

DOSSIÊ DOSSIÊ DOSSIÊ DOSSIÊ



JORGE L. DELYRA

JORGE L. DELYRA
é professor do
Departamento de Física
Matemática do Instituto
de Física da USP.
e-mail:
delyra@fma.if.usp.br

A universidade e a revolução informática

PRÓLOGO



esta apresentação vou tentar caracterizar a revolução informática que se acredita estar acontecendo no mundo globalizado em que estamos passando a viver, e também colocar em perspectiva os seus possíveis efeitos sobre as atividades e o futuro da universidade. Vou tentar definir as opções básicas que se apresentam à universidade em termos de reação e adaptação a essa revolução e esboçar algumas recomendações gerais quanto às opções. A confrontação da universidade com os caminhos impostos por essa revolução poderá, a meu ver, assumir proporções de crise, pois a revolução implica em mudanças rápidas e profundas, enquanto a universidade tem uma estrutura milenar que geralmente faz com que qualquer mudança seja lenta e difícil. Há que se lembrar também que fazemos parte de uma nação que parece caracterizar-se por uma considerável fluidez quanto às mudanças mais superficiais, enquanto mostra um certo imobilismo quanto às suas estruturas mais profundas. Por outro lado, recentemente mudanças mais profundas parecem estar começando a ocorrer, o que nos enche de uma esperança que tem sido muito escassa na história recente do país.

REVOLUÇÃO EM ANDAMENTO

O que queremos dizer por revolução? Se vamos falar sobre um coisa, é bom que primeiro tentemos definir o conceito de forma tão precisa quanto possível. Para os nossos fins aqui, propomos a seguinte definição de revolução: um processo de mudanças quantitativas grandes e rápidas no modo de vida e na cultura de uma nação, levando a uma nova fase da cultura, que é qualitativamente diferenciável da anterior. Em nosso caso, como a revolução está acontecendo em um mundo altamente globalizado, podemos dizer que os efeitos serão sentidos pela civilização como um todo, vindo eventualmente a afetar a maior

parte da população do planeta.

Como exemplos de revoluções envolvendo os insumos energéticos e materiais da economia podemos citar a revolução agrícola e a Revolução Industrial. Como exemplo envolvendo o conhecimento e portanto a informação podemos citar a revolução científica iniciada no século XVII, levando até a revolução da física moderna no primeiro terço deste século. *Não* são exemplos do que queremos dizer aqui por revolução fenômenos de cunho mais tipicamente político e social como a Revolução Francesa e variadas guerras civis e de libertação.

As revoluções de nossos primeiros dois exemplos dizem respeito aos insumos de energia e de materiais usados pelas culturas à época de cada uma, sendo entretanto bem distintas uma da outra. A revolução do terceiro exemplo e aquela de que vamos tratar aqui relacionam-se com o conceito de informação, mas também de formas bem diferentes uma da outra. Enquanto a revolução científica era uma revolução de conteúdo e de métodos para um tipo particular de informação, que eventualmente levaria ao desenvolvimento tecnológico agudo dos séculos XIX e XX, a revolução da informática diz respeito à nossa capacidade de manipular *todos* os tipos de informação. Além disso o tempo de transferência de seus efeitos da comunidade especializada onde ela se origina para a população em geral está se mostrando imensamente mais curto do que no caso dos antecedentes históricos.

Afirmamos que existe uma revolução tecnológica em andamento relativa às tecnologias de manipulação de informação, que parece estar levando ao que se tem chamado de “sociedade da informação”, que talvez venha a nascer ao amanhecer do terceiro milênio. Como sabemos disso? A melhor evidência objetiva vem de certas quantidades mensuráveis do universo tecnológico da informática, que mostram ser processos exponenciais crescentes, com tempos característicos curtos em termos históricos. O tempo característico de um processo exponencial pode ser definido

como o intervalo de tempo em que as quantidades envolvidas no processo dobram em valor. Em nosso caso eles são muito menores que os tempos de relaxação típicos dos processos de adaptação social e não há nenhum processo de saturação por limitações tecnológicas à vista para os próximos 10 a 20 anos.

