

# O processo de aprendizado tecnológico nos países em desenvolvimento: o caso da refinação de petróleo no Brasil

## **SUMÁRIO**

INTRODUÇÃO

A DÉCADA DE 50

ANÁLISE DO PROCESSO DE  
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

RESULTADOS

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

BIBLIOGRAFIA

**Dorodame Moura Leitão**

Engenheiro de  
Processamento; M. Sc.  
em Eng<sup>a</sup> Química  
Chefe da Divisão  
de Tecnologia de  
Processo do CENPES/PETROBRÁS  
de 1972 até julho  
de 1984. Atualmente  
na Assistência de  
Planejamento.

## INTRODUÇÃO

Em 1953, o Governo Brasileiro, após memorável campanha popular, criou a PETROBRÁS atribuindo-lhe o monopólio no País sobre a indústria de refinação de petróleo.

Após três décadas de atuação desta empresa estatal na área, torna-se oportuna a análise do processo de desenvolvimento tecnológico ocorrido, com vistas ao fornecimento de subsídios para o debate da questão tecnológica em um país em desenvolvimento, como o Brasil.

O campo escolhido para análise nos parece bastante interessante, uma vez que se trata de área com grande conteúdo tecnológico e de crescimento acelerado no período estudado.

Muitas das disfunções que afloram nos debates sobre tecnologia, devem-se à falta de entendimento de que o modelo de desenvolvimento tecnológico, como utilizado nos países desenvolvidos, não é diretamente aplicável aos países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, uma vez que as circunstâncias em que tal processo ocorre, são completamente diversas.

Embora essa observação seja, aparentemente, compreendida pela falta de perspectiva para a análise do processo e pela expectativa criada pelo exemplo dos países desenvolvidos. Além disso, mesmo nos dias atuais, a compreensão do fenômeno não é completa e ainda existem interpretações distorcidas da realidade tecnológica nos países menos desenvolvidos, o que resulta em estereótipos e julgamentos apressados, quando não em frustrações.

O presente trabalho procura, portanto, dar uma contribuição para um melhor entendimento do processo histórico desse desenvolvimento, analisando as diversas etapas do processo de aprendizado da tecnologia importada, em busca da formação da capacitação técnica, necessária para a posterior adaptação dessa tecnologia às condições locais de mercado e matéria-prima. É estudado, também, o importante papel da engenharia básica e, em especial, da pesquisa tecnológica ao longo de todo este processo, assim como a necessidade da criação de uma demanda de tecnologia endógena para que o ciclo do desenvolvimento tecnológico possa se fechar.

No caso em estudo, essa demanda tecnológica surgiu em função da crise econômica e energética pela qual o Brasil vem passando nos últimos anos. Circunstâncias especiais cercaram essa crise na área de refinação de petróleo, gerando a necessidade de novas soluções tecnológicas e maior criatividade no estudo dos problemas, o que só vem sendo possível atender graças à estrutura de pesquisa montada nos anos anteriores. De outra forma, correríamos o risco dessa demanda estar sendo deslocada para atendimento externo.

Para que seja possível uma visão das condições em que tal processo se iniciou, é apresentada uma rápida análise da conjuntura industrial e tecnológica do Brasil nos anos 50, assim como do estado da arte da tecnologia de refinação de petróleo no mundo à mesma época.

Ao final do trabalho é feita uma comparação

entre os resultados encontrados para o caso estudado com modelos existentes na literatura para outros países em desenvolvimento.

## A DÉCADA DE 50

Partindo-se da premissa de que é importante conhecer-se o passado para se poder entender o presente, é indispensável fazer-se uma rápida apreciação sobre a conjuntura industrial e tecnológica do Brasil na década de 50, quando foi criada a PETROBRÁS, assim como da indústria de processamento de petróleo no mundo e no País na mesma época, para que seja possível avaliar-se o processo de desenvolvimento tecnológico.

### Conjuntura Industrial e Tecnológica

Na década de 50, o Brasil apenas iniciava um esforço de industrialização denominado de substituição de importação e cujo objetivo era produzir no País os manufaturados antes importados. Ao final da 2ª Guerra Mundial havia-se chegado à conclusão de que o País não poderia alcançar elevado ritmo de crescimento se continuasse a basear sua economia na exportação dos seus principais produtos primários, uma vez que o mercado mundial encontrava-se em recessão (Villela, 1975). Nessa época, indústrias de importância, como as de cimento, ferro e siderurgia tiveram grande impulso.

A criação da PETROBRÁS, em 1953, foi, depois da inauguração da Usina de Volta Redonda, a grande iniciativa do Governo no sentido de implementar essa nova política de industrialização por substituição de importação nos setores básicos da economia.

Dentro dessa linha de pensamento, criou-se uma mística "desenvolvimentista" que visava a obtenção de elevadas taxas de crescimento em período curto. A grande importância dada pelo Governo para a implementação dessa política fez com que, na administração de Juscelino Kubitschek, se criasse o Conselho Nacional de Desenvolvimento e um Programa de Metas.

Entre essas metas de cinco anos destacaram-se as relativas às indústrias de base, como siderúrgica, alumínio, cimento, celulose, mecânica pesada, química e automobilística.

Contudo, o País, naquela época, não tinha a infra-estrutura científico-tecnológica necessária para enfrentar o desafio do crescimento industrial acelerado com seus próprios recursos.

A criação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), ao início da década de 50, não alterou esse quadro, uma vez que a atividade de ciência e tecnologia era vista como um setor isolado e não integrada com os projetos governamentais nas áreas econômica e social (Ferreira, 1983).

Todo esse conjunto de situações favoreceu a expansão das empresas multinacionais e um maior afluxo de capital estrangeiro. Com isso, e devido à inexistência de tecnologia nacional, passou a ocorrer a importação maciça de tecnologia estrangeira, sob forma de "caixa preta", resultando, na maioria das vezes, em empreendimentos **turn-key**.

Por outro lado, a universidade brasileira que formava engenheiros voltados, quase que exclusivamente, para a indústria de construção civil, passou a preparar pessoal para a operação do parque industrial que se implantava. Contudo, por falta de uma política tecnológica, a pesquisa na universidade voltada para a área industrial, só começou, na realidade, com a implantação dos cursos de pós-graduação em engenharia, na década de 60.

Apenas por curiosidade, é interessante salientar que, ainda na década de 40, Roberto Simonsen, então destacado líder industrial, havia proposto um planejamento da economia brasileira com vistas a dispensar toda a atenção "ao aparelhamento do ensino, ao sistema de pesquisas tecnológicas, à formação profissional". Sugeriu, ainda, o documento "a montagem de novas escolas de engenharia, a vulgarização de institutos de pesquisas tecnológicas, industriais e agrícolas, a intensificação do ensino profissional". Rejeitada por razões políticas, a idéia de Simonsen de incorporar uma política científico-tecnológica ao planejamento econômico global só viria a ser usada em 1968 no Programa Estratégico de Desenvolvimento. (Ferreira, 1983).

## A Indústria de Refinação de Petróleo

### NO MUNDO

Ainda com o objetivo de permitir a compreensão do processo de desenvolvimento tecnológico na área de refinação de petróleo no Brasil, é importante que se tenha uma rápida informação da evolução dessa indústria no mundo até a época de sua implantação entre nós.

A primeira refinaria de petróleo de que se tem notícia data de 1860, um ano após a perfuração do poço de Drake que deu início à era do petróleo no mundo, muito embora existam registros de que petróleo foi destilado na Rússia em 1735 (Nelson, 1949).

O processamento de petróleo, em seus primeiros anos, limitava-se à sua destilação, com o objetivo de produzir querosene iluminante. A gasolina era considerada um subproduto indesejável.

Tal situação prevaleceu até o início do século XX, quando a indústria automobilística tomou impulso e a demanda por gasolina favoreceu o desenvolvimento de outras tecnologias de processamento de petróleo, com vistas ao aumento de sua produção. Assim, o processo de craqueamento térmico, descoberto, por acaso, em 1861, tomou impulso e, em 1921, teve aplicação industrial. Grande avanço ocorreu nas décadas de 20 e 30 com o desenvolvimento dos princípios fundamentais relativos ao fracionamento, transferência de calor e absorção, e de outros importantes processos de refinação (Nelson, 1949).

A Segunda Guerra Mundial motivou o desenvolvimento do processo de craqueamento catalítico, cuja concepção inicial se deu em leito fixo, no final da década de 30. O desenvolvimento do leito fluido ocorreu rapidamente graças às limitações do craqueamento térmico e à grande demanda de gasolina de aviação provocada pela guerra.

