

# MATURIDADE TECNOLÓGICA E INTENSIDADE EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO: O CASO DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA NO BRASIL

Luís Ricardo Mattos Teixeira Cavalcante\*  
Francisco Lima Cruz Teixeira\*\*

## Introdução

O objetivo deste trabalho é discutir as tendências das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na indústria petroquímica no Brasil, com ênfase nas inflexões decorrentes do processo de reestruturação do setor, iniciado na década de noventa, empregando, para fins de análise, o referencial teórico neo-schumpeteriano. O título do artigo já fornece indicações de que a indústria petroquímica, embora hoje em dia considerada tecnologicamente madura, manteve historicamente elevados níveis de investimentos em atividades de P&D quando comparada à maior parte dos setores econômicos. Além disso, a história da petroquímica confunde-se com a história da sociedade de consumo de massa engendrada ao longo do século XX. É a indústria petroquímica, através da incorporação de inovações tecnológicas, que possibilita a produção em larga escala de bens antes fabricados a partir de outros materiais mais caros, escassos e, por isso mesmo, economicamente inviáveis para o consumo de massa.

A análise das relações das atividades de P&D com a dinâmica dos setores econômicos e das atividades de Ciência e Tecnologia (C&T) com as vantagens competitivas das nações em si não é nova. Adam Smith (1776,

\* Engenheiro Químico, Mestre em Administração pelo NPGA/UFBA. Assessor de Tecnologia do Instituto Euvaldo Lodi - IEL/BA e Professor da UNIFACS

\*\*Professor Adjunto do Núcleo de Pós-graduação em Administração da UFBA, PhD pela Universidade de Sussex, Inglaterra.

p. 41), logo no primeiro capítulo do seu “A Riqueza das Nações”, já fazia menção aos arranjos organizacionais como forma de permitir o aumento da produtividade. Ainda na escola clássica, David Ricardo (1817, p. 71) assinalava que o progresso técnico poderia reverter a tendência da economia em acomodar-se no “estado estacionário”. Contribuições sucessivas ao pensamento destes autores acabaram resultando numa abordagem que privilegia o papel desempenhado pelas inovações na dinâmica capitalista. O principal expoente desta abordagem é o economista austríaco Joseph Alois Schumpeter, a cujas formulações foram somadas contribuições posteriores, resultando naquilo que hoje se intitula abordagem neo-schumpeteriana.

A ascensão de um novo paradigma produtivo — a aqui denominada “automação integrada flexível” — é possivelmente um dos principais fatores responsáveis pelo resgate das idéias de Schumpeter, uma vez que o caráter cíclico do capitalismo e sua estreita vinculação com o surgimento de novas tecnologias já eram discutidos desde o seu “Capitalismo, Socialismo e Democracia”, editado pela primeira vez em 1942. Neste mesmo momento, Schumpeter já assinalava que eram os grandes conglomerados — e não as firmas que operavam próximo daquilo que convencionou-se denominar “concorrência perfeita” — os principais responsáveis pela introdução das inovações, antecipando a questão do porte empresarial e da massa crítica requeridos para executar atividades de P&D. Este critério, conforme se verá adiante, está perfeitamente sintonizado com a dinâmica da indústria petroquímica, cujas empresas mais bem colocadas no mercado tendem a ser mega-empresas.

No período recente, em paralelo à ascensão da tecnologia microeletrônica como instrumento que permite maior eficiência e flexibilidade aos processos produtivos e estreitamente vinculado a esse fenômeno, desenrola-se um processo de globalização financeira e internacionalização da produção, com enormes efeitos sobre as estratégias empresariais em todos os setores econômicos<sup>1</sup>. Este contexto trará, evidentemente, conseqüências sobre o gerenciamento das atividades de P&D<sup>2</sup>, que passam a estar mais integradas à estratégia da empresa, daí resultando uma ênfase crescente nas atividades de desenvolvimento experimental. Por outro lado, no que se refere às atividades de pesquisa básica e pesquisa aplicada, verifica-se uma tendência crescente a que sejam executadas por alianças tecnológicas e *joint ventures*, além, é claro, de universidades e centros de pesquisa (Shanley, et al, 1992).