Processos exponenciais *crescentes* são raros na natureza, correspondem a crescimentos extremamente rápidos e em geral exaurem rapidamente os recursos que consomem. Em geral os processos exponenciais são *decrecentes* e representam a relaxação de um sistema para um estado de equilíbrio. Os processos crescentes representam crises de mudança de fase. Os que conhecemos, como por exemplo o da explosão populacional, em geral têm tempos característicos consideravelmente mais longos do que os da revolução agora em andamento. Nas *Figuras 1 a 3* podemos ver exemplos de alguns aspectos desse processo de crescimento exponencial. Observe-se que as escalas das ordenadas dos gráficos são logarítmicas. Na *Figura 4* estão representadas as velocidades de crescimento exponencial dos principais elementos tecnológicos envolvidos no processo. Omitimos desse gráfico a taxa de crescimento do fenômeno mais recente, a teia mundial (World Wide Web, WWW). Sendo muito mais recente do que todos os outros, este fenômeno está num processo de crescimento particularmente explosivo, que o coloca completamente fora da escala daquele gráfico. A teia dobra a cada 13 semanas, o que corresponde a uma taxa de 4 na escala do gráfico. Os elementos básicos da revolução são o microcomputador e a rede de comutação de pacotes. Cada um tem as suas funções no sistema global que está surgindo: o computador é a âncora na ponta de cada ramificação capilar da rede, dando ao usuário as capacidades necessárias para participar do sistema de forma interativa; a rede é um sistema universal e extremamente flexível de troca de dados entre esses computadores. O objeto central da revolução é a informação, objeto de di-

fícil definição: basicamente, podemos dizer que é a outra coisa importante em nossas vidas, diferenciada dos insumos energéticos e materiais. A informação está freqüentemente envolvida em processos de controle das ações envolvendo os insumos materiais e de energia.

Quais são as outras características marcantes desta revolução? Uma delas é a progressiva digitalização dos meios de comunicação utilizados por nossa cultura: como é de conhecimento geral, já passamos da época da digitalização do som e estamos entrando na época da digitalização da imagem. O potencial de impacto da revolução sobre o sistema de produção é muito grande: não só a informação controla o uso da energia e dos materiais como o controle de produção e a própria produção poderão se transformar em puros problemas de programação. Alguns aspectos desse impacto já são visíveis, como o desemprego causado pela crescente automação da produção. A revolução está fortemente acoplada com o processo de globalização por que estamos passando. Estimativas da NSF indicam que quase todos os aspectos de nossas vidas deverão ser fortemente impactados por ela, antes do final do século.

A revolução já está em fase adiantada, mas ainda longe do fim. Seus primórdios ocorreram em meados deste século, logo após o final da Segunda Guerra Mundial. Para os computadores os principais desenvolvimentos começaram entre os anos 40 e 50 e para as redes entre os anos 60 e 70. Como podemos caracterizar melhor o estágio em que ela se encontra? Creio que podemos caracterizar o estágio atual dizendo que o processo exponencial está passando ou acaba de passar pela escala social humana: o computador de grande porte de 10 anos atrás, aquele que era precioso para as aplicações mais exigentes da ciência, custando dezenas de *milhões* de dólares e exigindo prédio especial dedicado, hoje pode ser adquirido pelo pesquisador individual para ser colocado em cima de sua mesa por dezenas de *milhares* de dólares. Ao mesmo tempo, um computador com entre 10% e 40% da capacidade deste pode