Finalmente, ao início da década de 50, foi

desenvolvido e comercializado o processo de reformação catalítica, importante nos esquemas usuais de refinação, principalmente nos E.U.A.

Pode-se afirmar, portanto, que ao início da década de 50, graças ao grande esforço de pesquisa e desenvolvimento aplicado na área, praticamente todos os principais processos de refinação de petróleo, conhecidos atualmente, já tinham sido desenvolvidos e estavam sendo comercialmente utilizados. Daquela época até hoje, algumas modificações e melhorias têm sido introduzidas, principalmente devido aos avanços conseguidos na área de catálise, porém a concepção básica dos processos é a mesma de 35 anos atrás.

### NO BRASIL

As primeiras atividades relacionadas com refinação de petróleo no Brasil ocorreram em 1932, com a instalação de uma pequena unidade com capacidade de 150 barris por dia (BPD), em Uruguaiana, para produzir querosene e diesel, com destilação em batelada. Em 1936, mais duas refinarias de pequeno porte foram construídas em Rio Grande (RS) e São Caetano do Sul (SP) (Perroni, 1964; Neiva, 1983).

Em 1950, começou a funcionar a primeira refinaria do Governo, em Mataripe (atualmente Refinaria Landulpho Alves, da PETROBRÁS), sob orientação do Conselho Nacional de Petróleo (CNP), com capacidade de 2.500 BPD. Essa refinaria foi a primeira projetada para processar petróleo nacional, oriundo dos campos do Recôncavo Baiano.

Em outubro de 1953, foi criada a PETROBRÁS para exercer, em nome da União, o monopólio sobre a refinação de petróleo no Brasil, recebendo do CNP, como acervo, a refinaria de Mataripe. Contudo, outras três refinarias particulares, cuja concessão para funcionamento era anterior à criação do monopólio, começaram a funcionar na década de 50. A refinaria de Manguinhos, no Rio e a Refinaria União, em Santo André (SP), ambas em 1954, e a Refinaria de Manaus, em 1956.

Em 1955, entrou em operação a segunda refinaria da PETROBRÁS, em Cubatão (RPBC), com capacidade para 45.000 BPD. Esta refinaria foi construída com o esquema de processamento mais complexo até aquela época, fornecendo grande número de produtos para a área petroquímica.

Durante as décadas de 60 e 70, a PETROBRÁS construiu mais seis refinarias (REDUC, REGAP, REFAP, REPLAN, REPAR e REVAP), resultando em uma média de uma refinaria a cada três anos, para acompanhar o crescimento da demanda de derivados de petróleo. Além disso, nesse período houve várias ampliações nas refinarias, com o que a capacidade instalada de refino no Brasil, que era de, aproximadamente, 150.000 BPD, ao início da década de 60, chegou a 1.500.000 BPD do início dos anos 80, com um crescimento de 1000% em vinte anos.

Duas observações importantes, para os fins do nosso trabalho, podem ser feitas a partir desse histórico simplificado. A primeira refere-se ao fato de que, na década de 50, quando foi realmente implantada a indústria de refinação de petróleo no Brasil (anteriormente havia, apenas, pequenas destilarias), quase

toda a tecnologia que é usada, ainda hoje, no processamento de petróleo, já existia nos países desenvolvidos, graças a grandes esforços de pesquisa levados a efeito nesse campo.

A segunda observação diz respeito ao ritmo acelerado de construção de refinarias no Brasil, principalmente nas décadas de 60 e 70, para atender ao crescimento constante da demanda de derivados, comandados pela gasolina. Além disso, durante todo esse período, o perfil da demanda e, por consequência, a estrutura de produção de derivados permaneceram, aproximadamente, as mesmas. Dessa forma, durante esses vinte anos, a grande preocupação na área de refinação foi a construção das refinarias e a formação do pessoal para administrá-las e operá-las.

## **ANÁLISE DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**

Como acabamos de ver, à época da criação da PETROBRÁS, em 1953, o Brasil estava apenas iniciando seu processo de implantação de uma indústria moderna, motivado por uma política de substituição de importações.

Uma das razões alegadas pelos que eram contrários à criação de monopólio estatal de petróleo, era a de que não se conseguiria implantar no País uma complexa indústria, completamente integrada, reque-rendo alto nível tecnológico e empresarial, uma vez que o Brasil não possuía, nem tinha condições de formar com a rapidez necessária, técnicos com o conhecimento e a experiência indispensáveis para tal empreendimento.

Realmente, o País não possuía quadros em quantidade e qualidade (experiência industrial) necessários para tornar possível a implantação da indústria, de acordo com os padrões normais em países desenvolvidos. Nessa época, como já vimos, praticamente 80% dos engenheiros formados no Brasil eram engenheiros civis, especializados em construções. Os 20% restantes eram divididos entre as especialidades mecânica, eletricitista e química, os mais importantes para a fase de industrialização que se iniciava.

Dessa forma, a primeira preocupação da PETROBRÁS, ao ser criada, foi com a formação de seus quadros técnicos. Na realidade, a iniciativa já havia sido tomada pelo Conselho Nacional de Petróleo (CNP), em 1952, ao instituir o Curso de Refinação de Petróleo.

Tal curso, transferido para a PETROBRÁS, quando de sua criação, foi organizado e implantado de acordo com os mais altos padrões internacionais, tendo sido trazidos para sua administração e corpo docente, expoentes das universidades e indústrias de países desenvolvidos. Posteriormente, o modelo do Curso de Refinação foi seguido na criação de outros cursos de especialização de técnicos de nível superior dentro da Empresa, com igual êxito, para formar os profissionais necessários às diversas áreas de atuação da indústria petrolífera.

A nosso ver, esse foi o segredo do sucesso alcançado pela PETROBRÁS na implantação de suas ati-

vidades, calando aqueles que não acreditavam ser possível a uma empresa brasileira atuar em área tão complexa. Esses cursos tiveram uma importância tão grande no processo de industrialização brasileira que, acreditamos, devem merecer um estudo à parte, com o objetivo de se avaliar o seu papel, não só na formação do corpo de especialista da PETROBRÁS, mas também no treinamento de técnicos e dirigentes de indústrias privadas e firmas de engenharia que atuam em áreas afins com o processamento de petróleo, assim como da sua influência nos cursos de graduação e pós-graduação em engenharia no País.

## **Primeiros Tempos**

O Curso de Refinação de Petróleo, posteriormente Curso de Engenharia de Processamento, admitia, desde a época de sua criação até 1965, qualquer tipo de engenheiro como candidato, devido à situação existente na época, com referência ao perfil profissional dos engenheiros formados no Brasil. Por esse motivo, o curso visava dar, em cerca de 18 meses, uma base dos principais fundamentos de engenharia química e de processamento de petróleo, de tal forma que o egresso do curso ficasse capacitado, o mais rapidamente possível, a assumir posições de responsabilidade na operação de suas primeiras refinarias que, na década de 50, fase pioneira do curso, se restringiam a duas, como vimos. O curso fornecia, também, conhecimentos que permitiam a elaboração de pequenos projetos de processamento, necessários às atividades de acompanhamento operacional.

A grande preocupação da Empresa, nessa primeira fase que podemos chamar de pioneira, era, pois, com a operação e a administração de suas primeiras refinarias. Podemos admitir que essa fase pioneira se estendeu desde a criação da PETROBRÁS até o funcionamento da refinaria Duque de Caxias (REDUC) em 1961, embora, na realidade, as duas grandes escolas de formação de técnicos em refinação de petróleo no Brasil, tenham sido as Refinarias Landulpho Alves (RLAM), em Mataripe, e Presidente Bernardes (RPBC), em Cubatão.

Curiosamente, cada uma dessas refinarias enfatizou um aspecto da atividade industrial de um engenheiro de processamento de petróleo. A RLAM, por ter sido a primeira, tendo iniciado suas operações antes da criação do Curso de Refinação, em 1952, valorizou mais a qualificação do engenheiro para a operação, enquanto a RPBC que, quando começou a funcionar, já contava com egressos do Curso, deu maior ênfase ao acompanhamento do processo e ao projeto. Essas duas refinarias vieram, assim, a se tornar em verdadeiras escolas de formação de engenheiros para as atividades de operação e acompanhamento de processo de nossas refinarias.