No Brasil, após um conjunto de sinais de esgotamento do modelo de industrialização por substituição de importações adotado no país até a década de oitenta, adotou-se uma estratégia de integração competitiva, cujos efeitos imediatos foram a exposição da indústria brasileira à concorrência externa através da queda das barreiras alfandegárias. Embora as assimetrias setoriais não sejam pequenas, pode-se afirmar que as reações foram defensivas num primeiro momento (através da redução de custos de produção), tendo havido, ainda, uma razoável renovação do parque de máquinas, identificada através de dados de importação de bens de capital. Embora as transformações mencionadas contribuam para um aumento da competitividade da indústria no país, não parece haver dúvidas que, a médio e longo prazos, a inserção da indústria brasileira no mercado globalizado está associada a um vigoroso e articulado esforço de capacitação tecnológica, sobretudo naqueles setores cujos produtos apresentem maior valor agregado. Não se trata apenas de aumentar o percentual do PIB investido em C&T, mas também de fazê-lo acoplado a uma estratégia de estímulo à produção tecnológica voltada para o aumento da competitividade. Neste sentido, compreender os fatores associados à produção tecnológica no âmbito da firma reveste-se de grande importância, uma vez que permite a adoção de estratégias calcadas em visões de longo alcance.

A indústria petroquímica, cujas principais características são a intensidade em capital e em tecnologia, não apenas por sua grande importância na composição do PIB industrial do país, mas também por ter sido aquela que sentiu os efeitos dos movimentos de abertura comercial, desregulamentação econômica e privatização mais cedo e de maneira mais intensa, revela-se um excelente objeto de estudo nesta matéria. O novo cenário que se descortinou para a economia brasileira ao longo dos anos noventa acabou provocando, num primeiro momento, um quadro de recessão interna, que coincidiu, em virtude do caráter cíclico desta indústria, com um panorama externo caracterizado pela super oferta de produtos petroquímicos no mercado mundial<sup>3</sup>. Este quadro acabou colocando a indústria petroquímica brasileira na vanguarda do processo de reestruturação que se constitui em alternativa inexorável para as empresas instaladas no país.

Naturalmente, um dos focos da reestruturação pela qual passa o setor são as atividades de P&D. Assim, mais uma vez a indústria petroquímica revela-se um objeto de estudo promissor. Pode-se inclusive afirmar que,

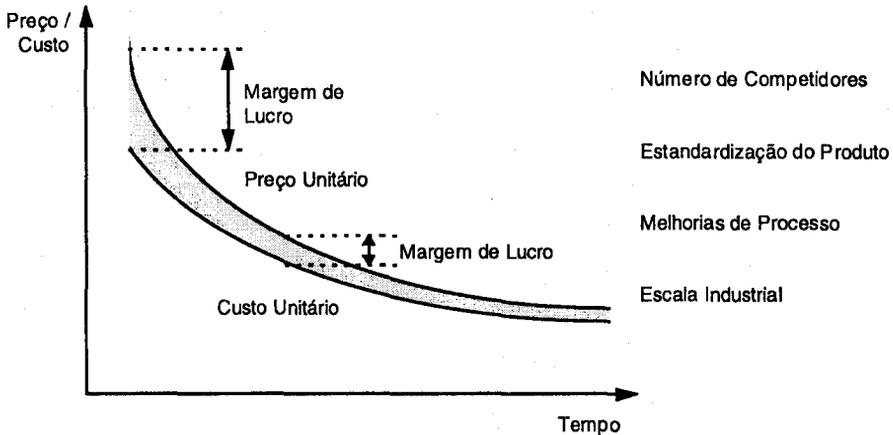
guardadas as assimetrias setoriais do ponto de vista tecnológico, os movimentos observados no setor petroquímico podem ser indicativos de tendências de outros segmentos industriais. Além disso, a indústria petroquímica apresenta uma trajetória histórica que a torna referência para o estudo de setores ainda não tão maduros do ponto de vista tecnológico.

## A Natureza das Inovações na Indústria Petroquímica

Até a década de sessenta, a dinâmica da inovação na indústria petroquímica, no panorama internacional, foi marcada por um processo de "destruição criadora" de forte caráter schumpeteriano. Assim, até aquele momento, eram freqüentes as inovações de produto que podiam ser facilmente identificadas como inovações primárias ou radicais<sup>4</sup>. Neste sentido, o detentor da tecnologia usufruía de sua exclusividade e procurava atingir os maiores lucros monopolísticos possíveis. Esta é a principal característica do período inicial de aparecimento de um novo produto: altas taxas de retorno logo após a inovação primária. Concomitantemente, surgiam as inovações de processo, geralmente de caráter mais secundário e associadas à inovação primária de produto. A despeito das barreiras à entrada erguidas pelo detentor da nova tecnologia, novos entrantes geralmente conseguiam acessá-la, seja pela via de licenciamento, seja através da imitação. Com a difusão da tecnologia, a tendência passa a ser de queda dos preços e margens de lucros, conforme ilustra a Figura 1. O produto tende a migrar do *status* de especialidade para o de *commodity*. Neste momento, a tecnologia, até então a principal barreira à entrada de novos concorrentes, vai cedendo lugar à escala de produção, que tende a aumentar e dificultar o ingresso de novas empresas.