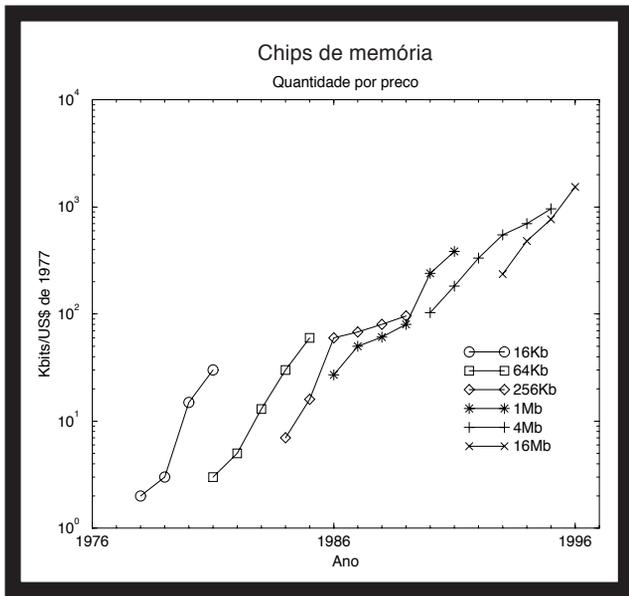


FIGURA 1
CRESCIMENTO EXPONENCIAL
DA CAPACIDADE DE MEMÓRIA

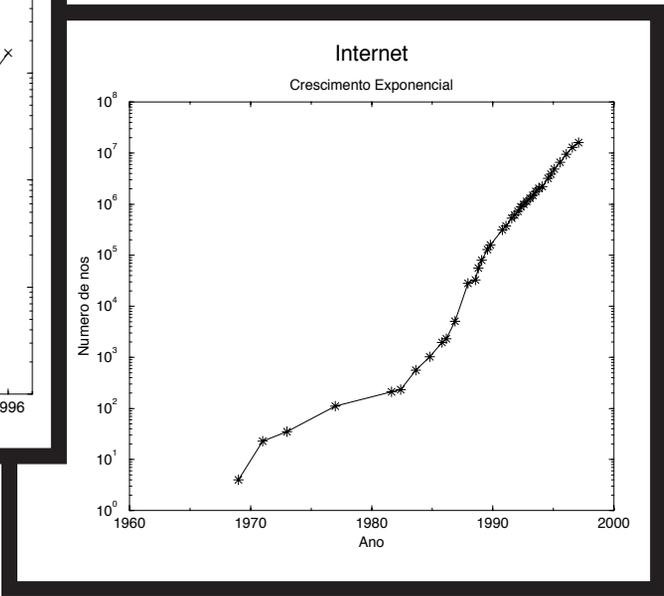


FIGURA 2
CRESCIMENTO EXPONENCIAL
DA EXTENSÃO DA INTERNET

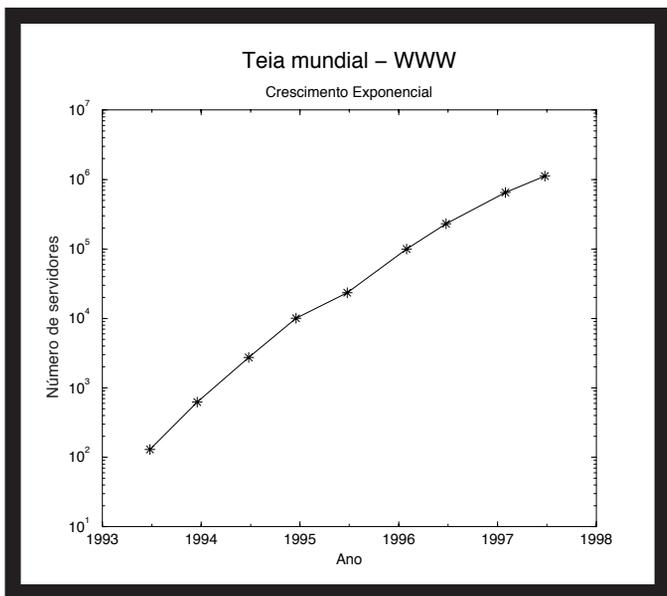


FIGURA 3
CRESCIMENTO EXPONENCIAL
DA TEIA MUNDIAL (WWW)