A REDUC, ao iniciar suas atividades, já contou com o concurso de egressos das duas refinarias, porém ainda pode ser incluída nessa primeira fase pioneira de formação de pessoal, porque, ela mesma, foi também uma escola no treinamento dos novos técnicos que, nas décadas de 60 e 70, iriam permitir a expansão do parque de refino nacional até os níveis em que hoje se encontra.

Dessa forma, nesta primeira fase da evolução tecnológica da indústria de refinação de petróleo no Brasil, a ênfase básica prendeu-se à assimilação das tecnologias de operação e gerenciamento das refinarias.

O conhecimento básico dos processos utilizados, como não podia deixar de ser, pelo que vimos da conjuntura nacional na década de 50, foi totalmente importado, como “caixa preta”, de firmas estrangeiras com tradição tecnológica no campo. No caso da RLAM, por ser a primeira refinaria, a dependência tecnológica ficou mais evidente, tendo sido a construção feita pelo regime **turn-key**, com importação quase que total dos equipamentos.

Dez anos depois, a REDUC já contou com alguma engenharia de detalhe de firmas nacionais, assim como com a montagem e a nacionalização de alguns equipamentos. A PETROBRÁS, desde sua criação, sempre teve como objetivo nacionalizar não só os equipamentos, como as atividades de mais fácil assimilação, como a montagem industrial, graças à boa capacitação existente no País em construção civil e, posteriormente, a engenharia de detalhamento com base em projeto de processamento importado.

É importante que também se realce, nessa primeira fase, o treinamento dos quadros de nível médio, necessários para a operação das refinarias, inexistentes no Brasil. Também nesse campo, a PETROBRÁS foi uma escola, preparando nos cursos feitos nas refinarias (RLAM e RPBC) os operadores que, posteriormente, iriam constituir-se na semente que permitiu a formação das equipes de todas as demais refinarias.

## Aprendizado Operacional

As décadas de 60 e 70, como já vimos, registraram uma fase de grande crescimento do parque de refinação de petróleo no Brasil, com a construção e operação de uma refinaria a cada três anos, aproximadamente.

Durante esse período, a grande preocupação, em termos de tecnologia, foi a consolidação do conhecimento já desenvolvido na fase anterior e sua disseminação. Basicamente, procurou-se crescer os quadros técnicos, tanto de nível superior, como de nível médio, para permitir operar e gerenciar os novos empreendimentos industriais.

O crescimento das equipes gerou a multiplicação das experiências em tecnologia de operação e acompanhamento das unidades industriais e o processo de **learning by doing** permitiu a assimilação, embora lenta e incompleta, das tecnologias de processo importadas.

Contudo, a rapidez da expansão do parque de refino para atender ao explosivo crescimento industrial brasileiro, em especial do parque automobilístico, manteve as preocupações tecnológicas a nível da operação de novas unidades, continuando-se a importar tecnologia estrangeira, sob a forma de “caixa preta”.

Não obstante, foram feitas algumas tentativas para aumentar o nível de assimilação das tecnologias importadas e a nacionalização de equipamentos.

A montagem das refinarias passou a ser feita

totalmente por firmas nacionais que, também, passaram a participar da engenharia de detalhamento, através do consorciamento com firmas estrangeiras.

Contudo, o projeto de processamento ou engenharia básica continuou vindo do exterior, embora firmas nacionais tenham passado a participar do seu acompanhamento para permitir a transferência de tecnologias.

Contudo, no que se refere à fabricação de equipamentos, houve um grande progresso, embora sem o desejado domínio tecnológico, pois, na maioria das vezes, os equipamentos eram meras cópias dos estrangeiros, ou seja, tinha-se o **know-how**, mas não o **know-why**. Não obstante, partindo-se de 5% de nacionalização na RLAM em 1950, chegou-se a 95% na REVAP em 1975. As refinarias da PETROBRÁS, durante esse período, funcionaram como “laboratórios de testes” desses equipamentos fabricados no País, os quais, muitas vezes, tiveram que ser devolvidos aos fabricantes para correção de problemas surgidos ao serem colocados em operação. Dessa forma, a empresa, além de incentivar o crescimento da indústria nacional de bens de capital, ainda colaborou decisivamente no aperfeiçoamento dos equipamentos produzidos.

## A Engenharia Básica

Como vimos, o Curso de Refinação, através de seu currículo, dava noções básicas de projeto de processamento. Ao início da década de 60, à medida que engenheiros formados nos anos anteriores iam, paulatinamente, assumindo os encargos de administração e ensino, cresceu a ênfase na organização e transmissão de conhecimentos que capacitavam os formandos do curso a realizarem projetos de processamento de torres, tambores, trocadores de calor e, até, de fornalhas.

Algumas atividades de engenharia básica já vinham sendo levadas a efeito, especialmente na Refinaria de Cubatão que, como foi visto, valorizava essa atividade. Esses trabalhos eram desenvolvidos, contudo, de forma assistemática e sem coordenação central (Santos, 1979); em paralelo com outras tarefas de acompanhamento do processo nas refinarias.

Todo esse potencial de engenharia básica existente na Empresa resultou na tentativa de criação de um grupo centralizado no Serviço de Engenharia, ao início da década de 60. Apesar de alguns trabalhos de porte, como o **revamp** de uma unidade combinada de destilação e craqueamento térmico (Unidade 2 da Refinaria de Mataripe), o grupo teve curta duração, sendo desfeito pouco tempo depois.

Somente em 1975, dez anos depois dessa primeira tentativa, a atividade de Engenharia Básica foi criada na PETROBRÁS dentro do Centro de Pesquisas, apesar das pressões contrárias que ainda existiam na ocasião. Contudo, nessa época, todo o atual parque de refino já estava projetado.

Além das oportunidades perdidas durante a fase de construção acelerada de refinarias, a demora em se institucionalizar essa atividade na PETROBRÁS, também prejudicou o desenvolvimento da pesquisa tecnológica, criada antes da engenharia

básica, em uma inversão da seqüência normal das etapas do processo de capacitação tecnológica da empresa (Paulinyi, 1984).

## A Atividade de Pesquisa Tecnológica

No auge do período de expansão do parque de refino e da importação da tecnologia de refinação em "caixa preta", a PETROBRÁS criou o seu Centro de Pesquisas (1966).

Na realidade, a atividade de investigação já havia sido prevista desde a criação da PETROBRÁS, uma vez que, em 1955, foi instituído o Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisas de Petróleo (CENAP) que, a par de incorporar as atividades de ensino, transferidas do Conselho Nacional de Petróleo, previu a existência de um Setor de Análises e Pesquisas, verdadeiro embrião do atual Centro de Pesquisas (CENPES).

Contudo, tanto a iniciativa de criar essa atividade junto ao curso de especialização em refinação, como a decisão da criação do CENPES, em 1966, resultaram da visão esciarcida de dirigentes com largo tirocínio e não representaram respostas a reclamos dos órgãos operacionais da Empresa. Na área de refinação de petróleo, naquela época, como já vimos, a preocupação primordial era construir novas refinarias, para atender o crescimento da demanda de derivados, utilizando-se tecnologia importada, já pronta, acabada e testada comercialmente, e operar essas refinarias de acordo com as condições de projeto.

Por essa razão, durante muitos anos o CENPES ficou procurando a sua "razão de ser", o seu papel dentro da Empresa. Com um campo de atuação extremamente limitado pelas circunstâncias da época, sem uma demanda de trabalho definida e clara, sua participação ficou restrita a serviços de "quebra-galho" operacional (**Trouble Shooting**) e pequenas adaptações de processo.

A interação com os órgãos operacionais era bastante difícil, porque os interesses desses órgãos eram diversos daqueles em que o CENPES poderia participar. A questão básica era a quantidade. Otimizar processos não era atividade de interesse, já que acarretaria mudanças nas unidades, com o risco de comprometer a produção. Por outro lado, os órgãos centrais preocupavam-se basicamente, com os estudos de definição da localização de novas refinarias e as negociações para compra de tecnologias estrangeiras (Leitão, 1984).

Outra dificuldade, inerente à mentalidade que prevalecia na época, refere-se à formação do pessoal especializado em pesquisa. A idéia básica que foi tentada naquela ocasião era a de que o CENPES deveria formar seus quadros com elementos experientes, já possuidores de conhecimentos relativos à operação e acompanhamento de unidades industriais. Contudo, os órgãos operacionais recusavam-se, sistematicamente, a ceder seus técnicos experientes sob a alegação de que eram indispensáveis à operação das refinarias.

