

A implantação de uma infra-estrutura metrológica nacional como peça essencial para o desenvolvimento tecnológico autônomo

**Lélia Rita Vieira Villela Dantas
Carneiro Monteiro**

Coordenadora do Projeto de implantação
do Laboratório Nacional de Metrologia,
INMETRO/CEMCI

A OPÇÃO POR UM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO AUTÔNOMO

Para que uma nação se desenvolva, não basta dispor de mão-de-obra, matéria-prima e capital. É necessário que disponha ainda de tecnologia — “conjunto ordenado de conhecimentos científicos, empíricos e intuitivos, empregados na produção e comercialização de bens e serviços”¹.

O Brasil, rico em matéria-prima e dotado de mão-de-obra barata, mas tecnicamente incipiente, tem optado, a fim de atingir um crescimento econômico rápido, por uma industrialização quase que inteiramente baseada na importação de tecnologias avançadas dos países mais industrializados.

Essa opção tem gerado, a par de poucas vantagens auferidas quase que exclusivamente pelas camadas economicamente dominantes (5% da população), inúmeros efeitos prejudiciais ao país. Entre esses, podemos citar a crescente dependência externa de nossa economia e o bloqueio na criação de uma tecnologia endógena, orientada para a solução de problemas do país. Alguns desses problemas são tão específicos e peculiares ao Brasil — como é o caso do álcool etílico utilizado como combustível, produzido e comercializado em larga escala — que jamais seriam naturalmente resolvidos através de importação de tecnologia.

É essencial, então, que nos preocupemos em dotar o país de competência tecnológica adequadamente desenvolvida para resolver não só os problemas especificamente brasileiros, à medida que eles forem se apresentando, como também para que se formulem novas opções tecnológicas para o parque fabril nacional. Dessa forma, poderemos reffrear a desnacionalização acelerada da indústria brasileira, que nos tem impedido de ser uma grande potência; a orientação alienígena das empresas estrangeiras em nosso solo, que tem modificado hábitos sociais e valores culturais de nosso povo; e a evasão de divisas para os países exportadores de tecnologia, que vem deteriorando a economia nacional.

Uma vez que politicamente se tenha optado pelo desenvolvimento autônomo, há que se conjugar esforços para a criação de tecnologia no país. Em última análise, um encaqueamento sistemático de atividades de pesquisa, desenvolvimento experimental e engenharia, privilegiando a utilização de matéria-prima nacional, permitirá a elaboração das instruções necessárias à produção de bens e serviços, ou aperfeiçoamento dos já existentes, de forma tecnologicamente independente.

É evidente que toda essa transformação pressupõe, no seu bojo, o aproveitamento de mão-de-obra especializada disponível no país, para utilização imediata ou posterior a um treinamento específico, quando se fizer necessário. Não se pode esquecer que tecnologia é conhecimento e, portanto, sua criação ou transferência é matéria pertinente, em primeira instância, ao cérebro humano.

Quanto ao capital necessário para financiar essa alteração na política tecnológica, cabe analisar quem são seus maiores beneficiários. Uma vez que a nova opção política tenha sido efetivamente abraçada pelo Estado, representando as aspirações de todas as classes sociais e não apenas das classes dominantes — consumidores de alta renda, interessados na manutenção do *status quo* — tem-se, por hipótese, que a expansão do poder, o equilíbrio econômico e político, o bem-estar social e a hegemonia nacional a serem atingidos são fatores mais que compensadores do investimento maciço de recursos governamentais na empreitada.

Por outro lado, as vantagens a serem obtidas pela expansão do parque fabril apontam diretamente para o segmento industrial brasileiro como parceiro óbvio do governo nesse investimento.

Nesse ponto, cabe fazer uma consideração especial. O setor produtivo do país compõe-se de grupos distintos: a indústria genuinamente brasileira — da matéria-prima à tecnologia; a indústria que, por associação às empresas estrangeiras ou simples compra de tecnologia (compra de direitos ou contratação de serviços), produz bens cuja tecnologia implícita ou explícita é estrangeira; e as subsidiárias de indústrias transnacionais. A essas últimas, e talvez mesmo às anteriores, não interessaria investir em pesquisa e desenvolvimento da tecnologia nacional autônoma. Infelizmente, esse é o grupo de empresas que mais se expande no país, nos últimos vinte anos. Mas, se atentarmos para o fato de que “segundo pesquisas realizadas, apenas 6% do P&D das empresas multinacionais norte-americanas foram realizadas no estrangeiro em 1966, enquanto que a produção das subsidiárias correspondia a 50% do total”, e que “nos últimos 15-20 anos, as grandes corporações (mundiais) têm aumentado constantemente suas verbas de P&D, chegando a suplantarem o orçamento de muitos países, mesmo os industrializados”², concluímos facilmente que os lucros obtidos das atividades dessas empresas, nos países em industrialização, têm servido para amortizar parte dos gastos de P&D da matriz, às custas da nossa dependência tecnológica, realimentando-a. Se a opção feita é por uma reversão nesse quadro, há que se criar mecanismos legais, fiscalizadores e financeiros que possibilitem canalizar parte desses lucros para o financiamento de P&D no Brasil, numa estratégia nacional de desenvolvimento tecnológico.

A METROLOGIA COMO ATIVIDADE ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO AUTÔNOMO

A geração, o aperfeiçoamento e a transferência de tecnologia — processo de absorção e difusão interna das tecnologias estrangeiras adquiridas — são as várias atividades a que se deve dedicar o país para que se atinja a tecnologia industrial autônoma. Como um esforço inicial nesse sentido, classificaríamos como prioritária a implantação das atividades que garantam não só o apoio básico ao desenvolvimento tecnológico, como também a qualidade da produção industrial: a normalização técnica e a metrologia.

A normalização técnica fixa os valores numéricos e as tolerâncias dos parâmetros a que devem estar submetidos os processos industriais, resultando na uniformização do produto que, superior e mais confiável, teria melhor aceitação nos mercados consumidores externo e interno ao país. Além disso, a fabricação sob controle, isto é, dentro de critérios quantitativos rigidamente controlados, reduziria os custos de produção, através da eliminação do desperdício e dos produtos rejeitados, o que significaria aumento de eficiência e de produtividade industrial.

É claro que, se por um lado as normas técnicas são documentos em que se estabelecem os limites quantitativos das grandezas correlacionadas à produção industrial, por outro lado, aquelas normas de nada adiantariam, se não houvesse maneira de avaliar com precisão o quanto as medidas das grandezas em questão situam-se dentro dos valores preconizados.

Surge então a necessidade do domínio do conhecimento e da técnica de medir bem — conhecer com exatidão e precisão o número de unidades de cada grandeza física presente no processo ou no produto a ser verificado.

Essa constatação faz concluir que, na base do desenvolvimento tecnológico industrial, situa-se a Metrologia — ciência e técnica das medições.

Para que um processo de fabricação seja bem sucedido, é essencial existir uma infra-estrutura metrológica adequada, que possibilite, no local da produção, medidas mais precisas e exatas do que as tolerâncias mais severas que se possam prever. A Metrologia, a partir dessa exigência, reveste-se, portanto, de caráter preventivo e avançado, uma vez que a capacidade de medição oferecida com apoio ao sistema produtivo tem que estar à frente da capacidade deste em produzir as medidas das mercadorias ou serviços, a fim de que haja efetivo controle.

Além do aspecto abordado, é necessário ainda que cada medida tenha aceitação universal. Não sendo atingida essa universalidade, não se cria tecnologia ou produto nacional compatível com os dos outros países. Esse fato não só restringiria a oferta brasileira no mercado exportador, como também acarretaria os inconvenientes da inadequação — e desperdícios — nas importações de bens estrangeiros, sempre que o objetivo fosse acoplamento entre esses e outros bens fabricados no país ou sua substituição.

Não se pretende afirmar aqui que implantação da infra-estrutura metrológica básica acarretará, pronta e automaticamente, o surgimento da tecnologia nacional autônoma; um fato não é consequência lógica do outro. Entretanto, baseado na experiência dos países que possuem tecnologias próprias e que, através dessas, mantêm o domínio econômico e técnico sobre aqueles que precisam comprá-las, pode-se garantir que somente com metrologia básica bem planejada e preventivamente implantada, haverá condições para a criação, o aperfeiçoamento e a real transferência de tecnologia no país, resultando daí o produto industrial efetivamente brasileiro e de boa qualidade.

A IMPLANTAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA METROLÓGICA — ASPECTOS ORGANIZACIONAIS E INSTITUCIONAIS

As características necessárias até aqui apresentadas conduzem à conclusão de que a infra-estrutura de metrologia deve ser estabelecida em dois níveis: primário, relativo à aquisição e/ou fabricação dos padrões, ou referências metrológicas nacionais, e seu constante rastreamento ao nível zero, internacional (BIPM), de forma a garantir a aceitação universal das medidas do país; e secundário, relativo à disseminação dessas mesmas medidas até o âmbito do setor produtivo, dotando-o do suporte indispensável à busca da qualidade do bem ou serviço a ser industrializado.

O nível secundário, devido à continentalidade de dimensões e diversidade de atividades econômicas encontradas no país, deve ser exercido por uma rede externa de núcleos de aferição/calibração, hierarquizados segundo as precisões atingidas e coordenados tecnicamente pelo laboratório metrológico central. Essa rede deve ser criada utilizando-se preferencialmente a capacidade laboratorial já existente nas várias regiões brasileiras, posto que essa capacidade possivelmente já é voltada para as vocações econômicas e setoriais locais. Dessa forma, o investimento inicial minimiza-se,

por se tratar de adaptação laboratorial para ampliação de tarefas técnicas, o que não é simples, mas, menos dispendioso do que a implantação de um laboratório — construção, aquisição de equipamentos, treinamento de pessoal em nível gerencial e técnico etc.

Ainda objetivando a otimização de recursos, faz-se mister que, como subsídio para a implantação dessa rede, se proceda a um levantamento da demanda de serviços metrológicos regional e local, em nível nacional, não só para que a oferta de cada núcleo corresponda ao perfil real das necessidades da comunidade industrial e comercial, como também para evitar aplicações de recursos em serviços desnecessários e duplicações de laboratórios de mesmas características numa vizinhança.

O nível primário, que pressupõe vultosos investimentos em equipamentos e instrumentação sofisticados, paralelamente à formação e manutenção de mão-de-obra altamente especializada, deve ser implantado na forma de um laboratório central de padronização. Essa central metrológica, além de manter o vínculo das medidas nacionais às internacionais, assegurará a uniformidade das medidas no país, através não apenas da orientação técnica dos núcleos regionais, no que diz respeito à metodologia empregada na disseminação das medidas e às campanhas de intercomparação nacional, como também, e principalmente, da aferição/calibração dos seus padrões.

Já que a rede de núcleos regionais tem como tarefa o atendimento direto do usuário do setor produtivo, solicitações da indústria ao laboratório central somente deverão ser atendidas nos casos em que as exigências, ou necessidades, de precisão e exatidão sejam incompatíveis com a capacidade de medição dos núcleos localizados próximos da indústria em questão. Embora possa parecer tratar-se de aspecto trivial na implantação de infra-estrutura metrológica, o *by-pass* do nível secundário de padronização é uma tendência natural, sendo recomendável que se criem mecanismos impeditivos para essa prática indesejável, a fim de evitar degradação dos padrões nacionais e desperdício de recursos humanos e materiais. Deve-se preservar a padronização metrológica rigorosamente dentro dos níveis estabelecidos.

A estrutura organizacional da metrologia básica, no que se refere ao vínculo do nível primário com o nível secundário, pode ser de dois tipos:

- Vinculação indireta:

Nesse caso, a rede de núcleos prestadores de serviços metrológicos é centralizada num órgão que, desvinculado do centro nacional de metrologia primária, intermedia os contatos desse nível com o secundário, responsabilizando-se pelo rastreamento das medidas secundárias às primárias. Esses intermediários agem ainda como coordenadores dos núcleos regionais controlando, registrando e divulgando todas as atividades metrológicas em nível secundário. Essa é a solução adotada, por exemplo, pela Alemanha e Inglaterra. Na Alemanha, o *Deutsch Kalibrierungs Dienst (DKD)* não tem vínculos organizacionais com o *Physikalisch-Technische Bundesanstalt*, órgão nacional alemão de metrologia primária; na Inglaterra, similarmente, o *British Calibration Service (BCS)*, órgão coordenador de laboratórios de aferição/calibração industrial, atua desvinculado, ainda que com pleno contato, do *National Physical Laboratory*. O desempenho dessas estruturas funcionais é excelente. No entanto, as rea-

lidades européia e brasileira são muito diferentes, levando a que nos inclinemos pelo segundo modelo como sendo a melhor solução para o caso nacional.

- vinculação direta:

Nesse caso, a rede de núcleos de metrologia secundária é coordenada diretamente pelo centro nacional primário, através de uma de suas divisões administrativas. Esse é o modelo que o Brasil tem, até aqui, adotado, e que nos parece muito mais adequado à nossa realidade, pelas vantagens apresentadas a seguir.

No Brasil há ainda necessidade de informação maciça e conscientização sobre o papel da metrologia dentro do processo de industrialização; conseqüentemente, há que se fiscalizar a disciplina para os serviços metrológicos, tanto no que se refere à utilização, quanto nos aspectos ligados à sua prestação. O uso abusivo, errôneo ou disvirtuado do credenciamento — processo de oficialização da integração dos núcleos laboratoriais à rede de laboratórios prestadores de serviços em nível secundário — é distorção fácil e efetivamente encontrada no país, para citar apenas um dos muitos problemas a serem resolvidos.

A adoção do segundo modelo — centralização direta da rede secundária no nível primário — dispensando-se entidade intermediária autônoma a vincular os dois níveis, possibilitaria um melhor controle da disseminação das medidas no país, em forma e conteúdo. O centro nacional primário, além da manutenção e guarda das referências nacionais, rastreamento das suas medidas às internacionais e promoção do rastreamento das medidas de nível secundário às do nível primário, responsabilizar-se-ia por mais esta atribuição — coordenação da rede secundária — garantindo para si o acesso a todas as informações referentes a atividades executadas em nível secundário, incluindo-se aí o registro dos dados de aferição/calibração das referências secundárias. Esse acervo de informações não apenas possibilitaria o controle e fiscalização do serviço, no que diz respeito à correção e eficiência técnica de sua prestação, como também propiciaria o estabelecimento de metodologia e de periodicidade de aferição/calibração para vários instrumentos, de acordo com frequência e método de utilização (problema que tem preocupado toda a comunidade ligada à metrologia científica e industrial, internacionalmente). Também as escalas de periodicidade para as campanhas nacionais e regionais de intercomparação, dentre as várias grandezas físicas e suas faixas de medição, viriam a ser melhor estabelecidas a partir daqueles dados.

Além de tudo isso, as informações cadastradas forneceriam ainda subsídios para a formulação da política tecnológica industrial como um todo, por evidenciarem não só a realidade metrológica vigente, no nível industrial, como também as tendências do mercado consumidor de serviços metrológicos em nível secundário. Dessa forma, contribui-se para que os programas de governo possam revelar-se eficazes, além de eficientes, por virem ao encontro das necessidades da comunidade no momento em que elas apresentam o caráter preventivo da metrologia.

Outro argumento a favor da adoção do segundo modelo de vinculação seria o controle da preservação da hierarquização de padrões, abordado anteriormente. Pelos critérios expostos, o atendimento de uma solicitação de serviços, feita diretamente da indústria ao laboratório primário, estaria condicionada à comprovação de não disponibilidade de serviços equivalentes, em nível de precisão e tipo de exigên-

cias, em núcleos de metrologia da rede secundária. Se adotamos um modelo tecnicamente centralizado no nível primário, esse é um simples processo de verificação de cadastros. Se, por outro lado, adotamos o modelo europeu, pressupõe-se então um processo de troca de informações que, além de mais longo, trará fatalmente em seu bojo exigências burocráticas envolvendo declarações, certificados etc.

Para que fosse atingido o mesmo nível de desempenho com este outro modelo, no nosso país, seria necessária integração entre entidade intermediária e nível primário, em tão alto grau de estreiteza e harmonia, que dificilmente seria atingido.

Como último argumento a favor da coordenação direta da rede metrológica industrial pelo centro metrológico científico, apresentamos o fator economia: este modelo requer a criação de uma nova divisão no organograma da entidade primária de metrologia; na prática, então, está-se propondo apenas a contratação e treinamento específico de um pequeno grupo de técnicos para desempenhar essas funções na instituição de nível primário, junto aos seus técnicos e chefes de laboratório, e não a criação de um novo órgão com espaço, instalações físicas e *staff* administrativo próprios e diversos dos já existentes na central metrológica primária.

É evidente que essa recomendação não pressupõe, em qualquer momento, coordenação administrativa ou qualquer tipo de ingerência nos aspectos político-organizacionais dos núcleos secundários. Restringimo-nos à política metrológica e metodologia técnica, pois o procedimento visa única e exclusivamente o produto — harmonização e hierarquização de medidas em nível primário — e não o meio.