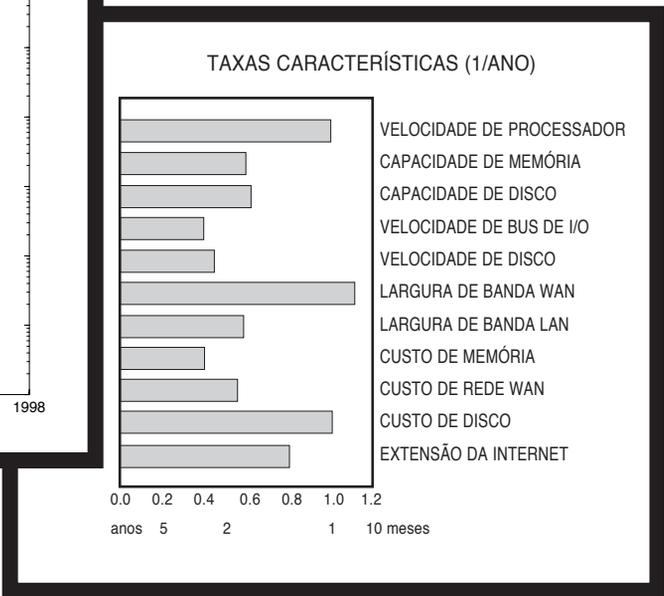


FIGURA 4
TAXAS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO EXPONENCIAL
DE CAPACIDADE E DIMINUIÇÃO EXPONENCIAL DE VÁRIOS
ELEMENTOS TECNOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA REVOLUÇÃO
DA INFORMÁTICA

ser adquirido pelo cidadão comum por *poucos milhares* de dólares e colocado em sua residência. O ponto importante é que está mudando qualitativamente a capacidade do cidadão comum de manipular informação mesmo no âmbito de sua vida privada, a tal ponto que quaisquer necessidades que possa ter nesse tipo de ambiente são facilmente satisfeitas, e com fartura.

A UNIVERSIDADE E A REVOLUÇÃO - ATIVIDADES DA UNIVERSIDADE E INFORMAÇÃO

As atividades da universidade podem ser quase todas caracterizadas como formas de manipulação de informação ou, mais precisamente, formas de ação sobre a informação. Ao contrário da energia, a informação não se conserva, mas pode ser criada com muito trabalho e destruída com grande facilidade. Podemos tentar caracterizar cada uma das atividades básicas da universidade como ações sobre a informação, como segue.

A *pesquisa* pode ser caracterizada como a criação de informação. Creio que podemos caracterizar aqui dois tipos básicos de atividades: atividades de prospecção e atividades de processamento. Nas atividades de prospecção o pesquisador cria nova informação extraindo dados de seu universo físico ou social, elaborando experimentos e realizando observações. Nas atividades de processamento o pesquisador cria nova informação atuando sobre informação obtida anteriormente, usando processos de análise e síntese para sistematizar a informação em níveis cada vez mais altos. Através da análise de coleções de exemplos, o pesquisador aspira alcançar uma síntese cada vez mais abrangente de toda a informação conhecida.

O *ensino* consiste da transmissão, ou seja, transporte e armazenamento, de informação. Aqui também é interessante dividir as atividades em duas classes diferentes: a simples transmissão de informação e os aspectos de *treinamento*, que

também envolvem a criação de informação. Treinamentos são um tipo especial de informação no sistema nervoso central, análogo a um *downloading* de programas ativos, em lugar da simples transferência de informação armazenada em arquivos. Como exemplos disso podemos citar o treinamento de um pianista ou o treinamento matemático de um aluno da área de ciências. Em ambos os casos não basta deter armazenada uma certa quantidade de informação, mas é necessário desenvolver a capacidade de agir sobre nova informação que seja apresentada. A capacidade de agir sobre informação também é um tipo de informação.

Existem também as atividades de *armazenamento e disseminação*. Além de prover o armazenamento permanente de informação, por exemplo em bibliotecas, a universidade também realiza, de diversas formas, a divulgação ampla de informação. Por um lado, existe a produção de artigos especializados ou de interesse geral e, por outro lado, a sua publicação em meios especializados ou de caráter mais geral, todos exemplos de atividades de divulgação. Outros exemplos são sistemas de suporte técnico à comunidade.

ACOPLAMENTO DA REVOLUÇÃO COM A UNIVERSIDADE

O acoplamento da revolução informática com as atividades da universidade é potencialmente muito amplo e profundo. Em relação à *pesquisa*, é cada vez maior a necessidade de avanços tecnológicos e científicos profundos para enfrentar os problemas e desafios de um mundo altamente populado e competitivo, onde existe a necessidade ética e social de aumentar o nível de vida de grandes massas populacionais. Hoje muitas formas e áreas de pesquisa dependem de insumos computacionais, em particular da computação de alto desempenho, de sistemas avançados de visualização e de sistemas de armazenamento de quantidades maciças de dados.