Esse posicionamento era, até certo ponto, compreensível, face à conjuntura que se estava vivendo na época, de ênfase e valorização da operação e desconhecimento da atividade de pesquisa, sem finalidade

aparente numa época de compra de tecnologia estrangeira em "caixa preta".

Dessa forma, a formação da equipe de pesquisa, hoje existente, se processou, de forma lenta, a partir de pessoal recém-formado no Curso de Engenharia de Processamento e em cursos de mestrado no País. Trabalho recente do autor (Leitão, 1984) analisa as dificuldades envolvidas na formação desse grupo de pesquisa nos últimos dez anos, e ressalta o cuidado que se deve ter com a manutenção da equipe, devido ao longo tempo necessário, em um país no estágio de desenvolvimento do nosso, para a sua formação.

Esses fatores, aliados a outros, decorrentes do estágio de desenvolvimento do País, contribuíram para a criação de imagens negativas do CENPES dentro da própria PETROBRÁS, duas das quais, curiosamente antagônicas, predominaram: a primeira, via o CENPES como um laboratório de grande porte, com recursos sofisticados, porém limitados a atender serviços técnicos rotineiros e a segunda, imaginava o CENPES como um órgão situado numa "torre de marfim" fazendo pesquisas estratosféricas, de grande profundidade científica, mas sem ligação com a realidade (Leitão, 1980).

Fruto da desinformação e estereotipadas, essas imagens prejudicaram, contudo, o relacionamento do CENPES com órgãos operacionais durante muito tempo.

Em 1973, foi dado um passo fundamental para iniciar um processo de mudança desse estado de coisas, com a transferência do CENPES para instalações especialmente projetadas na Ilha do Fundão. Tal episódio foi tão importante, que pode-se, mesmo, considerar que, só a partir daí, passou o CENPES a ter as condições necessárias para tornar-se o centro de pesquisas exigido pela complexa indústria de petróleo.

O que foram esses dez anos de Fundão, na área de pesquisas sobre refinação de petróleo, analisamos com detalhes em estudo recentemente publicado (Leitão, 1984). No presente trabalho, nos limitaremos às observações de ordem geral que contribuam para o entendimento do papel da pesquisa no processo de aprendizado tecnológico, ao apreciarmos, em outro capítulo, os resultados conseguidos ao longo dessa evolução.

Antes, porém, discutiremos os efeitos da crise econômica e energética pela qual nosso País vem passando nos últimos anos e que foi responsável pela demanda de tecnologia que vem permitindo a consolidação do processo de desenvolvimento tecnológico na área de refinação de petróleo.

## A Situação Atual: a Crise e seus Efeitos

Para que seja possível entender os efeitos da crise na indústria de refinação de petróleo, torna-se necessário efetuarmos um estudo da evolução do perfil de demanda de derivados de petróleo no Brasil, nos últimos vinte e cinco anos.

Os três derivados de maior consumo, em todo esse período, foram o óleo combustível, a gasolina e o diesel, somando pouco mais de 80% do total de produtos de petróleo consumidos no Brasil nas décadas de

60 e 70. Na década de 80, esse total vem decrescendo, devido a redução no consumo de óleo combustível e gasolina e ao crescimento percentual do gás liquefeito de petróleo (GLP) e dos efluentes para a indústria petroquímica (nafta e gasóleo), ambos já com mais de 10% do total. Em 1983, a soma dos três mais importantes alcançou, apenas, 70% do total consumido naquele ano.

Ao início da década de 60, o óleo combustível era o derivado mais importante, com cerca de 34% de participação; a gasolina, já em fase de ascensão, devido ao início de funcionamento da indústria automobilística, alcançava 30%, enquanto o diesel ficava com, apenas, 19%.

De meados da década de 60 até meados dos anos 70, durante cerca de 10 anos, a estrutura permaneceu, aproximadamente, estável, com a gasolina liderando a demanda, em valores de 32 a 33%, o óleo combustível passando para segundo, em 28% e o diesel subindo um pouco, mas ainda permanecendo em terceiro, com 22%.

A primeira crise de petróleo, ocorrida em 1973, começou a produzir efeitos nesse quadro somente a partir de 1976, como normalmente ocorre nas mudanças econômicas que se passam a nível mundial, as quais só algum tempo depois se fazem sentir no Brasil.

Devido a ser o derivado de maior consumo e aquele cuja redução teria menores conseqüências sociais, a gasolina teve seus preços aumentados artificialmente em relação aos demais derivados, com o objetivo da redução do seu consumo.

Tal efetivamente ocorreu e na segunda metade da década de 70 já o óleo combustível voltou a ser o mais consumido, com 29% e o diesel, com preço subsidiado, subiu para segundo, com 27%. A gasolina passou para terceiro, reduzindo sua participação no perfil de demanda para 24%.

Com o segundo choque do petróleo, em 1979, o Governo intensificou o Programa do Alcool como segunda alternativa para reduzir o consumo de gasolina, o que, aliado ao processo de recessão ao qual vem sendo submetida a economia brasileira na década de 80, forçou uma nova modificação no perfil de consumo de derivados, passando o diesel para a posição de derivado mais importante, com 31%; o óleo combustível ficou em segundo, com 22%, devido a menor produção industrial e a gasolina, reduzindo mais ainda, para 18%.

Deve ser observada, com atenção, a redução acentuada da participação da gasolina nessa estrutura de demanda, de meados da década de 70, com cerca de 33% para os atuais 18% e, em contrapartida, o crescimento do diesel, no mesmo período, de 22% para 31%. Como agravante desse fato, do ponto de vista de atendimento da demanda, deve ser lembrado que todo o parque de refino da PETROBRÁS já estava projetado quando essas mudanças começaram a ocorrer, em 1976. O esquema de processamento e a escolha dos processos principais havia sido feita, evidentemente, para atender o perfil de demanda que prevaleceu no País durante cerca de 15 anos (Fonseca & Martins, 1978; Souza, 1980).

Por outro lado, também como conseqüência da crise energética/econômica, a PETROBRÁS, a partir

do final da década de 70, passou a dar prioridade absoluta, em termos de investimentos, à área de exploração e produção de petróleo. A área industrial que chegou a ter participação da ordem de 30% no orçamento da Empresa, passou, em pouco tempo, a ter menos que 5% desse orçamento. Dessa forma, a construção de novas unidades de processamento que permitissem mudanças na estrutura de produção para maximização de diesel, em lugar da gasolina, ficou fora de cogitação, pelo menos em uma primeira instância.

Esse conjunto de situações gerou a necessidade de modificações profundas na filosofia operacional dos órgãos industriais, que não mais puderam manter as condições de projeto para a operação das unidades de processo, uma vez que isso já não mais permitiria o atendimento à nova estrutura de demanda.

Surgiu, então, a necessidade de serem modificadas as condições de operação e adaptadas as unidades existentes para um novo perfil de produção. Com isso, passou a ser necessária a realização de estudos com maior conteúdo de criatividade e investigações tecnológicas, funções características de um órgão de pesquisa. Confirmou-se, assim, previsão feita pelo autor deste trabalho, em 1979, com respeito ao crescimento da demanda de tecnologia na área de processamento de petróleo, provocada pela crise (Leitão, 1979). Naquela época, muitos achavam que, pelo fato de haver uma tendência de retração do consumo de derivados e das refinarias funcionarem com capacidade ociosa, haveria poucas perspectivas para trabalhos de pesquisa na área.

Contudo, como havíamos previsto, ocorreu justamente o contrário. Tecnologia e todos os temas relacionados com sua criação, desenvolvimento e aplicação passaram a ser de interesse geral na área operacional e a demanda dos trabalhos do CENPES cresceu enormemente, em um nível nunca alcançado anteriormente.

Como essa demanda surgiu na época em que o CENPES já estava com sua equipe estruturada e tecnologicamente madura, contando com laboratórios e unidades-piloto já montados e funcionando, resultados de expressivo porte econômico e estratégico vêm sendo alcançados, conforme será visto no próximo capítulo.

A crise, dessa forma, apesar das suas influências negativas, acarretando redução de recursos, deficiência de infra-estrutura e afetando, até mesmo, a motivação de uma forma geral, teve importantes aspectos positivos, possibilitando o surgimento de uma demanda clara, firme e definida de conhecimentos tecnológicos, fundamental e indispensável não só para maior afirmação da atividade de pesquisa no desenvolvimento tecnológico, como também para consolidação do processo de aprendizado tecnológico na área de refinação de petróleo, conforme modelo analisado neste trabalho.