Uma vez escolhido o modelo organizacional para o nível secundário de serviços metrológicos, de forma que o rastreamento de suas medidas às do nível primário seja garantido, vamos nos ocupar do modelo organizacional deste último nível. Há inúmeras soluções possíveis de serem adotadas, dependendo a sua escolha muito mais da capacitação já existente no país, que de qualquer outro fator a ser considerado. Se já há entidades que se ocupem de atribuições, ou parte delas, referentes à metrologia em nível primário, é desejável que se as aproveitem em toda a sua capacitação, conjugando ou ampliando essas atribuições, de forma que todas as necessidades do país sejam cobertas.

Em linhas gerais, pode-se optar por dois tipos de organização, dependendo das capacitações existentes, a saber:

- Não existe qualquer instituição com tarefa de metrologia científica e industrial no país. Nesse caso, cria-se um centro nacional de metrologia primária isolado, vinculado ao Ministério mais voltado para o assunto, ou atribuem-se ao órgão nacional de fiscalização metrológica de produtos e serviços — existentes em quase todos os países do mundo — as tarefas adicionais de criar e gerir o centro nacional de metrologia primária, sem prejuízo de suas funções anteriores de órgão central de metrologia legal.
- Existem uma ou mais instituições desempenhando funções metrológicas em alguns campos do conhecimento. Nesse caso, oficializa-se cada uma delas como órgão primário, dentro do seu campo de atuação, e cria-se um novo órgão — se necessário — para encarregar-se de padronização metrológica primária, nos campos não cobertos pelas instituições existentes. Exemplificando esse tipo de solução, temos a Itália, onde existem dois órgãos com funções de laboratórios nacionais de metrologia: o Insti-

tuto de Eletrotécnica Nacional é a central metroológica para todas as medidas de grandezas eletromagnéticas, enquanto que o Instituto de Metrologia Gustavo Colonnetti o é para todas as outras grandezas físicas.

No Brasil, a solução adotada fica num meio-termo entre as duas apresentadas. Em 1973, visando promover o desenvolvimento qualitativo do produto industrial brasileiro, foi criado o SINMETRO – Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – congregando todas as entidades brasileiras, públicas ou privadas, que de alguma forma estivessem voltadas para qualquer das três atividades.

A lei 5966, de 11/12/73, criou ainda o CONMETRO – Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – como órgão normativo do Sistema, para estabelecer sua política e fixar suas diretrizes, e o INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – como órgão central executivo do Sistema.

O INMETRO, no uso de suas atribuições, pode delegar responsabilidade a outros órgãos, no que se refere às atividades de padronização metroológica primária e de qualidade industrial, como fica bastante claro no texto da Resolução 01/82 do CONMETRO; fica obrigatoriamente retida para o INMETRO a autoridade sobre a Metrologia Legal do País (indelegável), o que vem possibilitando a atribuição de algumas atividades de metrologia, em nível primário, a entidades já capacitadas para desempenhá-la, resultando otimização de recursos e esforços. Assim, no Brasil, a instituição que representa o nível primário de metrologia para tempo e frequência é o Serviço da Hora do Observatório Nacional, bem como, para grandezas de radioatividade, é o Instituto de Radioproteção e Dosimetria, ambas instituições ligadas ao CNPq/MCT.

Não existindo instituições já capacitadas para o exercício das funções metroológicas em nível primário, para a maioria das grandezas físicas (com exceção das já citadas), o INMETRO, autarquia federal vinculada ao Ministério da Indústria e do Comércio, teve que criar um laboratório de metrologia, praticamente a partir do nada, para desempenhar suas funções.

Cabe ressaltar a diferença entre a estruturação brasileira e a italiana: ao passo que a responsabilidade pelo nível primário é, na Itália, dividida entre os dois institutos, que atuam em paralelo, no Brasil toda a responsabilidade é centralizada no INMETRO, que delega autoridade e competência às outras instituições para atuarem, em seus respectivos campos, como órgão primário, em nome do INMETRO, através de processo de credenciamento.

O INMETRO, ao ser criado, por ter entre suas atribuições as atividades de metrologia legal do país, assimilou o Instituto Nacional de Pesos e Medidas, órgão que até então era responsável por aquelas tarefas, herdando, por assim dizer, seu *staff* técnico e administrativo, que passou a integrar o quadro de pessoal do novo instituto, bem como seus prédios, terrenos, instalações, móveis, equipamentos e material. A absorção dessa capacitação já instalada – patrimônio e pessoal – com conseqüente ampliação de funções, sugere que se proponha solução similar para o nível secundário.

Existem em todo o país órgãos estaduais e representações regionais de metrologia legal, remanescentes da antiga estrutura e já integradas à nova, que, no entanto, atuam quase que tão somente nas áreas de fiscalização e aferições comerciais compulsórias – âmbito da metrologia legal. As

condições físicas em que funcionam essas entidades variam muito de tamanho e tipo, ao longo da enorme superfície do país. De minúsculos e pobres escritórios até amplos prédios, dotados inclusive de espaços laboratoriais com instalações sofisticadas, temos toda uma gama de diferentes acomodações.

Por que não serem aproveitados de imediato os órgãos bem instalados, e/ou aparelhados, dessa rede de metrologia legal, integrando-os à rede de núcleos de metrologia industrial, ou nível secundário? Esses órgãos estaduais poderão ser os primeiros núcleos secundários, junto com os laboratórios de metrologia das universidades e centros de pesquisa do Estado. Uma vez levantada a demanda por serviços metroológicos secundários da região – ou Estado – pode-se elaborar um programa de capacitação para o órgão estadual, de forma a habilitá-lo a atuar conjuntamente com a universidade, o centro de pesquisas ou qualquer outra instituição da região – ou Estado – a fim de atender a todas as necessidades daquela comunidade. As vantagens desse procedimento são inúmeras: equipamentos já obsoletos para utilização em nível primário, mas adequados à utilização em nível secundário, são transferidos sem qualquer burocracia das dependências do nível primário para as do nível secundário, por tratar-se do mesmo patrimônio; os técnicos dos órgãos estaduais já têm conhecimento de metrologia e atuam em área correlata, o que barateia os custos de treinamento de pessoal, dentro do programa de capacitação proposto.

Esse programa consistiria, basicamente, do seguinte:

- aquisição de equipamentos, muitas vezes minimizada pela possibilidade de remanejamento citada e pelo aproveitamento de alguns outros do próprio órgão estadual, até então somente utilizados para o exercício de atividades de metrologia legal;
- treinamento de recursos humanos do órgão estadual, no laboratório primário, em estágio de curta duração, por tratar-se de pessoal que já possui os conhecimentos básicos desejáveis;
- implantação de mecanismos de facilitação do acesso – já existentes – à informação e bibliografia técnica disponível no órgão primário, por parte dos órgãos estaduais;
- pequenas obras de adequação laboratorial, quando necessárias, para implantação dos novos serviços.

Tais programas de pequeno custo, quando executados, dotariam o país, rapidamente, de três ou quatro núcleos secundários de metrologia, representando um bom começo para a infra-estrutura metroológica nacional, por prover o atendimento imediato das necessidades mais prementes.

O CENTRO METROLÓGICO NACIONAL – METROLOGIA EM NÍVEL PRIMÁRIO – INSTALAÇÕES, RECURSOS MATERIAIS E SERVIÇOS.

O centro de metrologia primária terá que ter prédios e instalações tão específicos, atendendo a exigências tão rigorosas nos seus vários aspectos, que dificilmente pode ser imaginada a utilização de centro laboratorial já existente, construído inicialmente para outros objetivos e adaptado posteriormente para aquele fim.

A precisão obtida nas medidas, se fosse esse o caso, ficaria provavelmente bastante comprometida. Partimos, então, da premissa recomendável de que vai ser construído um complexo laboratorial especialmente com a finalidade de ser o centro metroológico nacional.

O local escolhido deve ser amplo o suficiente para que possam ser implantados todos os laboratórios agrupados, conforme a área de atuação, em diferentes prédios, cada um com características especiais e bem determinadas; deve, ainda, ser suficientemente afastado do litoral, do centro urbano e de vias de tráfego intenso, de forma a isolar os equipamentos de precisão de maresia que os possa corroer rapidamente e das vibrações mecânicas intensas, provocadas por veículos, grandes obras ou multidões.

O projeto arquitetônico deve levar em conta as futuras necessidades de expansão, preferencialmente na horizontal. Além disso, detalhes técnicos, como as estreitas especificações de temperatura e umidade relativa do ar (com seus rígidos limites de tolerância, variáveis de acordo com cada laboratório, ou grupo laboratorial), necessidade de blindagem eletromagnética e outros, devem ser considerados desde a fase inicial de elaboração do projeto, de forma que os prédios, uma vez prontos, possam realmente oferecer as condições absolutamente essenciais à atividade a ser desenvolvida.