Entretanto, outro aspecto que poderá vir a ser tão importante quanto estes, se não mais, é a mudança qualitativa na facilidade e na qualidade de comunicação entre cientistas e pesquisadores de todas as regiões do planeta permitida pelos novos sistemas. São agora possíveis comunicações ponto a ponto de muitos tipos diferentes, transportando texto, dados, programas, imagem e som, com desempenho cada vez maior, levando a um grande fomento da *cooperação* entre indivíduos, grupos e instituições. Como um exemplo da tremenda eficácia da cooperação através da rede podemos citar o desenvolvimento do sistema operacional Linux, um projeto técnico altamente não-trivial realizado através da rede por um conjunto de programadores que sequer se conhecem pessoalmente.

Quanto ao acoplamento com o *ensino*, podemos caracterizar dois pontos de vista básicos: por um lado há novas coisas a se ensinar, por outro lado há novas formas de ensinar o que já se ensina hoje. O que há de novo a se ensinar é todo o universo da própria informática contemporânea. Não se trata só da formação de especialistas nas novas tecnologias, mas também de educar amplos segmentos da sociedade para a informática, por exemplo com o desenvolvimento de cursos de alfabetização computacional que iniciem os alunos no uso dos novos sistemas. Raras são hoje as profissões que podem prescindir completamente da informática, e um bom treinamento no uso competente e criativo das novas ferramentas passa a ser um importante diferencial de competição no mercado de trabalho global.

Quanto aos novos métodos informáticos de ensino, muitos ainda por desenvolver, eles permitirão que se ensine mais e melhor. Dadas as novas necessidades de educação, em termos de quantidade, qualidade e nível, devidas à crescente automação da produção e à necessidade de competir no mercado de um mundo globalizado, os novos métodos constituem ferramentas poderosas que nos permitirão ensinar mais, melhor, em nível mais alto, a um número cada vez maior de

pessoas, de forma cada vez mais eficiente, com resultados mais seguros e confiáveis. Também nesse aspecto a rede tem o importante papel de promover cooperação, nesse caso entre os alunos, em particular num ambiente de aprendizado a distância. É necessário enfatizar que, com a ampla disponibilidade dessas novas técnicas, a universidade corre o risco de perder o seu tradicional monopólio sobre a educação em nível alto. No futuro as universidades poderão ter de competir não só entre si, mas também com outros tipos de instituição que passem a oferecer de forma competitiva educação e treinamento em níveis altos.

Quanto ao acoplamento com os sistemas de *armazenamento e disseminação*, além da informatização inicial das bibliotecas, que já vemos em todo lugar, há a participação da universidade nos sistemas de bancos de dados universais que estão se tornando cada vez mais comuns. Através da teia (WWW), cada universidade pode disponibilizar seus acervos, com acesso rápido, a todo o mundo, inicialmente incluindo apenas os catálogos de indexação, seguidos de resumos e passando a incluir no futuro o texto completo de um número cada vez maior de obras. Com a entrada em funcionamento de troncos de comunicação cada vez mais rápidos, com bandas cada vez mais largas, qualquer pessoa poderá ter acesso quase instantâneo a quantidades inimagináveis de informação. Ao mesmo tempo, será possível fazer uso de ferramentas de indexação e procura cada vez mais poderosas, as quais estão atualmente em grande desenvolvimento. A falta de acesso a esses sistemas poderá se transformar no futuro próximo em um *handicap* insuperável. Cabe observar que as bases de dados distribuídas pela rede vão muito além das bibliotecas, incluindo museus e laboratórios, sugerindo mesmo que se mude a definição desse termo para descrever a biblioteca virtual universal que está sendo criada. Podem ser encontrados na rede resultados detalhados e completos de experimentos, acervos de espécimes, coleções de obras de arte, registros de debates sobre temas específicos, dados dos

mais variados tipos, programas aplicativos e uma infinidade de outras coisas.

OPÇÕES DE AÇÃO DA USP

Como deve a universidade se posicionar em relação a essa situação? Para podermos ter alguma idéia sobre as possibilidades de ação por parte da universidade, a primeira coisa a fazer é avaliar a situação atual.