## RESULTADOS

O processo de desenvolvimento tecnológico ocorrido no Brasil na área de processamento de petróleo passou por diversas fases, como vimos nos capítu-

los anteriores, em que, sucessivamente, foram dominadas as tecnologias relativas a cada etapa.

Assim, assimilamos ao longo do tempo, a nível de país, os conhecimentos necessários à operação, montagem, construção de equipamentos, engenharia de detalhamento, engenharia básica e pesquisa tecnológica.

Com o objetivo de ilustrar os avanços tecnológicos ocorridos, listaremos, a seguir, alguns resultados obtidos com os conhecimentos assimilados e desenvolvidos nas áreas diretamente ligadas ao processamento do petróleo, ou seja, operação, engenharia básica (ou projeto de processamento) e pesquisa tecnológica sobre processos de refinação.

## Na Área Operacional

O aprendizado referente à operação e acompanhamento do processo, tem apresentado resultados de expressão, entre os quais pode-se destacar o atendimento ininterrupto e sem falhas do mercado nacional de derivados e a formação de pessoal qualificado para permitir toda a expansão que houve na área, assim como para a implantação da indústria petroquímica, fortemente apoiada na experiência do pessoal oriundo da refinação de petróleo.

Nos últimos anos, essa grande experiência, adquirida na operação das refinarias nos últimos trinta anos, foi importante para a implementação de vários programas de adaptação dos processos à nova conjuntura de demanda de derivados. A conjugação da experiência operacional com as atividades das áreas de engenharia básica e pesquisa tecnológica vem permitindo conduzir esses programas com êxito, sem necessidade de recorrer-se a consultorias externas.

Entre esses programas podem ser destacados o de redução da produção de óleo combustível e maximização de diesel por modificações nas condições de operação e em equipamentos de destilação, e o de craqueamento de cargas pesadas, no qual a PETROBRÁS possui, hoje, uma experiência das mais expressivas em termos mundiais, devido ao grande número de unidades de craqueamento existente nas refinarias. A implementação desses programas, além do grande valor estratégico, tem expressivo significado econômico, da ordem de centenas de milhões de dólares por ano (Fantine, 1982).

## Na Engenharia Básica

A atividade de engenharia básica, apesar do atraso havido na sua institucionalização centralizada, já apresenta muitos resultados importantes. Alguns obtidos através de capacitação formada através de **feed-back** da operação e por cópia de unidades existentes. Nesse caso estão os projetos relativos à destilação, processamento de gás natural, tratamentos etc. Outros resultados têm sido conseguidos através de projetos derivados de resultados da pesquisa como a desidratação do etanol, a produção de catalisador de alumina e outros na área de petroquímica.

Uma importante fonte de capacitação e geração de resultados na área de engenharia básica têm

sido os programas de transferência de tecnologia. Nessa área, foi possível criar condições de barganha, através das quais conseguiu-se uma abertura do pacote tecnológico por parte de algumas firmas estrangeiras. Seis programas desse tipo foram realizados (Portinho, 1984), capacitando pessoal para a execução de diversos outros projetos básicos, devido ao alto poder multiplicativo dos conhecimentos adquiridos.

Entre os principais resultados já obtidos na área de engenharia básica, podem ser destacados (Portinho, 1984):

- modificações em unidades de destilação e craqueamento catalítico para adequação do esquema de refino às novas demandas, em conjunto com a área operacional;
- unidades de processamento de gás natural de Sergipe, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte, reduzindo importação de GLP;
- unidade de Eteno de Alcool da Salgema;
- unidade de hidrogenação de gás de refinaria com vistas à produção de amônia na Ultrafertil;
- unidade de coqueamento retardado para a RPBC (Refinaria de Cubatão);
- ampliação de unidades de desasfaltação da REDUC.

Todos esses projetos proporcionaram expressivas economias de divisas, da ordem de centenas de milhões de dólares por ano, além da grande importância estratégica envolvida no domínio da tecnologia utilizada.

## Na Pesquisa Tecnológica

Uma análise completa dos resultados conseguidos pela atuação da pesquisa tecnológica dentro do processo de aprendizado tecnológico na área de refinação de petróleo foi efetuada em trabalho já referido (Leitão, 1984). No presente estudo nos limitaremos a dar alguns exemplos, considerados marcantes, e que possam servir para realçar a evolução da área e a importância da participação da pesquisa dentro desse processo.

Para efeito de clareza, dividimos as atividades de pesquisa em quatro categorias: capacitação técnica; assistência técnica; adaptação de tecnologia e desenvolvimento de tecnologia.

Evidentemente na fase pioneira da pesquisa, após a criação do CENPES, de 1966 a 1970, os principais resultados foram alcançados na formação da capacitação técnica, destacando-se o primeiro projeto de uma unidade-piloto, a montagem do primeiro laboratório para pesquisa de catalisadores e o início dos estudos sobre refinação de óleo de xisto. Contudo, alguns serviços de assistência técnica já eram realizados. Merece destaque, nessa fase, uma pesquisa de adaptação do processo de craqueamento catalítico com vistas ao aumento da produção de gás (GLP) e que teve grande repercussão econômica, pagando o custo operacional do CENPES por alguns anos (Moggi, 1972). Sintomaticamente, nenhum projeto de desenvolvimento de tecnologia foi levado a efeito nessa época.

Na fase seguinte, de 1971 a 1974, ainda de planejamento e implantação nas novas instalações do Fundão, a ênfase continuou nos trabalhos de capaci-

tação técnica, com o projeto de seis unidades-piloto e oito laboratórios. Continuaram a ser realizados alguns projetos de assistência técnica e estudos de adaptação de processo. Ainda nessa fase, não foram realizadas pesquisas visando desenvolvimento de novos processos.

Nessas duas primeiras fases, a participação da pesquisa tecnológica se concentrava na formação de capacitação técnica (equipes de pesquisadores e instalações) e na prestação de pequenos serviços de assistência técnica e adaptações mais simples de tecnologia, apoiando o processo de aprendizado por operação, em andamento, na época, nos órgãos industriais.

Na terceira fase da pesquisa no CENPES, de 1975 a 1981, já se dispunha de razoável capacitação básica e a prioridade centrou-se no crescimento das equipes e recursos para atendimento às solicitações de serviços de assistência técnica que começaram a crescer, face aos primeiros sinais das mudanças provocadas pela crise energética. Um exemplo foi o início de estudos sobre outras fontes de energia, utilizando recursos originalmente desenvolvidos para o processamento de petróleo.

Nessa fase, destacaram-se os serviços de assistência técnica realizados em grande número para a área de fontes alternativas de energia (Xisto, carvão e álcool) e para as refinarias, principalmente na área de lubrificantes. Cresceram, também, os projetos de adaptação de tecnologia. Já nessa fase, e apesar de não haver ainda surgido a demanda maior da área de refinação, já foram levados a efeito alguns projetos de desenvolvimento de tecnologia, principalmente para a área de fontes alternativas de energia.

Contudo, dois projetos nessa linha merecem destaque, tendo sido tornados possíveis graças ao efeito multiplicativo do conhecimento tecnológico. Graças à capacitação já existente nessa ocasião para processos de refinação de petróleo, foi possível desenvolver dois processos que já estão em operação industrial. O primeiro refere-se à produção de eteno a partir do etanol, cuja engenharia básica foi desenvolvida no próprio CENPES, como vimos. Esse processo é o mais representativo da capacidade tecnológica criada no CENPES e a análise de participação da pesquisa no seu desenvolvimento está descrita em detalhes em outro trabalho (Costa & Leitão, 1984). No outro estudo, a pesquisa levantou dados básicos para a elaboração do projeto de processamento de uma unidade de hidrotreatamento de n-parafinas, com vistas à produção de detergentes biodegradáveis. A engenharia básica foi feita por uma firma privada nacional e a unidade industrial já está em funcionamento.

Finalmente, a quarta fase, iniciada por volta de 1981 e em andamento hoje, caracteriza-se, basicamente, pelo crescimento da demanda de tecnologia por parte da área operacional, conforme já analisado anteriormente. O número de projetos desenvolvidos em apenas dois anos (1982 e 1983) atingiu valores comparáveis com os sete anos da fase anterior. Entre os projetos de assistência técnica destacam-se alguns de grande importância estratégica e econômica, como os estudos de apassivadores nacionais para metais em catalisadores de craqueamento catalítico, a avaliação de catalisadores de craqueamento, tanto para com-

pra, como para acompanhamento da operação, a assessoria na troca e na regeneração de catalisadores e o aumento da eficiência da unidade de extração de lubrificantes.