É fundamental que o projeto preveja espaço para instalação de pequenas oficinas eletroeletrônicas e mecânicas em cada prédio laboratorial, além de uma grande oficina central, bem maior. O objetivo dessas oficinas será explicado posteriormente, ao abordarmos o tópico sobre equipamentos.

É também fundamental que o grupo de técnicos que operará os laboratórios interaja com o grupo que elabora os projetos de obras civis, a fim de fornecer os subsídios necessários para que todos os detalhes de engenharia civil e de instalações sejam adequados e compatíveis com os equipamentos que vão ser utilizados e com as funções que o laboratório vai exercer. Os encontros entre as duas equipes — de construção e de futura operação — devem ser frequentes na fase de elaboração do projeto, para que a interação seja intensa; durante a fase de execução do projeto, podem ser bastante espaçados ou até mesmo inexistentes, bastando que se encontrem os responsáveis por cada equipe. Esse é o período ideal para a capacitação inicial dos recursos humanos, de forma maciça, que abordaremos especificamente em item posterior.

Na fase final da execução do projeto, relativa ao acabamento, devem voltar a ser intensificados os encontros e a interação entre as duas equipes. Nessa altura, os equipamentos já estariam todos especificados e encomendados; por sua vez, a equipe laboratorial já estaria devidamente treinada e especializada, tendo cada qual suas atribuições definidas e toda a capacidade para exercê-las. A colaboração dessa equipe, em forma de sugestões para acréscimos, retiradas e modificações de detalhes de projeto, seria especialmente útil, fornecendo dados para ajustes finais que viabilizassem a inauguração do prédio em condições ideais de funcionamento e operacionalização.

Com relação aos equipamentos a adquirir, é importante que desde o início se adote uma metodologia que vise otimizar os recursos envolvidos, pois esta é a parcela mais cara de todas excetuando as obras civis — com o agravante de ser quase toda paga em moeda estrangeira.

A metodologia proposta consiste, em plano geral, na elaboração de um anteprojeto de relação de equipamentos, a ser feito obrigatoriamente pelo *staff* técnico, devidamente treinado em metrologia. Esse treinamento inclui visitas aos maiores centros metroológicos estrangeiros, o que fornecerá

valiosos subsídios para que os anteprojetos de lista de equipamentos sejam uma aproximação razoável da situação ideal. O passo seguinte é a constituição de comissões técnicas mistas, reunindo especialistas do país, nos vários ramos da Física envolvidos. Uma sugestão seria a formação das seguintes comissões: Mecânica Rígida, Mecânica dos Fluidos, Eletricidade e Magnetismo, Calor, Óptica, Acústica, Tempo e Frequência. Essas comissões, constituídas por representantes dos setores científico, técnico e industrial, iriam analisar e discutir os anteprojetos de lista com as equipes laboratoriais, em vários encontros especialmente planejados para isso. Esses debates com a comunidade, a par de concomitante troca de correspondência com fabricantes, representantes e equipes técnicas de centros laboratoriais estrangeiros, é que possibilitarão que se produza uma relação de equipamentos definitiva, organizada segundo as prioridades para a aquisição, estabelecidas em função das reais necessidades da comunidade de usuários de serviços metroológicos.

Alguns parâmetros importantes a serem considerados por todo esse grupo de pessoal envolvido na elaboração da lista definitiva, a fim de que haja minimização de custos e maximização de benefícios, são a garantia, por parte do fabricante ou representante, de completa assistência técnica, em nosso país, ou o fornecimento de manual detalhado para a manutenção e reparo do equipamento, com todas as especificações, além de provimento de todas as peças de reposição, por dez anos, a partir da compra.

Em se tratando de aquisição de grande vulto, essas exigências, por parte do comprador, aparentemente tão rigorosas, não encontrarão barreiras muito fortes ao seu cumprimento. É um procedimento bastante natural e amplamente utilizado por vários compradores, tratando-se de aquisição desse porte.

Além do estabelecimento das prioridades, as comissões técnicas representativas da comunidade serão de grande valia nas análises relativas à decisão entre importar ou tentar fabricar (e/ou montar) determinados equipamentos, sistemas, componentes ou acessórios, no Brasil. É uma decisão via de regra difícil, exigindo grande sensibilidade. Muitas vezes, um projeto conjunto entre Universidade, Empresa e órgão primário de metrologia poderá resultar, em médio prazo, numa solução nacional para um problema que exigiria a importação de um ou mais itens caros e de tecnologia ainda não dominada no país. O benefício para o desenvolvimento tecnológico nacional, paralelamente à economia de divisas, será inegável e esses fatores levarão a que se penda para a decisão de atacar o projeto que substitui a importação. O prazo, porém, para que esse projeto atinja os resultados esperados, ou a própria dúvida sobre a sua exequibilidade, farão a decisão pender para o lado oposto. Se se tratar de montagem para implantar determinado serviço metroológico, cuja necessidade da comunidade seja premente, é frequentemente menos prejudicial aos potenciais usuários pagar pela sua importação, do que aguardar pela execução bem sucedida do projeto. Haverá, inclusive, aqueles casos em que a simultaneidade das ações — adquirir o importado e dar início imediato ao projeto nacional que, em médio prazo, vai substituí-lo — será a melhor solução. É claro que, no extremo oposto, ocorrerá também, a importação de itens que não vale a pena fabricar ou desenvolver no país, mesmo quando pensados a longo prazo, por tratar-se de objetos de pouca e rara aplicação, específica e unicamente indicados para centros metroológicos nacionais primários.

Não existe fórmula para que se tome essa ou aquela decisão: cada país tem uma realidade diferente, cada caso é um caso, merecendo análise metódica e ponderada. Portanto, somente bom-senso e, repetimos, sensibilidade, ajudarão a encontrar a solução mais adequada para cada problema examinado. A metodologia proposta, ou seja, a utilização de comissões de especialistas provenientes dos setores científico e produtivo, não é a receita para que não haja dificuldades na elaboração da lista de equipamentos, mas sim útil instrumento para que aquelas possam ser contornadas de alguma forma que represente um consenso entre fornecedores e usuários de serviços metroológicos, voltado para o interesse nacional.

É ainda merecedor de atenção o fato de não tratar-se de luxo ou colonialismo importar tanto equipamento caro e sofisticado: para que se possa desempenhar as tarefas de centro metroológico nacional, realizando aferições e medições no nível de precisão mais alto do país, é necessário possuir equipamentos modernos e de mais alta qualidade, muitos deles não se constituindo produtos de linha, mas algo especialmente projetado e fabricado sob encomenda, para as finalidades de metrologia primária.

O que se deve ter em mente é que esse grande investimento em moeda estrangeira vai possibilitar o desenvolvimento tecnológico autônomo brasileiro e a consolidação da tecnologia desenvolvida, além de expandir a exportação de nossos bens e produtos, em melhores condições. Trata-se, portanto, de importar muito hoje, para exportar mais amanhã e para não precisar importar tanto depois de amanhã.

Tendo em vista a intenção exposta, de que as importações presentes venham a gerar riqueza e independência tecnológica no futuro, os equipamentos a serem adquiridos devem permitir não apenas a solução dos problemas metroológicos imediatos, como também o desenvolvimento de pesquisas que venham a resultar nas desejadas substituições de importações. Os programas de pesquisas a serem estabelecidos no centro metroológico nacional, com vistas a atender às futuras exigências do parque industrial brasileiro, somente serão bem sucedidos se, a par de um planejamento consciencioso e eficaz, contarem com infra-estrutura de instalações e instrumental adequados ao seu propósito.

Como uma última precaução a ser tomada nessa atividade, visando mais uma vez otimizar os recursos investidos, é essencial que se equipem as oficinas previstas para cada prédio laboratorial com máquinas e ferramentas selecionadas, de forma a possibilitar que a manutenção e os reparos mais simples e comuns dos instrumentos utilizados sejam feitos no próprio edifício em que se encontrem. A elaboração da relação dos equipamentos laboratoriais, simultaneamente à dos equipamentos para oficinas, facilitará a compatibilização pretendida, no que se refere tanto à oficina eletroeletrônica quanto à oficina mecânica de cada prédio. É nessas oficinas que armazenar-se-ão peças de reposição e sobressalentes de componentes, quer tenham sido enviados junto com os equipamentos, quer façam parte de um estoque planejado para esse fim. Esse procedimento, juntamente com a elaboração de programa de manutenção periódica preventiva, para todos os equipamentos instalados e cadastrados no prédio, viabilizará a utilização otimizada de toda a coleção de instrumentos, com o mínimo de ociosidade.

