software technology*. P. Wegner, (ed) Cambridge, MA: Mit Press, p. 44-96, 1979.
22. FREEMAN, P., WASSERMAN, A. The role of professional development. Seminars in technology transfer. In: *IEEE Computer Society Workshop on Software Engineering Technology Transfer*. Miami, 1983.

23. TAYLOR, B. J. Patterns of technology transfer in a development group. In: *IEEE Computer Society Workshop on Software Engineering Technology Transfer*. Miami, 1983.
24. EMERSON, T.J., FOWLER, P. J. Training for software engineering technology transfer. In: *IEEE Computer Society Workshop on Software Engineering Technology Transfer*. Miami, 1983.
25. FADUL, A. M. (org.) *Novas Tecnologias, impactos políticos, culturais e sócio-econômicos*. São Paulo Summus: Intercom, 1986.
26. CHARETTE, R. N. *Software engineering risk analysis and management*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1989.
27. BAUDOIN, C. R., MARION, P. J. *A Software tool introduction experience at national semiconductor*. Palo Alto, CA, 1988.
28. PONTUAL, M. A.C. *Comunicação da informação entre a comunidade de informática da Embrapa*. São Bernardo do Campo, São Paulo, 1989. (Tese de Mestrado).
29. GOMES, S. Informática e sociedade. In: BENAKOUCHE (org.) *A questão da informática no Brasil*. São Paulo: Brasiliense, 1985.
30. MARQUES, I. da C. Computadores e soberania nacional. *Cadernos de Tecnologia e Ciência*, nov./dez. 1979
31. GARVEY, W. D. *Communication: the essence of science*. Oxford: Pergaman, 1979. 332 p. Appendix B.186p.

Artigo aceito para publicação em 14 de setembro de 1994.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Ormuz, ex-presidente da Embrapa, à Capes pelo financiamento da pesquisa, ao Ten. Cel. Av. Cunha, Prof. Dr. do ITA/CIA, ao Dr. Fuad da Embrapa. Agradecimento especial a todos os gerentes de projetos de *software* e coordenadores do setor de informática, da Poli-Elétrica/USP, FEE/ Unicamp; CTA; Impe, IPT, Embraer, NTIA/Embrapa e CPqD/Telebrás, pela cooperação amigável nas entrevistas e questionários, sem a qual não seria possível realizar este trabalho.

## Innovation and technological transfer in the informatics area of the governmental R & D institutes

### Abstract

*The study develops a referencial framework and conceptual structure in order to discuss and analyse the performance of technological innovation and transfer in informatics of nine governmental institutes of São Paulo State, Brazil. It shows the descriptive analysis in the measurement of the characteristics of functionality of the production process: human and technical resources and equipment, personnel training programs, technological Information support and knowledge exchange in the technological market. The study attempts an understanding of the contribution of the informatics for the development of high technology in nine governmental institutes. The results show the strict dependence of the institutes and researchers on the international aspect of the technological transfer (hardware and software) in the computing science area. Constraints in the development of software show a lack of managerial and training of personnel, strategic planning and financial support. In spite of many managers have post graduate courses on engineering, the information exchange occurs frequently through informal channels. Even with all these constraints, the nine governmental institutes analysed have been seeking outlets successfully for Brazil in the computing science area.*

### Keywords

*Informatics; Technological innovation; Technological transfer, Information channels.*

### Miraci de Arruda Camara Pontual

Bacharel em Biblioteconomia e Documentação pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Ciências da Comunicação pelo Instituto Metodista de Ensino Superior, São Bernardo do Campo, SP. É doutoranda da Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo (ECA/USP). Assistente executiva da Embrapa.