Assim, logo após a introdução do produto no mercado, é o número de competidores — geralmente reduzido — que determina os preços e as margens de lucro (ver Figura 1). À medida que a tecnologia de produção se difunde, novos entrantes provocam a redução de preços e margens de lucro, ainda que as inovações incrementais consigam reduzir os custos de produção. São as fases de standardização do produto e melhorias de processos. Por fim, será a escala de produção que garantirá ao produto, já com o *status* de *commodity*, sua inserção no mercado, a preços e margens de lucro reduzidos.

Figura 1: Preços, Custos e Margens de Lucro

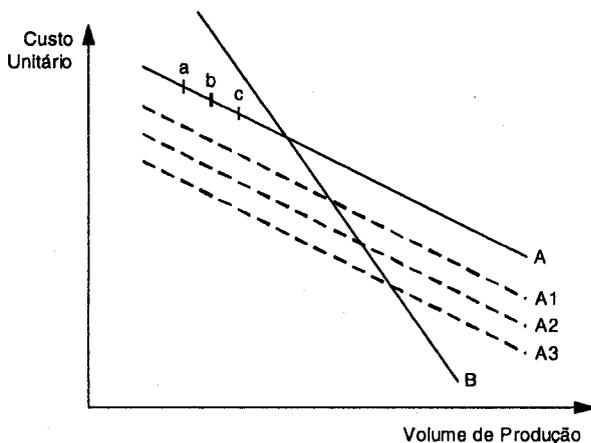


Fonte: Stobaugh (1988, p. 68).

A literatura tradicional costuma afirmar que os produtos da indústria petroquímica nascem especialidades e amadurecem tendendo a tornarem-se *commodities*. Os movimentos recentes dos padrões de comércio exterior, entretanto, vêm forçando a diferenciação de produtos. Assim, assiste-se a um movimento contrário, em alguma medida: é a *descommoditização* de produtos, como ferramenta para sua inserção em mercados cada vez mais competitivos. É importante destacar que o processo de *descommoditização* envolve não apenas o ajuste de características físico-químicas do produto, de modo a diferenciá-lo dos seus concorrentes, mas também um vigoroso esforço nas áreas de *marketing*, assistência técnica e atendimento ao cliente.

As inovações incrementais podem ter naturezas distintas conforme o processo que lhes deu origem. A este respeito, é bastante elucidativa a análise apresentada por Landau e Rosenberg (1994), baseada na Figura 2, na página seguinte.

Figura 2: Curvas de Aprendizado na Inovação



Fonte: Landau e Rosenberg (1994).

Dado um determinado processo produtivo, que é vinculado a um determinado padrão tecnológico (curva A), consegue-se um custo de produção correspondente a uma certa escala (ponto a, sobre a curva A). Pequenos ganhos de produtividade (aumento no volume de produção e redução de custos unitários) podem ser obtidos através de um processo contínuo de aprendizado (pontos b e c sobre a curva A). Estes pontos correspondem aos processos de aprendizado adquiridos através da operação da unidade (“*learning by doing*”) e não estão necessariamente associados a investimentos em pesquisa, mas tão somente à capacitação de pessoal e a pequenos *desgargalamentos*<sup>5</sup> conduzidos pelo próprio *staff* da unidade. No caso de uma unidade petroquímica, movimentos desta natureza são comuns, sobretudo considerando que o projeto original da planta tem margens de segurança que somente após a sua entrada em operação começam a ser aproveitadas. Ocorre que incertezas diversas acabam implicando o *overdesign* dos equipamentos, mesmo no caso de tecnologias maduras. Variações climáticas, qualidade da matéria-prima, qualidade das utilidades disponíveis e mesmo simplesmente o desconhecimento teórico do compor-

tamento físico-químico de determinadas substâncias<sup>6</sup> naturalmente conduzem a projetos superdimensionados. Ao observar-se a documentação de projeto de uma unidade petroquímica, nota-se que os equipamentos são dimensionados para uma condição de projeto mais crítica do que a condição de operação correspondente à capacidade nominal da unidade. Com a entrada em funcionamento da planta, o quadro de engenheiros de processo, à medida que adquire conhecimentos mais sólidos sobre as incertezas da época do projeto, começa a utilizar-se das folgas nos equipamentos para obter aumentos do volume de produção e reduções de custos. Por esta razão, não é surpreendente que a maior parte das unidades petroquímicas opere com capacidades superiores à sua capacidade nominal pouco tempo após a partida da unidade, embora a magnitude dos aumentos de capacidade obtidos dependa de um conjunto de fatores relacionados com o esforço tecnológico da empresa.