Os consertos mais difíceis ou especializados serão executados na oficina central, que deverá ser, portanto, muito melhor equipada que as anteriormente descritas. Essa ofici-

na terá que abranger todas as faixas de serviços das áreas eletroeletrônica e mecânica, além de divisão especializada em construção e reparo de vidraria de laboratório. Resulta daí que sua capacitação será um dos itens mais caros na implantação do centro metroológico nacional. Trata-se, no entanto, de investimento que rapidamente se compensa, conforme passaremos a mostrar.

É sabido que manutenção e reparo de instrumentação moderna, cara e sofisticada — como será a desses laboratórios — são atividades dispendiosas e demoradas, se executadas através de contratação de serviços de terceiros. Muitas vezes, nem existirá no Brasil a possibilidade de reparar todos os danos, a não ser que se equipe uma oficina, com pessoal treinado especificamente para esse fim.

A oficina central deverá ainda, estar capacitada a fabricar pequenas peças e instrumentos, especialmente imaginados para determinadas medições, ou executar adaptações em equipamentos para aferições especiais, como acontece em laboratórios de metrologia.

Por conseguinte, o investimento aplicado na capacitação de uma oficina desse tipo, além de evitar as despesas de importação de serviços, também viabilizará o desenvolvimento de pesquisas e projetos que reproduzirão, no Brasil, efeitos ou montagens somente obtidos até então em laboratórios estrangeiros, possibilitando, muitas vezes, a criação de soluções nacionais ou substituição de soluções importadas. Para que se possa apoiar o desenvolvimento tecnológico nacional autônomo, é, portanto, absolutamente essencial que essa oficina seja equipada à altura do desempenho e eficiência que dela se esperam.

Passaremos agora a abordar o aspecto da informação técnica. Se se quer implantar um centro laboratorial, destinado a realizar as medições de mais alto grau de precisão do país, e a interagir em pé de igualdade com os centros similares dos países mais avançados, o acesso do seu *staff* técnico à informação científica básica e à atualização quanto ao desenvolvimento de pesquisa e de tecnologias é fundamental. É necessário, então, que se organize, concomitantemente com a implantação dos laboratórios, e próximo deles, um núcleo de informações técnicas voltado especificamente para metrologia, capaz de armazenar e disseminar a informação de forma adequada e eficaz.

O programa para a implantação desse núcleo especializado deve incluir:

- instalação de biblioteca e formação de acervo de documentos avulsos — Todo o acervo já existente e disponível, voltado para metrologia, deve ser transferido para essa biblioteca. Além disso, devem ser iniciados procedimentos para a aquisição maciça de material informativo, não só sobre metrologia, como também sobre as inúmeras divisões da Física, como Mecânica, Eletricidade, Termologia, Óptica e Acústica, além de bibliografia ampla sobre Matemática, Estatística, Informática e Automação, Química, Engenharia, Eletrônica, Tecnologia, Instrumentação, Materiais etc. Esse acervo constituir-se-á de livros, artigos, folhetos, normas, tabelas, anais e todo tipo de publicações avulsas. Deve-se dar especial atenção às publicações mais recentes e significativas de Física e Engenharia;
- assinatura de periódicos — Sendo essa a forma mais eficiente de manter-se o *staff* técnico em dia com o avanço tecnológico e o desenvolvimento científico mundial, deve-se selecionar imediatamente as publicações mais expressivas e apropriadas, dentre os periódicos técnicos e

científicos existentes. É importante que a seleção seja feita pelos próprios profissionais de metrologia, a partir de catálogos ou relação de bibliografia do gênero, não só no caso dos periódicos, como também no caso dos documentos a adquirir para o acervo de publicações avulsas, abordado no item anterior. É aconselhável, inclusive a criação de uma comissão de usuários para a triagem do acervo de documentos avulsos e periódicos — seleção, eliminação e substituição. A adoção desse procedimento, a possibilitar constate aperfeiçoamento e atualização do estoque bibliográfico, asseguraria à biblioteca condições de atingir grande eficácia, por compatibilizá-la com as reais necessidades de seus utilizadores;

- implantação de serviço — No mundo de hoje, em que o volume de informação técnica e científica se expande velozmente, não basta que se organize uma biblioteca; há que se criar uma infra-estrutura de serviços bem mais complexa, que possibilite acesso imediato às informações de outras bibliotecas, de centros de documentação, de bancos de dados e de outros sistemas de registros automatizados. Além desses, é importante que se disponha de serviços e divulgação de fontes de informação, análise de documentos, atendimentos de consultas técnicas, disseminação de informações, levantamento bibliográfico e reprodução de documentos.

Convém que, desde o início da implantação do núcleo de informação, fique claramente definida a política de acesso à informação e, bem divulgados, os serviços disponíveis. Como última recomendação, sugere-se o treinamento especializado dos funcionários que vão administrar e operar o núcleo, de forma que o nível de atendimento aos seus usuários seja compatível com o seu potencial de oferta de informação.

RECURSOS HUMANOS PARA METROLOGIA — SELEÇÃO, CAPACITAÇÃO E PROGRAMAS.

A base para que se crie um centro técnico-científico de alto nível, sem paralelo no país, destinado à liderança nacional no campo das medições de precisão, é a formação do quadro de pessoal que vai implantá-lo, administrá-lo e operá-lo.

No século passado, quando os problemas mundiais, de ordem técnica, industrial e comercial, se ressentiram da necessidade de criação de um centro internacional de metrologia para resolvê-los, foi um grupo de físicos proeminentes, proveniente dos maiores centros de conhecimento de vários países que, reunido, estabeleceu a linguagem comum às medidas — o Sistema Internacional de Unidades — e as referências internacionais para cada grandeza. A materialização de cada unidade, a metodologia para transferência de medidas e o estabelecimento teórico e prático dos múltiplos e submúltiplos de cada unidade possibilitaram a harmonização, unificação e inter-relacionamento das medidas físicas em todo o mundo, garantindo validade universal para cada uma delas, desde que pertencentes à cadeia de rastreabilidade liderada por aquele centro.

Para que se materialize a cadeia de rastreabilidade nacional, a partir da criação do nível primário brasileiro, seu rastreamento ao nível internacional e referência das medidas do país até o nível do produto, pode ser uma boa idéia seguir as pegadas do Bureau International des Poids et Mesures. Reunir-se-iam então, alguns dos maiores físicos, ou

cientistas nacionais, de talento e renome incontestável, para conceber os programas de trabalho, estabelecer as prioridades e, principalmente, selecionar pessoal e dirigir seu treinamento. Daqui em diante, para os propósitos desse trabalho, este grupo será denominado grupo diretor.

O primeiro passo, então, será o recrutamento de físicos, químicos e engenheiros, em âmbito nacional, e a seleção, dentre eles, de um grupo de profissionais jovens, competentes, entusiasmados e dinâmicos. Para isso, a seleção deve basear-se em critérios múltiplos, como desempenho escolar, conhecimento sólido das matérias e adequação ao perfil de personalidade desejado: indivíduo dotado de iniciativa, envolvimento com a missão, capacidade de desenvolvimento e disposição para enfrentar desafios.

Um detalhe aparentemente pequeno é o conhecimento de idiomas. Não se deve esquecer, no entanto, que está se lançando a pedra fundamental da metrologia no Brasil: não há informação bibliográfica disponível ou possibilidade de aquisição de conhecimento por transmissão verbal em nosso idioma.

Assim, delinea-se uma sugestão prática para a primeira ação, por parte do grupo diretor, para a formação do quadro de pessoal do futuro centro nacional de metrologia primária: promoção de concurso público, com provas de conhecimento básico e idiomas (inglês, francês ou alemão técnico), preparados sob orientação daquele grupo, seguido de psicoteste para levantamento de perfil e exame de *curriculum vitae*.

É evidente que, a exemplo dos outros casos já apresentados, deve-se sempre buscar o aproveitamento da capacitação já existente no país. Então, paralelamente à promoção do concurso, seria aconselhável o levantamento e triagem do pessoal trabalhando em atividades metrológicas, para integrar-se ao grupo concursado.

Já se tem a base para a formação de um *staff* técnico com bom nível de qualidade e qualificação geral; as provas e outros critérios de triagem têm o respaldo dos maiores nomes da ciência no Brasil, que vão também se encarregar da elaboração dos programas de treinamento.

Inicialmente, sugere-se um programa de informação básica em metrologia, a ser promovido sob forma de curso de extensão, em nível de pós-graduação, através de convênio a ser formado com universidades. Esse curso serviria para nivelar a equipe em relação aos conhecimentos de metrologia, informá-la quanto ao estágio atual de desenvolvimento e técnica de medições para cada grandeza e dar-lhe uma visão geral do plano proposto para a implantação da infra-estrutura metrológica no Brasil, conscientizando-a do seu papel. Os cursandos receberiam bolsas de estudos e o bom desempenho conseguido neste curso condicionaria a sua contratação pela instituição, após o que poder-se-ia dar início aos treinamentos especializados.