Entre os trabalhos de adaptação de tecnologia, merecem realce os estudos de hidrotreatamento de óleo leve de reciclo, os de seleção de catalisador de craqueamento de cargas pesadas e os de sulfetação de catalisador de reforma. Alguns projetos de desenvolvimento de tecnologia foram realizados, destacando-se o processo para fabricação de aluminas, o hidrotreatamento de hexano e outros ligados a fontes alternativas de energia.

A medição desses resultados em termos de relatórios emitidos e patentes conseguidas e requeridas está, também, analisada no trabalho já citado (Leitão, 1984), indicando o aumento da produção e da produtividade da pesquisa na área de refinação de petróleo com a nova conjuntura de demanda crescente de tecnologia pelos órgãos operacionais.

O referido trabalho apresenta, ainda, algumas informações sobre a relação benefício/custo dessas atividades de pesquisa. Os números estimados indicam uma relação de 6/1, suficiente para mostrar que, além do importante valor estratégico, cultural e político, é também bom negócio, do ponto de vista econômico, desenvolver tecnologia na área de refinação de petróleo (Leitão, 1984). Outro dado de destaque mostra que apenas o resultado de um dos projetos de adaptação de tecnologia, e que visou o aumento da produção de óleo diesel, está significando o aumento da realização econômica em duas refinarias de quantia equivalente ao custo operacional de todo o CENPES (35 milhões de dólares/ano).

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O estudo do aprendizado tecnológico, em um país em desenvolvimento, tomando como base a indústria de refinação de petróleo no Brasil, mostra um processo completamente diferente do que prevalece em países desenvolvidos, em vários aspectos.

A primeira diferença refere-se ao processo de inovação tecnológica que, nos países desenvolvidos, é fortemente baseado na chamada inovação "absoluta" ou "radical", ou seja, aquela que representa uma novidade tecnológica em termos mundiais. Essa inovação depende grandemente de novos conhecimentos científicos, resultando daí a necessidade de intenso relacionamento entre ciência e tecnologia.

Já nos países em desenvolvimento, ou seja, aqueles de industrialização "tardia", o processo se baseia mais na chamada inovação "relativa" ou "secundária", assim entendida aquela que resulta de adaptação de tecnologias existentes para novas condições de mercado ou matéria-prima. A área estudada neste trabalho mostra claramente tal comportamento, uma vez que os resultados mais expressivos têm sido alcançados em adaptações de tecnologia importada. Não obstante tal resultado seja decorrente do estágio de evolução tecnológica na área, conforme pode ser deduzido a partir da análise do processo, é importante lembrar que na área de refinação de petróleo, a inovação "absoluta" não é comum, mesmo nos países desenvolvidos.

Esse é o caminho normal, seguido pelos países em desenvolvimento até que sua capacitação atinja tal nível que o permita enveredar pelo caminho das inovações "absolutas".

Esse foi o processo ocorrido no Japão que, no entanto, teve como condições que favoreceram a sua aceleração, a base educacional montada desde o século passado; a perfeita compreensão do problema tecnológico por parte do governo japonês e a sua utilização como estratégia de desenvolvimento e a vontade de levar avante tal objetivo, definido a nível nacional, pelo povo japonês, possuidor de características favoráveis a atuações coletivas ou comunitárias.

No caso do Brasil, embora o processo não possa ser tão acelerado, por falta das condições acima expostas, em algumas áreas já há sinais de estarmos caminhando nessa direção. No caso em estudo, já observou-se tal fenômeno, quando o surgimento de uma demanda por nova tecnologia para utilização de matéria-prima disponível no Brasil, encontrou em disponibilidade capacitações técnicas em pesquisa (recursos humanos e materiais) e engenharia básica, desenvolvidas para processos de refinação de petróleo e, em tal nível, que possibilitaram o surgimento de uma inovação "absoluta", que foi o processo de obtenção de etanol a partir de etanol.

Esse exemplo mostra uma outra grande diferença entre o processo de desenvolvimento tecnológico que ocorre em um país desenvolvido e aquele em desenvolvimento, referente à motivação para a inovação.

Nos países desenvolvidos, o que motiva, basicamente, o avanço tecnológico é a redução de custos nos processos de produção ou a criação de novos produtos, de tal forma a permitir que as empresas permaneçam ou ampliem sua participação no mercado, vencendo as concorrentes.

Já nos países em desenvolvimento, devido ao fato de que a maior parte de sua indústria foi montada com tecnologia importada, a grande motivação para a inovação é o aproveitamento de seus recursos naturais e a adaptação das tecnologias já existentes para suas condições próprias de mercado e matéria-prima. Dentro dessa linha de argumentação, observa-se a grande importância dos países em desenvolvimento dedicarem substancial parte de seus recursos em desenvolvimento tecnológico para o aproveitamento de matéria-prima nacional. O Brasil, possuidor de recursos naturais próprios, como a biomassa, favorável à geração de novas fontes de energia, tem uma oportunidade ímpar, que não está aproveitando devidamente, para um desenvolvimento tecnológico de expressão mundial, conforme analisamos em outro trabalho (Leitão, 1979).

Outro aspecto importante para o entendimento do processo de desenvolvimento, refere-se à criação da demanda pela tecnologia nacional. No caso em estudo, essa demanda por inovação, embora "secundária", surgiu em função da crise econômica e energética que, como vimos, mudou as características do mercado para o qual havia sido importada tecnologia estrangeira.

Por outro lado, a demanda dessa tecnologia necessária para modificar o parque industrial existen-

te, encontrou eco na existência de capacitação técnica a nível de pesquisa e engenharia básica, desenvolvida nos anos anteriores.

Outra lição pode ser tirada daí, referente à importância da formação de pessoal e recursos materiais antecipadamente ao surgimento da demanda pela área industrial. Ou, em outras palavras, da importância do planejamento de médio e longo prazo para as atividades de desenvolvimento tecnológico em países menos desenvolvidos. Paradoxalmente, contudo, esta postura não é devidamente compreendida nesses países, nos quais prevalece a mentalidade imediatista, incompatível com as atividades de pesquisa e desenvolvimento.

Voltando a questão da demanda, é importante lembrar que no caso em estudo, o seu atendimento localmente se deveu a dois fatores. O primeiro, já abordado, referente à existência da capacitação técnica no país e o segundo relativo ao fato da PETROBRÁS possuir seu centro de pesquisas cativo, ou seja, a capacitação estava dentro da própria empresa. Caso essas duas condições não co-existissem, poderia ter ocorrido a utilização de capacitação externa para resolver os problemas, como ocorre muitas vezes.

Dessa forma, se pensarmos em termos do país como um todo e em áreas industriais de atuação da pequena e média empresa, fica evidente a importância de uma política nacional de proteção à tecnologia nacional, com vistas à criação da demanda tecnológica a que nos referimos anteriormente, como é o caso da reserva de mercado para a tecnologia nacional, ora em discussão, na área de informática.

Se tal não ocorrer, a conjugação de fatores econômicos (a tecnologia estrangeira, normalmente, é mais barata, pois já teve seus custos pagos pela utilização no país de origem) e culturais (sentimento de inferioridade tecnológica) levará sempre à preferência pela tecnologia estrangeira, inviabilizando qualquer processo de desenvolvimento tecnológico nacional.

O caso do processo de obtenção do etanol a partir do etanol pode ser novamente utilizado para salientar esse aspecto, uma vez que a decisão por sua utilização industrial foi difícil devido à concorrência de firmas estrangeiras, de grande renome tecnológico e que ofereciam processos alternativos. No caso em apreço, apesar do processo nacional apresentar amplas vantagens sobre o estrangeiro, por pouco a decisão não foi pela solução alienígena, devido a diferença de tradição tecnológica entre as duas fontes de tecnologia.

É preciso, portanto, se entender bem o processo de aprendizado tecnológico nos países em desenvolvimento para que possam ser tomadas medidas para favorecer seu crescimento e participação no desenvolvimento global do país.