Ainda no âmbito das inovações secundárias, mas já envolvendo um maior esforço de pesquisa, encontram-se os melhoramentos contínuos e menores que são feitos quando da implementação de novas unidades (Curvas A1, A2 e A3)<sup>7</sup>. Trata-se, basicamente, de incorporar às novas plantas construídas características que levem em consideração o aprendizado e o esforço de pesquisa empreendido durante a operação de uma unidade preexistente. Estes novos projetos conseguem maiores volumes de produção a custos inferiores aos originais e estão, em grande medida, associados aos processos de "*learning by using*".

Por último, e já se referindo a inovações primárias ou radicais, a Curva B descreve a introdução de novos produtos ou processos que revolucionam o mercado. Na verdade, estas novas tecnologias interrompem os processos de aprendizagem, na medida em que inserem inovações primárias que demandam o início de um novo processo de aprendizado.

## A Questão do Porte Empresarial e a Capacidade de Inovar

Stobaugh (1988, p. 60) afirma que há evidências empíricas de que as grandes empresas do setor petroquímico apresentam vantagens sobre as menores no processo de geração de inovações de produto. O mesmo autor

(Stobaugh, 1988, p. 58) apresenta um conjunto de vantagens que os grandes conglomerados teriam em relação às pequenas firmas para produzir inovações:

- O porte empresarial, que permite a diluição do risco associado à atividade de pesquisa;
- Melhor reputação para introduzir produtos no mercado;
- Maior disponibilidade de recursos necessárias para investir no “*scale-up*” das unidades;
- Maiores possibilidades de internalizar seus departamentos de P&D, melhorando a comunicação interna.

Além de obterem economias de escala nos investimentos em P&D, grandes conglomerados podem também obter economias de escopo nestas atividades. Considere-se, por exemplo, uma empresa produtora de resinas plásticas, que investe em pesquisa de aditivos que podem ser utilizados em vários produtos da sua linha, com pequenas modificações.

No que diz respeito às inovações de processo, Stobaugh (1988, p. 61) demonstra que a capacidade de introduzi-las não depende tão intensamente do tamanho da firma. Com a difusão das tecnologias de produto, e a queda das margens de lucros (ver Figura 1), os grandes conglomerados tendem a comercializar ou licenciar aquela tecnologia. Empresas que empregam tecnologias maduras de fato estão longe de auferir lucros de monopólio, mas as exigências de investimentos em P&D são menores quando comparadas às das empresas líderes. Em geral, estas empresas tendem a enfatizar as atividades de desenvolvimento de produtos, otimizações de processo e desgargalamentos da planta, conforme assinalam Teixeira e Dahab (1993).

## A Transferência Tecnológica

No Brasil, a implantação da indústria petroquímica resultou de uma política de industrialização por substituição de importações, com intensa regulação do Estado, seja como investidor direto, seja através da geração da infra-estrutura requerida. Em linhas gerais, o modelo tripartite adotado

na implantação desta indústria no país<sup>8</sup> previa que o aporte de capital do sócio estrangeiro dar-se-ia essencialmente através do fornecimento da tecnologia.

De uma forma geral, as tecnologias licenciadas, embora não obsoletas, já podiam ser consideradas razoavelmente maduras. A este respeito, é bastante elucidativa a Tabela 1, que indica, para nove produtos petroquímicos, os intervalos (medidos em anos) entre o início da produção em escala mundial e o início da produção nos Estados Unidos, Alemanha, Japão e Brasil, aqui denominados intervalos de imitação<sup>9</sup>:

Tabela 1: Intervalos de Imitação para Nove Produtos Petroquímicos

	Ano da Descoberta do Produto	Início da Produção Comercial	Intervalo de Imitação			
			Estados Unidos	Alemanha	Japão	Brasil
Mono Cloreto de Vinila	1835	1927	2	0	12	27
Metanol Sintético	1661	1923	3	0	10	36
Estireno Monômero	1786	1931	4	0	28	26
Fenol Sintético	1834	1907	7	0	8	53
Cicloexano	1893	1942	0	28	14	24
Acrlonitrila	1850	1933	7	0	21	46
Orto-xileno	1850	1945	0	18	15	27*
Para-xileno	1850	1949	0	13	10	29
Isopreno	1860	1944	0	n.d.	28	45

\* Considerou-se o ano do início das operações da Petroquímica União.