É importante que não se descuide, com relação aos treinamentos, do aspecto gerencial. As pessoas que compõem o *staff* inicial, até aqui formado, nele ingressaram como especialistas. No entanto, alguns deles terão que ocupar posições de chefia, por força das circunstâncias. Os especialistas não recebem, da universidade, qualquer preparo para ocupar posições gerenciais, pois não é seu encargo formar gerentes, e sim técnicos de alto padrão. No entanto, de acordo com estudos promovidos pela USP, a competência dos gerentes relaciona-se diretamente com a eficiência das instituições de pesquisas, pois “o sucesso das instituições de

pesquisa na perseguição do (seu) propósito é decorrência do talento dos seus profissionais, que devem ter o potencial ou a capacidade para tanto, e que delas devem receber uma acolhida, e nelas devem encontrar as condições que favoreçam o desenvolvimento de ambas. Isto, em última instância, é consequência da orientação que lhes seja imprimida por seus gerentes, de sorte que se estabelece uma relação entre a competência destes e a eficácia daqueles” (Maximiano, 1980).

Se existe essa influência do trabalho gerencial na produtividade da instituição, e o centro metroológico nacional pretende ser eficaz, deve-se elaborar toda uma programação para formar bons gerentes, dentre a equipe até então mobilizada, iniciando-se pela identificação da vocação para o comando. “O talento do especialista, isto é, competência técnica, não deve necessariamente significar competência gerencial”. A partir da seleção referente às qualidades, inicia-se a formação de atitudes e desenvolvimento de habilidades especiais dos selecionados, de forma a se poder contar, tão logo quanto possível, com um grupo de pessoas capazes de elaborar e apresentar relatórios; estruturar, coordenar, avaliar e controlar trabalhos de equipe; estabelecer políticas e procedimentos; administrar pessoal; preparar e justificar orçamentos; controlar e distribuir recursos financeiros e outras tarefas inerentes à sua posição. Esse treinamento gerencial pode ser feito, como a especialização em metrologia básica, em convênio com universidades brasileiras, sob forma de curso de pós-graduação ou extensão universitária, na área de administração de P&D.

Os treinamentos especializados, na área técnica, devem ser feitos principalmente através de estágios de especialização e aperfeiçoamento nos grandes centros de metrologia estrangeiros. É conveniente, inclusive, que se façam acordos internacionais em que se prevejam não só idas de técnicos brasileiros àqueles países mais avançados, para estagiar em seus laboratórios metroológicos governamentais, como também a vinda de especialistas daqueles laboratórios, para apoiar a implantação dos nossos, como consultores. Essa forma de transferência direta de conhecimento, consolidada pela possibilidade de “aprender fazendo”, representada pelo estágio profissional dentro dos maiores laboratórios do mundo no ramo, tem-se mostrado bastante eficaz, sendo inclusive uma forma muito utilizada pelos países mais desenvolvidos em metrologia na formação dos seus próprios recursos humanos. Além disso, estar-se-á transferindo para o Brasil o conhecimento dos mais recentes desenvolvimentos tecnológicos mundiais, possibilitando que se iniciem as nossas tarefas a partir do ponto em que se encontra a tecnologia mais moderna, evitando passar pelos caminhos errados que, inevitavelmente, terão sido trilhados e abandonados, antes que se tenha chegado àquele ponto.

É possível que se verifique, ao longo da implantação do centro metroológico nacional, a necessidade de um especialista em assunto muito específico de um ramo da Física. Esse problema, de acordo com a extensão da necessidade e a disponibilidade no país, poderá ser resolvido pela simples contratação de consultoria, ou de profissional especializado no assunto, em grau mais elevado (mestre ou doutor), para integrar a equipe do laboratório. Pode-se ainda promover curso de mestrado ou doutorado para membros do *staff* técnico, direcionando-se a tese no sentido do assunto desejado. A decisão por uma ou outra opção vai depender do caso e será tomada pelo grupo diretor ou pela equipe gerencial, cu-

ja formação e experiência de metrologia já lhes terá desenvolvido a sensibilidade necessária para tal.

De qualquer maneira, os programas de treinamento devem sempre incluir possibilidades de desenvolvimento da equipe técnica, até os limites de sua capacitação, abrangendo-se aí, desde a extensão de escolaridade — mestrado, doutorado e pós-doutorado, no Brasil ou no exterior, quando não disponível no país — até a participação em congressos, simpósios, seminários e encontros, em âmbito nacional ou internacional, desde que relacionados à metrologia ou à especialidade do técnico em questão. Esses eventos proporcionam grande oportunidade de atualização e troca de informação entre os membros da comunidade técnico-científica, não devendo ser encarados como atividades supérfluas.

A medida que os laboratórios forem efetivamente sendo implantados, será necessária a contratação de técnicos de nível médio para execução de tarefas inerentes à sua formação. A seleção e o treinamento desses profissionais devem cercar-se de tantos critérios e exigências quanto foram essas atividades para os técnicos de nível superior, consideradas as devidas diferenças. Um curso básico de metrologia, em nível de pós-técnico, com ênfase especial em instrumentação e medições, será desejável. Recomenda-se o sistema de convênio com escolas técnicas devidamente habilitadas, para formação de turmas anuais, que atendam à previsão de necessidades de contratação, elaborada pela equipe gerencial, de acordo com o cronograma de implantação do centro metroológico nacional.

Um aspecto muito relevante é referente ao treinamento especial para os técnicos que vão operar as oficinas previstas. Esses técnicos já devem ter sido recrutados e selecionados de forma um pouco diversa daqueles que trabalharão nos laboratórios, pois as exigências quanto à formação e experiência profissional relacionam-se à capacidade de reparar ou fabricar peças dentro das suas diversas especialidades. Para esses profissionais, a programação de treinamento deve incluir estágios em fábricas de equipamentos encomendados, cursos especiais promovidos por indústrias, aprendizado com profissionais — mestres, no Brasil e no exterior, outros tipos de atividades, de escopo diferente de tudo o que já foi abordado anteriormente. É importante ter-se em mente as finalidades daquelas oficinas, principalmente a oficina central, bem como o porte do investimento feito para sua implantação, e não comprometer tudo isso pela capacitação insuficiente ou inadequada do seu quadro de pessoal. A exemplo do núcleo de informação técnica, aquelas serão unidades de apoio ao atingimento dos objetivos do centro de metrologia primária, sendo imperativo, portanto, que se adeque o nível de atendimento dos serviços prestados à capacidade potencial da unidade.

Um fator importante a ser levado em conta para a implantação do centro nacional de metrologia, é a divulgação dos seus planos e programas em toda a comunidade científica, técnica e industrial, bem como o estreitamento de contatos, através, inclusive, de desenvolvimento de projetos conjuntos. Não se pode esquecer que as primeiras finalidades de criação da infra-estrutura metroológica brasileira são a consolidação da tecnologia nacional e a melhor qualidade na produção dos bens ou serviços; isso só será atingido através do engajamento de todos os setores daquelas comunidades. Será, portanto, interessante que se formulem planos especiais para a divulgação intensiva e para os projetos em colaboração, em que os próprios membros do *staff* se empe-

nhem e se envolvam, à medida que a comunidade se integra melhor a partir do diálogo entre pares.

Para encerrar o tópico de capacitação de recursos humanos, queremos ressaltar o caráter multiplicativo que se pode obter da aplicação de recursos nesta atividade. Uma vez que se tenha o cuidado de verificar a dedicação, objetivos e capacidade de desenvolvimento de cada candidato, antes de indicá-lo para um treinamento, e que se tenha planejado esse treinamento adequadamente, compatibilizando-o cronologicamente com as outras atividades, de tal forma que os conhecimentos adquiridos possam ser imediatamente utilizados na prática, já teremos tido um retorno de investimento. A partir daí, pode-se implementar um sistema de transferência de conhecimentos, em que cada elemento treinado disseminará o conhecimento adquirido por toda uma equipe. Esse sistema de disseminação de conhecimento pode ser tão ampliado e dinamizado quanto se queira, bastando para isso que se criem programas bem planejados. Dessa forma, o centro metrológico em nível primário poderá desempenhar, paralelamente ao papel de líder e coordenador da ciência e técnica das medidas do país, o papel de grande centro do conhecimento e da capacitação em metrologia, podendo-se encarregá-lo, inclusive, do treinamento dos recursos humanos e da orientação para implantação dos núcleos de nível secundário do país. É evidente que esse desempenho ideal somente será atingido se houver pessoal disponível em número suficiente, no nível primário, e se sua formação e competência profissional for reconhecida pela comunidade.