Embora não exista, obrigatoriamente, uma relação direta e sequencial entre o conhecimento científico e o tecnológico, o processo que prevalece nos países desenvolvidos e que muitos aceitam como normal na introdução de inovações técnicas na economia, se inicia pela pesquisa científica fundamental que gera novos conhecimentos para a humanidade. A partir da

disponibilidade desses conhecimentos, é que são feitos estudos de pesquisa básica dirigida, ainda de caráter fundamental, porém já preocupada com possíveis aplicações práticas e, posteriormente, a pesquisa aplicada ou industrial, quando se procura usar os conhecimentos básicos já gerados, aplicando-os na solução de problemas práticos. A motivação, como vimos, é o desenvolvimento de novos processos ou novos produtos por razões comerciais. A seguir, vêm as atividades de engenharia de processo ou de produto, a construção e operação da primeira unidade industrial e a comercialização do produto, configurando a inovação "absoluta".

Já nos países de industrialização tardia, atualmente chamados **NIC (new industrialized countries)**, o processo de desenvolvimento tecnológico tem seguido caminhos bem diferentes. Conforme analisado no presente estudo, nesses países, o marco inicial para o avanço tecnológico tem sido a tecnologia importada, desenvolvida em outros países. O passo seguinte é o domínio dessa tecnologia a nível operacional, permitindo o início do processo de aprendizado pela operação **learning by doing**. Essa fase poderá ter longa duração se concomitantemente não forem começadas atividades de engenharia de processo ou de produto, inicialmente com vistas ao acompanhamento operacional e, a seguir, visando pequenos projetos de adaptação.

Por outro lado, a realização de atividades de pesquisa aplicada em unidades experimentais de pequeno porte (bancada e piloto) permitirá o desempacotamento da tecnologia importada, acelerando o processo de **learning by doing**.

A fase seguinte é a da cópia da tecnologia importada, possível pelo desempacotamento desenvolvido na etapa anterior. Nessa fase é fundamental a existência da atividade de engenharia básica, porém seu alcance ficará limitado se não houver participação da pesquisa, uma vez que as cópias se restringirão a indústrias do mesmo porte da original.

O trabalho conjunto da pesquisa e engenharia básica, com o **feed-back** das unidades industriais permitirá a passagem para uma fase mais elaborada do processo que é a da adaptação ou modificação da tecnologia importada para fins diferentes do seu projeto original, de forma a atender novas condições de mercado e/ou matéria-prima. É essa a fase das inovações "secundárias" descrita no presente estudo.

Como corolário de todo o processo, passa-se a fase seguinte, que é a da criação de novas tecnologias, ou seja, da inovação "absoluta", quando o efeito multiplicador do conhecimento tecnológico, adquirido pelo processo de aprendizado visto, permite o surgimento de novas concepções tecnológicas. Evidentemente, nesse estágio, o papel mais importante é o da pesquisa tecnológica, porém ela não prescinde da atuação da engenharia básica de processo ou produto.

Ao longo de todo esse processo, permeia uma atividade contínua de capacitação técnica, como pode ser verificado. Essa atividade, ao início restrita ao campo operacional, cresce em amplitude e profundidade, à medida que são iniciados os trabalhos de engenharia de processamento (acompanhamento da operação), engenharia básica e pesquisa tecnológica.

Deriva, daí, uma das grandes dificuldades para a administração da pesquisa em países menos desenvolvidos, pois ao mesmo tempo que devem ser desenvolvidas pesquisas sobre processos já existentes, há que se acompanhar a vanguarda tecnológica mundial naquele campo de atuação.

É importante se salientar que, no caso em estudo, foram usados todos os recursos para a formação técnica dos quadros de projetistas e pesquisadores, incluindo a vinda de técnicos e professores estrangeiros para consultoria e cursos, até programas de transferência real de tecnologia, com abertura do pacote tecnológico no caso da engenharia básica. Atualmente, tal processo de aprendizado está sendo negociado para a área de pesquisa de catalisadores. Para que seja possível usar tal recurso, no entanto, é condição indispensável a pré-existência de capacitação técnica na área, sem o que não se conseguirá êxito no processo de transferência.

Outro aspecto importante a respeito desse processo de desenvolvimento tecnológico, é que ele, como visto, depende fortemente da experiência industrial e, nos seus primeiros estágios, prescinde da geração de conhecimentos científicos ou básicos que só se tornam mais importantes no último estágio e, em parte, no penúltimo. Essa é a causa, a nosso ver, da dificuldade que se encontra, nesses países, para a maior participação da universidade no processo de desenvolvimento tecnológico, enquanto que nos países desenvolvidos, tal participação é condição **sine qua non** para realização do processo. Como a maioria dos países em desenvolvimento ainda não chegou, ou apenas inicia os últimos estágios de aprendizado tecnológico, relacionados com a maior utilização dos conhecimentos básicos e científicos, existe muito debate e perplexidades com a pouca participação da universidade nesse processo. Recente estudo realizado para avaliar a colaboração da universidade (programas de pós-graduação em engenharia) no desenvolvimento tecnológico da indústria brasileira, mostra que, apesar das intenções declaradas, essa participação tem sido muito pequena, em área afim com a relatada no presente trabalho (Pereira, 1981).

Portanto, para poder integrar a Universidade nesse processo, é necessário que se conheça o seu estágio de desenvolvimento, para que se possa adequar, devidamente, essa participação às necessidades. Por outro lado, como já foi visto, há que se criar condições para existência da demanda de tecnologia nacional, sem o que continuar-se-á a gerar conhecimento de prateleira, ou seja, sem uso.

Para ilustrar essa análise sobre o modelo de aprendizado tecnológico, apresentamos na Figura 1 um quadro simplificado desse modelo para o caso da refinação de petróleo no Brasil.

O processo, como vimos, se inicia com a importação de tecnologia e evolui, ao longo do tempo, através dos seus diversos estágios até chegarmos à exportação da tecnologia importada e adaptada ou de novas concepções tecnológicas a que chegamos, graças ao processo de amadurecimento técnico atingido ao final do processo. No caso da refinação de petróleo já atingimos esse estágio e já estamos exportando esses dois tipos de tecnologia.