AVALIAÇÃO SUCINTA DA SITUAÇÃO ATUAL

Recentemente foi realizada a primeira fase desses eventos de informática, que consistiu justamente de um esforço de avaliação do programa de informatização da atual administração. Em minha opinião as conclusões podem ser resumidas dizendo-se que fomos bastante bem-sucedidos nos esforços de implantação da infra-estrutura de *hardware*, conseguimos resultados medianamente satisfatórios nos esforços relativos ao *software*, mas falhamos de forma bastante séria no tratamento do componente humano do sistema, que é muito complexa e difícil.

Em termos das atividades da universidade, creio que a pesquisa é a que está em estágio mais avançado de adaptação ao admirável mundo novo da informática, o que não é de se admirar, pois foi na comunidade de pesquisa que ele nasceu. O conceito de CAR (*Computer Aided Research*) já existe em muitos lugares, sejam eles grupos, departamentos ou centros de computação científica. A rede já está amplamente disponível para a comunidade local de pesquisa, que já a usa bastante. Entretanto ainda há um longo caminho a percorrer em termos de intensidade e sofisticação no uso dos sistemas.

Em termos das atividades de ensino, podemos dizer que a disponibilização dos meios de *hardware* foi bastante bem sucedida, apesar de ainda não estar nem completa em sua concepção nem em pleno funcionamento em sua extensão. Por outro lado, em termos de desenvolvimento de

disciplinas, cursos, métodos e ferramentas, estamos em estágio muito atrasado, mesmo no que diz respeito ao mais simples uso didático do computador em redes locais dentro de laboratórios e salas de aula. Creio também que o nível médio de informatização do aluno que se forma aqui é muito insatisfatório, em todos os níveis.

Em termos das atividades de armazenamento e disseminação, creio que demos um passo positivo muito grande com a vigorosa informatização do sistema de bibliotecas, um programa que está atualmente sendo implantado. Além disso a teia da USP está crescendo de forma satisfatória, se bem que ainda deixe muito a desejar se comparada com as possibilidades para um organismo tão grande e variado quanto esta universidade. Para finalizar, podemos mencionar que está em andamento um programa de modernização para a informática administrativa, que está se desenvolvendo bastante bem, mas que ainda levará algum tempo para ser completamente terminado.

POSSIBILIDADES FUTURAS E RECOMENDAÇÕES

Estando envolvidos em um processo tão explosivo, não podemos realmente ter uma idéia muito precisa sobre o futuro que nos espera. Entretanto, a revolução da informática já deixou claras algumas das suas principais características e a sua grande vitalidade nos dá confiança para sugerir um grande número de possibilidades. Assumindo que se opte por enfrentar vigorosamente o desafio da revolução informática, resta a questão de quais investimentos fazer em termos de esforço, tempo e recursos.

Naturalmente esses investimentos precisam ser planejados e efetuados de forma abrangente para todos os aspectos do problema, mas acredito que é possível dizer com segurança que o componente que necessita de mais atenção neste momento é o componente humano do sistema. Em particular, a principal dificuldade imediata a superar é o problema do treinamento e

atualização de amplos setores da comunidade acadêmica para que ela possa lidar com o crescimento explosivo das novas tecnologias durante o regime de transição que nos leva para a “sociedade da informação”.

De forma bem resumida, podemos descrever como segue as recomendações gerais de investimento nas áreas de *hardware*, *software* e do componente humano: deve haver continuidade nos investimentos em infra-estrutura física, incluindo a rede, microcomputadores para professores, alunos e funcionários administrativos, e servidores de vários tipos instalados na rede; deve haver um reforço significativo dos investimentos de aquisição e de desenvolvimento de *software* científico, didático e administrativo; deve ser dada forte ênfase aos investimentos relativos ao treinamento do componente humano, incluindo professores, alunos, técnicos especializados e funcionários administrativos.