ADMINISTRAÇÃO DO CENTRO METROLÓGICO NACIONAL

Não pretendemos, nesse tópico, apresentar um sistema completo de administração para o centro de metrologia primária, mas apenas chamar a atenção para alguns aspectos que consideramos fundamentais. O primeiro deles refere-se à política administrativa do órgão. Um centro técnico, com a missão de liderar a padronização das medidas físicas do país, terá que ter um sistema de gerenciamento ágil, dinâmico e bem organizado, de forma a servir de apoio, e não de entrave, às atividades técnicas ali empreendidas. Para que o sistema funcione dessa forma, necessita-se, resumidamente, de planejamento, ação e revisão. O planejamento para todas as atividades de apoio administrativo — aquisição de material, contratação de serviços de terceiros, provimentos de insumos etc — deve ser feito com base nas necessidades reais das áreas técnicas, conforme definidas pelo seu *staff*. As ações devem ser imediatas e executadas rigorosamente conforme planejadas. Periodicamente, a área administrativa fará avaliar o grau de atendimento dos vários serviços pelos seus usuários e, conforme o resultado, reverá todos os procedimentos considerados não satisfatórios. Essa retroalimentação possibilitará a consolidação de um verdadeiro suporte administrativo eficaz para as áreas técnicas.

Uma norma a ser seguida na organização administrativa é a elaboração de documento de instruções precisas e auto-explicativas para cada procedimento administrativo; cada definição, ou modificação, de procedimento deve gerar novo documento que o apresente e explique pormenorizadamente, preferencialmente com explicitação de objetivos. A elaboração e distribuição de instruções de procedimentos para todas as atividades pode parecer excesso de burocracia,

o que não é bem aceito no meio técnico científico. No entanto, optar por agir daquele modo evitará, em verdade, desperdício de tempo, recursos e ... mais burocracia.

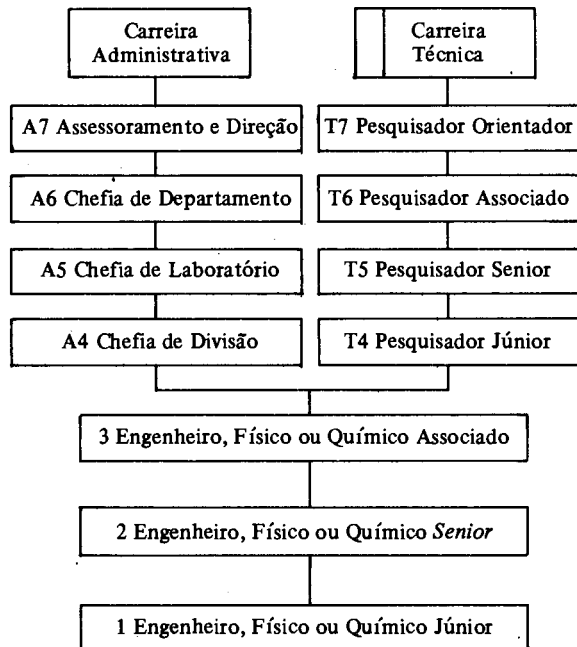
A implantação de um sistema de garantia de qualidade na administração do centro, desde que executado por profissionais sérios e competentes, que consigam promover a conscientização, a mobilização e o envolvimento de todo o *staff*, poderá ser o caminho para que o gerenciamento atinja a eficácia desejada e os funcionários produzam mais, melhor e fiquem satisfeitos.

Outros aspectos que gostaríamos de abordar, por reputarmos essencial ao bom funcionamento da entidade, diz respeito à política de cargos e salários. É imprescindível que o centro metrológico nacional tenha quadro próprio de cargos e salários, com remunerações compatíveis com o alto padrão das atividades ali desenvolvidas e afinadas com o nível salarial de mercado para tarefas similares. A criação de um quadro com tais características, no entanto, não é suficiente. Os critérios para enquadramento e promoção, dentro desse quadro, devem ser bem definidos e aceitos como justos, pelos funcionários, além de divulgados entre eles. Em linhas gerais, as recomendações quando a política de cargos e salários são:

- definir critérios, regras e procedimentos para o enquadramento e promoção, e publicá-los em manuais;
- procurar estabelecer escala salarial que forme estrutura equilibrada interna e externa ao órgão;
- basear os critérios de promoção em qualificação, participação e desempenho de funcionários, levando em conta o seu progresso individual;
- respeitar os critérios pré-estabelecidos em todos os casos, evitando o tratamento “especial” para pessoa ou grupo de pessoas.

Um fenômeno interessante, comumente encontrado nos centros técnico-científicos é a mudança de orientação de carreira. Os cientistas optam pela carreira administrativa ou gerencial, na tentativa de auferir melhores rendimentos, independentemente do seu talento ou vocação. Como resultado, tem sido cada vez mais freqüente encontrar profissionais, anteriormente promissores na área técnica, ocupando cargos gerenciais, muitas vezes sem revelar a competência necessária. Para evitar essa distorção, que significa, em última análise, desperdício de recursos, sugerimos a adoção de um sistema de carreiras em Y, ou *Dual-Ladder*, como apresentado no esquema da página seguinte.

A organização das carreiras dessa forma, colocando os físicos e engenheiros de maior especialização a par com os administradores, permite que os profissionais concentrem seus esforços no campo escolhido. É conveniente que a cada um dos sete níveis básicos corresponda uma faixa salarial de subníveis, de forma a se poder diferenciar os salários conforme o tempo de serviço, desempenho profissional etc. A mudança de nível, na carreira técnica, seria resultado da soma de pontos atribuídos aos cursos de especialização, às mudanças de grau (MSc, PhD, Prof.), às apresentações de trabalhos em simpósios e seminários, às publicações de trabalhos etc. Na carreira administrativa, as mudanças fariam-se por indicações de superiores, à medida que se revelasse a competência gerencial do indivíduo em questão para ocupar postos mais altos, respeitando-se os critérios mínimos de qualificação profissional estabelecidos para cada nível. Ainda que, a atribuição de pontos a cursos e atividades de formação especificamente gerencial, similarmente à car-



Adaptador de Van Fleet, R. – Salary Administration for Scientific and Engineering People.

reira técnica, se associada à simples indicação, resultaria em critérios mais justos para a promoção profissional.

Como última recomendação para a implantação da infra-estrutura metrológica nacional, sugere-se a contratação de especialistas em planejamento, para assessorar o grupo diretor, na elaboração dos programas e planejamento de atividades, de forma que haja compatibilização cronológica e de objetivos ao longo de todo o processo, a fim de evitar desperdício de recursos e estrangulamento de fluxos de trabalho.

CONCLUSÕES

- O Brasil não dispõe de tecnologia própria, mas sim de tecnologia importada. Para que se crie, aperfeiçoe ou transforme tecnologia, é necessário que governo e indústria – maiores beneficiários – se associem num investimento maciço em pesquisas, desenvolvimento e engenharia.
- Uma vez que se opte pelo desenvolvimento tecnológico autônomo, é através da normalização técnica e da metrologia que vai se consolidar este desenvolvimento e garantir-se a qualidade do produto industrial.
- A padronização metrológica inicia-se nas referências internacionais; assim, a infra-estrutura metrológica a ser implantada no país deve estender-se desde o nível primário, em que se rastreiam as medidas nacionais às internacionais, garantindo a sua aceitação mundial, até o nível de produção industrial, que garante a uniformização do produto.
- Para que a infra-estrutura metrológica realize a cadeia de rastreabilidade em toda a sua extensão, é conveniente que seja implantada em dois níveis: primário, ou científico, relativo à aquisição/fabricação das referências nacionais e seu rastreamento às internacionais; e secundário, ou industrial, relativo à disseminação das medidas do nível primário até o nível do produto.
- O nível primário seria exercido por um centro metrológico e o secundário por uma rede de inúmeros núcleos prestadores de serviços metrológicos, vinculados tecnicamente ao nível primário, onde se integraria toda a capacidade laboratorial já existente no país.
- Em vista do custo da criação de um centro metrológico nacional, é necessário que se tomem inúmeras precauções que objetivem otimização de recursos; e, que se faça um planejamento metódico com relação a obras, instalações, equipamentos, informação técnica, recursos humanos e administração, a fim de que esse centro, destinado a exercer a liderança das medições físicas do país, esteja à altura da sua função e exerça-a de forma eficaz.

BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, L.G. - Características da estrutura salarial e aspectos comportamentais em Instituições de P&D – Relato de uma pesquisa, in *Revista de Administração de Empresas*, FGV, Rio de Janeiro, 24(4), 1984.