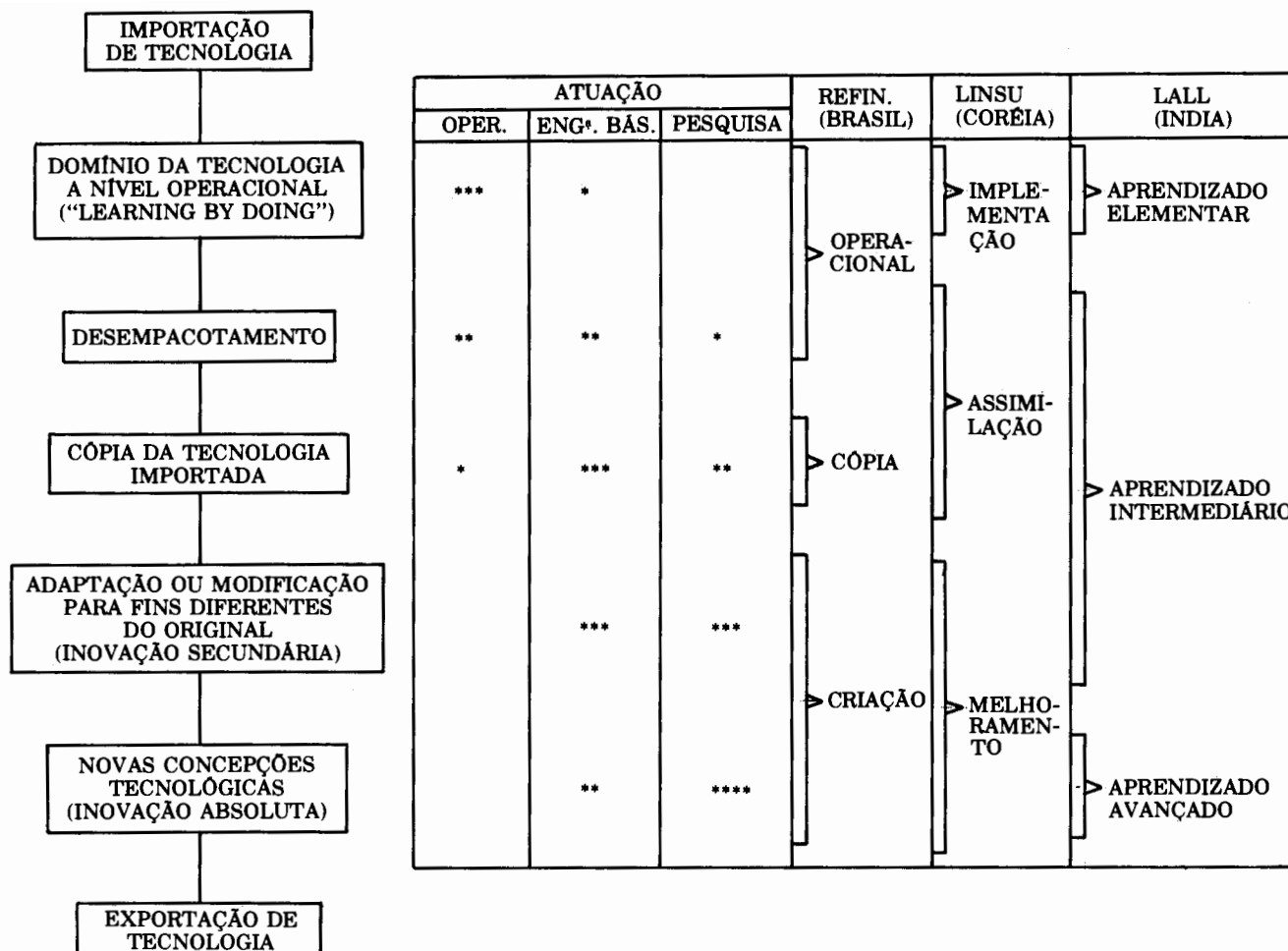


Figura 1

**MODELO DO PROCESSO DE APRENDIZADO TECNOLÓGICO NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO**

Com o objetivo didático de sintetizar o papel dos três atores desse processo, apresentamos a participação de cada um nas diversas etapas de forma simplificada e sem a intenção de cobrir todas as possibilidades de ocorrência do aprendizado tecnológico.

Como foi visto, a área operacional tem participação ativa e importante nas primeiras etapas do processo, decrescendo sua atuação à medida que este evolui. Já com a atividade de pesquisa ocorre o contrário, ou seja, sua participação é pequena ao início, crescendo à medida que o processo tende ao seu aprofundamento. A atividade de Engenharia Básica se desenvolve ao longo de todo o processo predominando sua importância nas fases intermediárias do processo. Há, portanto, um entrelaçamento, de forma seqüencial, das atividades dos três agentes, todas importantes e indispensáveis à concretização do processo como um todo.

Por esse motivo, no nosso modelo, agrupamos as diversas etapas em três, de forma a salientar a predominância de cada agente no processo de aprendizado:

- aprendizado operacional - área de operação
- aprendizado por cópia - Engenharia Básica
- aprendizado por criação - Pesquisa

A figura 1 apresenta ainda, para comparação,

dois modelos existentes na literatura analisando o processo de aprendizado tecnológico em outros países em desenvolvimento.

Kim Linsu (1980) que estudou o assunto para a Coréia, concluiu que o processo de desenvolvimento industrial pode ser modelado em três estágios: implementação, assimilação e melhoramento. Segundo ele, a participação de uma instituição de pesquisa é importante ao longo de todo o processo, pois executa funções de consultoria no estágio de implementação, de desenvolvimento adaptativo, no de assimilação e, finalmente, de pesquisa e desenvolvimento no estágio de melhoramento.

Semelhantemente, Sanjaya Lall (1980) analisa a situação na Índia, concluindo que os países em desenvolvimento são, claramente, imitadores e adaptadores de tecnologia e não grandes inovadores. O processo de aprendizado é classificado em três níveis: elementar, com o aprendizado por operação e pequenas adaptações; intermediário, representando a cópia e o aperfeiçoamento de processo e produtos e avançado, compreendendo os projetos integrados e a inovação.

Observa-se que os três modelos são equivalentes na sua base, e que os resultados que encontramos para o caso da refinação de petróleo no Brasil são encontráveis em outros países e em diferentes setores

industriais. Pode-se, pois, admitir ser esse modelo de aprendizado tecnológico válido para os países em desenvolvimento em geral.

Finalmente, achamos conveniente registrar a coincidência dos resultados encontrados no presente trabalho com os de Fleury (1984) que estudou o assunto recentemente, em empresas do estado de S. Paulo. Enquanto nossas conclusões baseiam-se em observações pessoais feitas ao longo de nossa vida profissional e voltadas para a análise de uma área de atuação de uma grande empresa estatal, as daquele autor refe-

rem-se a pesquisas objetivas realizadas em pequenas e médias empresas da área privada, em condições, portanto, bastante diversas do nosso estudo.

As conclusões no entanto, no que se refere às diversas etapas do processo e quanto ao papel dos principais agentes, são bastante semelhantes reforçando a idéia de um fenômeno geral, independente do tamanho da empresa, da área de atividade industrial e, até, da sua natureza econômica, dependendo somente do estágio de desenvolvimento tecnológico do país em que ela se situa.

## BIBLIOGRAFIA

- COSTA, Sergio T. & LEITÃO, Dorodame M.** - Uma inovação tecnológica num centro de P & D de país em desenvolvimento, *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, 27(3), jul-set/1984.
- FANTINE, José** - PETROBRÁS estabelece plano de otimização no seu parque de refino, entrevista à revista *Petro e Química*, junho/1982.
- FERREIRA, J. Pelucio** - *Ciência e Tecnologia nos países em desenvolvimento: a experiência do Brasil*, palestra pronunciada na Maison des Sciences de L'Homme, Paris, abril/1983.
- FLEURY, Afonso C.** - Gestão de tecnologia e organização da engenharia na empresa industrial brasileira. *Anais do IX Simpósio Nacional de Pesquisa de Administração em Ciência e Tecnologia*, FEA-USP, 22/24.10.84.
- FONSECA, Marcio G. & MARTINS, Norberto A.** - Adaptação das atuais instalações de refino à estrutura de consumo de derivados de petróleo, *I Congresso Brasileiro de Petróleo*, Rio de Janeiro, 1978.
- KIM, Linsu** - Stages of development of industrial technology in a developing country: a model *Research Policy*, 9:254-277, 1980.
- LALL, Sanjaya** - Developing countries as exporters of industrial technology *Research Policy*, 9:24-52, 1980.
- LEITÃO, Dorodame M. & SANTOS, Marcos L.** - O papel da pesquisa tecnológica no desenvolvimento de fontes de energia complementares ao petróleo, *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, 22(4):301-308 out-dez/1979.
- LEITÃO, Dorodame M.** - Atividades de pesquisa da DITER face ao planejamento da PETROBRÁS para o período 1980/1985, *Relatório Interno*, PETROBRÁS-CENPES-DITER, 1979.
- LEITÃO, Dorodame M.** - Imagens do CENPES. *Relatório Interno*, PETROBRÁS-CENPES-DITER, 1980.
- LEITÃO, Dorodame M.** - Dez anos de pesquisa tecnológica sobre processos, *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, 27(1):50-73, jan-mar/1984.
- MOGGI, Antonio S.** - *A inovação tecnológica numa empresa estatal integrada*. Palestra no PLANFAP/MME, 1972.
- NEIVA, Jucy** - Conheça o petróleo e outras fontes de energia. Rio de Janeiro. Ao Livro Técnico, 4ª ed., 1983.
- NELSON, W.L.** - Petroleum refinery engineering, 3ª ed. - New York, McGraw-Hill, 1949.
- PAULINYI, Erno I.** - Os estágios tecnológicos da empresa, *Revista Brasileira de Tecnologia*, 15(1):53, jan-fev/1984.
- PEREIRA, Maria de Nazaré F.** - Geração, comunicação e absorção de conhecimento científico-tecnológico em sociedade dependente; um estudo de caso: o programa de engenharia química-COPPE/UFRJ-1963-1979, *Ciência da Informação*, 10(2):9-25, 1981.
- PERRONI, Otto V.** - Refinação de petróleo no Brasil, *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, fev/1964, p. 83-90.
- PORTINHO, Sergio O. M.** - Engenharia básica nas áreas de refinação e petroquímica, *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, 27(1):74-78, jan-mar/1984.
- SANTOS, Orfila L.** - *A engenharia básica na PETROBRÁS*. Palestra no Conselho Regional de Química, 18-06-79.
- SOUZA, José Adolfo J.** - A flexibilidade do refino de petróleo e o impacto da introdução dos combustíveis alternativos, *IV Simpósio Internacional Sobre Tecnologia dos Alcoois como Combustível*, Guarujá, S. Paulo, 5 a 8-10-80.
- VILLELA, Anibal V.** - Notas pessoais. In: *Programas de Treinamento em Administração de Pesquisas Científicas e Tecnológicas (PROTAP)*, Friburgo, 1975.