Além do treinamento ou reciclagem em regime de emergência de um número suficiente de técnicos especializados para apoiar o funcionamento dos novos sistemas em todas as unidades da universidade, é necessário conceber, montar e ofertar à comunidade universitária um programa de treinamento geral no uso das novas ferramentas. Creio que se deva pensar seriamente num programa geral de informatização de salas de aula, na criação de laboratórios de informática e na montagem a curto prazo de salas dedicadas ao treinamento. A utilização mais imediata dessas salas seria o treinamento dos técnicos especializados que são tão necessários, mas ela poderia ser utilizada também para oferecer treinamento básico a professores e funcionários.

O custo de instalação de uma tal sala pode parecer alto à primeira vista, mas se considerarmos o valor de sua utilização em termos de mercado veremos que o investimento inicial é amortecido rapidamente. Aqui está um exemplo: uma sala com 24 estações para alunos, uma para o professor e mais um servidor central ocupa 180 m² de espaço e sua instalação custa aproximadamente R\$



100.000,00. Considerando-se os salários de uma secretária, um técnico e um professor estimamos os custos de operação em R\$ 20.000,00 mensais. Se colocarmos o preço por aluno-hora em R\$ 10,00 e assumirmos o uso contínuo da sala em horário comercial, vemos que o investimento é amortizado em cerca de seis meses.

Em termos das atividades de pesquisa, ensino e de armazenamento e disseminação, podemos mencionar alguns objetivos específicos que parecem ser particularmente importantes. No caso das atividades de pesquisa creio ser de particular importância ampliar os investimentos na computação científica, em particular nos sistemas centrais da universidade. Não só é importante fazer investimentos no *hardware* como é interessante acoplar esses investimentos com os laboratórios de pesquisa em sistemas de alto desempenho que já existem na universidade. De igual importância é o fomento às atividades de desenvolvimento de *software* nesta área, em especial para a utilização de sistemas de processamento paralelo.



Relativamente às atividades de *ensino*, é necessário estabelecer um planejamento a longo prazo a respeito da formação que damos aos nossos alunos. Em muitos casos será necessário conceber adaptações e mudanças curriculares para integrar a informática ao currículo dos cursos. No futuro *todo* aluno deve sair da universidade plenamente informatizado pelo menos no âmbito da profissão que escolher. É importante investir também nos sistemas de controle de qualidade, não só em métodos mais organizados, sistemáticos, eficientes e confiáveis de testar estudantes, como também em métodos mais objetivos de avaliar cursos, disciplinas, professores e em especial os métodos e técnicas de ensino. Creio que precisamos desenvolver uma noção de *produto* em relação às nossas disciplinas e métodos de ensino, em especial para o ciclo básico. Precisamos nos preparar para enfrentar os desafios do uso no ensino de métodos audiovisuais interativos envolvendo hipertexto e

multimídia do ensino a distância e da educação continuada.

Em relação às atividades de *armazenamento e disseminação* é importante investir na ampliação dos serviços do sistema de informatização bibliográfica que está sendo instalado, caminhando em direção à futura biblioteca digital. Creio que é importante também fomentar a expansão da teia interna da universidade e promover a instalação nela de serviços de informação centralizados.

EPÍLOGO

De forma muito geral, creio que podemos caracterizar as possibilidades que se apresentam em termos de opções de ação na forma de uma escolha binária: podemos ignorar a revolução e continuar por inércia na trajetória tradicional ou podemos tomar as rédeas do processo e estar na linha de frente da realização da revolução no meio universitário. Em minha opinião a primeira opção, além de representar uma posição comodista e de falta de visão, contém riscos potencialmente letais para o desenvolvimento da universidade num futuro não muito longínquo. Decerto que existem perigos também na segunda opção, mas ela representa uma posição de grande vitalidade e certamente contém grandes oportunidades de desenvolvimento.

Em resumo, creio que para bem caracterizar a situação histórica atual vai ser necessário mudar o que se diz a respeito do proverbial bonde da história: não corremos o risco de perdê-lo, corremos o risco de ser atropelados por ele. Quem sabe se esta universidade não poderá tomar nas mãos a bandeira da informática e avançar à frente da nação em direção a um futuro que, se contém incertezas, está também cheio de imensas oportunidades. Se alguma entidade neste país pode fazer isso, esta universidade pode. Espero que a USP encontre o seu caminho para a posição de liderança que pode e merece ter nesse processo e ajude a liderar a nação em direção à futura “sociedade da informação”.