CARNEIRO MONTEIRO, L. R. & SANCHES, E.M. - Padronização, in *Anais do 1º Simpósio de Metrologia na Qualidade*, INMETRO, 1985.

INMETRO - *Projeto de implantação do Laboratório Nacional de Metrologia*, Carneiro Monteiro L.R.

et alli (coord.), dez. 1984.

KESSLER, K.G. - *Metrology support in Brasil*, NBS, abr 84 - Relatório para o Banco Mundial.

KESSLER, K.G. - *An evaluation of CEMCI*, NBS, set 85 - Relatório para o INMETRO.

LONGO, W.P. - *Tecnologia e transferência de tecnologia* - Apostila X, PACTo, FEA/USP.

MAXIMIANO, A.C.A. - Função gerencial no processo de inovação tecnológica, in *Administração do processo de inovação tecnológi-*

ca, S. Paulo, Ed. Atlas, 1985.

PIMENTA, A. - Produtividade no serviço público, in *Vida industrial*, FIEMG, Minas Gerais, 32(1), jan de 1985.

RATTNER, H - Ciência e tecnologia: as tendências atuais, in *Economia e Desenvolvimento*, nº 2, Cortez Editora.

VAN FLEET, R. - Salary Administration for Scientific and Engineering People. *Research Management*, 10(6): 379, 1967.

*Previsto, ainda em 1986, o lançamento do livro **Política e Gestão em Ciência e Tecnologia: Estudos Multidisciplinares — uma produção do Núcleo de Política e Gestão de Ciência e Tecnologia da USP — sob a coordenação dos Profs. Jacques Marcovitch, Hamilton Luiz Corrêa, Hélio Nogueira da Cruz e Afonso Carlos Corrêa Fleury.***

A Ciência e a Tecnologia constituem hoje fatores preponderantes no processo de desenvolvimento econômico e social de qualquer país. A evolução do acervo de conhecimentos científicos e tecnológicos disponível num país é vital para a consecução dos objetivos de desenvolvimento sócio-econômico, que se concretiza através da produção de novos produtos e processos.

O tema Política e Gestão de Ciência e Tecnologia caracteriza-se por sua natureza multidisciplinar, sendo objeto de estudo em diferentes setores acadêmicos, os quais costumam abordá-lo a partir de distintos quadros conceituais, utilizando diversos métodos de pesquisa.

Essa característica de multidisciplinaridade levou os Departamentos de Administração e de Economia da Faculdade de Economia e Administração e o Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP a assumirem um esforço conjunto no sentido de melhor desenvolver o tema. As atividades do NPGCT/USP têm se voltado especialmente para o aumento da interação entre os pesquisadores da USP em particular e entre estes e a comunidade técnico-científica em geral, para o mútuo enriquecimento dos trabalhos desenvolvidos.

É nesta linha de atuação que surge esta Coletânea, composta por resumos de trabalhos apresentados como dissertações de mestrado ou teses de doutoramento, elaborados por pesquisadores vinculados ao NPGCT/USP. De acordo com o exposto acima, é importante realçar que os textos que compõem a Coletânea refletem as orientações conceituais e metodológicas dos três departamentos.

Os três primeiros textos são de pesquisadores do Departamento de Engenharia de Produção. No primeiro deles, Henrique Silveira de Almeida trata de uma questão de grande relevância que é a da definição dos conceitos básicos na área de Ciência e Tecnologia. Após uma análise metódica de termos de ampla utilização como invenção, inovação e transferência de tecnologia, Almeida propõe um modelo composto de quatro atividades básicas: Pesquisa, Engenharia, Produção e Mercado, que alimentam quatro estoques básicos: Ciência, Tecnologia, Bens e Homens. A partir dele, não só recoloca os conceitos anteriormente citados, como introduz uma gama de conceitos usualmente utilizados na literatura de C&T, e os define em função daqueles oito elementos básicos. Embora seja puramente conceitual o trabalho é de grande repercussão prática.

O segundo e o terceiro textos, de Ferreira e Muscat, respectivamente, colocam grande ênfase no desenvolvimento de modelos para o equacionamento de problemas típicos na área de PGCT.

O uso de modelos como instrumento de apoio no planejamento energético vem se generalizando. Isto é consequência da complexidade do assunto, que engloba a geração e a disseminação de novas tecnologias, a interdependência com a economia e as perspectivas de esgotamento das fontes não-renováveis de energia. O texto de José Joaquim do Amaral Ferreira, apresenta uma visão geral desses problemas e dos principais modelos utilizados no planejamento, para então fazer a proposição de um modelo de sistemas dinâmicos como instrumento de apoio às decisões no planejamento de energia.

Antonio Rafael Muscat estuda a análise econômica de projetos interdependentes através da programação dinâmica. A técnica desenvolvida permite que sejam considerados, por exemplo, projetos industriais, de pesquisa e desenvolvimento etc. A pergunta que se coloca neste caso é: dado o conjunto de projetos a ser analisado; dados o retorno e os gastos de capital de cada projeto, segundo cada uma das maneiras em que o mesmo pode se apresentar (versões); e dadas as medidas da interação entre os projetos, apontar quais projetos (e em quais versões) devem ser selecionados de forma a se otimizar a função de retorno do conjunto de projetos, sujeita a restrições de capital.

Os estudos de Tadini e Lima têm a ótica do Departamento de Economia, apresentando esforços na área de dois ramos industriais. O estudo de Venilton Tadini trata da evolução do setor de bens de capital sob encomenda, um ramo industrial de importância estratégica para todos os demais segmentos industriais, no período posterior à primeira crise do petróleo. Neste período, devido às metas do II PND e às exigências de poupar divisas, a demanda estatal e a oferta doméstica passaram por uma experiência excepcional que exigiu intenso esforço de articulação (a nível de órgãos públicos, organizações patronais etc.) para que o setor mantivesse seu crescimento e crescente sofisticação tecnológica. Entretanto, a partir da crise de 1982/83 o setor passou a ser duramente atingido pela queda da demanda, que ainda após três meses do Plano Cruzado, não tem apresentado sinais seguros de recuperação, o que pode afetar negativamente o patrimônio tecnológico acumulado depois de tantos anos de trabalho custoso.

O estudo de Marcelo Alceu Amoroso Lima trata essencialmente da difusão do pacote tecnológico que modernizou a avicultura brasileira num espaço de tempo bastante reduzido. A principal contribuição do trabalho advém do fato do autor adotar a ótica da Teoria da Organização Industrial e da Economia da Tecnologia, chegando a conclusões bastante ricas e inexploradas, pois o setor vinha sendo pesquisado por uma literatura mais próxima à Economia Agrícola. Assim, a crescente oligopolização e internacionalização do setor ganha um papel de destaque, indispensável à compreensão dos seus rumos futuros.

Passando ao conjunto de textos elaborados na área de Administração, o primeiro deles se situa no plano das Políticas em Ciência e Tecnologia. Gileno Fernandes Marcelino observa inicialmente que, muito embora o reconhecimento da importância de Ciência e Tecnologia em nosso país tivesse levado à formulação do PBDCT — Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à instituição do SNDCT — Sistema Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico há mais de uma década, o SNDCT ainda carece de efetiva articulação e as agências e órgãos que o compõem têm atuação isolada e dispersa. Com a criação dos SECTs — Sistemas Estaduais de Ciência e Tecnologia, o Governo Federal procurou descentralizar e simplificar o processo decisório, fortalecendo as regiões, os Estados e os próprios órgãos articuladores e executores da Política de Ciência e Tecnologia. No texto aqui apresentado, Marcelino busca traçar as linhas para a compreensão da viabilidade deste modelo institucional assim como encaminhar a proposição de um modelo específico de SECT, adequado às peculiaridades regionais e estaduais do Nordeste.

No plano das análises do nível de empresa, encontramos os textos de Eduardo Vasconcellos e Isak Kruglianskas. Este último estudou a interface entre as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento e de Marketing em empresas que possuem Centros de Tecnologia Cativos. Kruglianskas observou que a eficácia do Centro de Tecnologia está significativamente correlacionada com a interação entre este e o setor de Marketing. Além de analisar tal interação em diferentes aspectos do processo de P&D tais como seleção e concepção de projetos, orçamentação etc., o autor sugere medidas para estimular a interação entre os Centros de Tecnologia e os setores de Marketing/Vendas em nossas empresas industriais.

Eduardo Vasconcellos apresenta e discute a utilização de estruturas de tipo matricial em organizações de Pesquisa e Desenvolvimento. Para o autor, o uso adequado da estrutura matricial contribui de maneira significativa para a consecução dos objetivos dessas organizações, que se articulam em termos do desenvolvimento e transferência de tecnologia ao setor produtivo.