Fonte: Stobaugh (1988, p. 15-17, 96-97 e 113), dados até 1974. Pesquisa direta para dados a partir de 1975.

A primeira conclusão à qual se pode chegar examinando a Tabela 1 é que, conforme a expectativa inicial, os intervalos de imitação dos países líderes no setor petroquímico são bastante baixos. Por outro lado, os intervalos de imitação no Brasil oscilam, para os produtos considerados, entre 24 e 53 anos, sendo o valor médio de cerca de 35 anos. Estes dados permitem concluir, sem sombra de dúvida, que as tecnologias trazidas pelos sócios estrangeiros para o país já eram razoavelmente maduras do ponto de vista do produto<sup>10</sup>.

na implantação desta indústria no país<sup>8</sup> previa que o aporte de capital do sócio estrangeiro dar-se-ia essencialmente através do fornecimento da tecnologia.

De uma forma geral, as tecnologias licenciadas, embora não obsoletas, já podiam ser consideradas razoavelmente maduras. A este respeito, é bastante elucidativa a Tabela 1, que indica, para nove produtos petroquímicos, os intervalos (medidos em anos) entre o início da produção em escala mundial e o início da produção nos Estados Unidos, Alemanha, Japão e Brasil, aqui denominados intervalos de imitação<sup>9</sup>:

Tabela 1: Intervalos de Imitação para Nove Produtos Petroquímicos

	Ano da Descoberta do Produto	Início da Produção Comercial	Intervalo de Imitação			
			Estados Unidos	Alemanha	Japão	Brasil
Mono Cloreto de Vinila	1835	1927	2	0	12	27
Metanol Sintético	1661	1923	3	0	10	36
Estireno Monômero	1786	1931	4	0	28	26
Fenol Sintético	1834	1907	7	0	8	53
Cicloexano	1893	1942	0	28	14	24
Acrilonitrila	1850	1933	7	0	21	46
Orto-xileno	1850	1945	0	18	15	27*
Para-xileno	1850	1949	0	13	10	29
Isopreno	1860	1944	0	n.d.	28	45

\* Considerou-se o ano do início das operações da Petroquímica União.

Fonte: Stobaugh (1988, p. 15-17, 96-97 e 113), dados até 1974. Pesquisa direta para dados a partir de 1975.

A primeira conclusão à qual se pode chegar examinando a Tabela 1 é que, conforme a expectativa inicial, os intervalos de imitação dos países líderes no setor petroquímico são bastante baixos. Por outro lado, os intervalos de imitação no Brasil oscilam, para os produtos considerados, entre 24 e 53 anos, sendo o valor médio de cerca de 35 anos. Estes dados permitem concluir, sem sombra de dúvida, que as tecnologias trazidas pelos sócios estrangeiros para o país já eram razoavelmente maduras do ponto de vista do produto<sup>10</sup>.

Assim, a posição da tecnologia no ciclo de vida do produto e a existência de um certo número de tecnologias de processo concorrentes contribuíram para viabilizar a implantação do modelo tripartite no Brasil. Tratava-se, neste caso, de um ambiente favorável às negociações: havia poucos ofertantes, e relativamente poucos compradores, e os dois lados pareciam bastante dispostos ao negócio. Adicionalmente, o interesse demonstrado pelo Japão em transferir tecnologia para o Brasil, admitindo não deter o controle acionário da empresa (condição originalmente imposta por parceiros americanos e europeus), aumentou o poder de barganha do Brasil no processo de negociação e contribuiu para viabilizar o modelo proposto.

É interessante chamar a atenção para o fato de que o interesse dos sócios estrangeiros em participar da implantação da indústria petroquímica no país era, em grande medida, ditado pela intenção de atingir um mercado com um enorme potencial, baixo consumo *per capita* de produtos petroquímicos, extremamente fechado e regulamentado, e de obter acesso a matérias-primas que dificilmente estariam disponíveis para firmas estrangeiras em condições normais. Isso quer dizer que as corporações que se instalaram no país não o fizeram com o objetivo de desenvolver tecnologia no Brasil, mas sim por interesses ditados pela necessidade de acesso a mercados e matérias-primas. As poucas unidades cujo projeto original já previa unidades piloto assim faziam em função da imperiosa necessidade para o funcionamento do processo ou por pressão dos sócios nacionais, conforme aponta Teixeira (1985) e indicam algumas das entrevistas feitas durante a elaboração deste trabalho.

## O Aprendizado Tecnológico

A despeito do fato de não ter sido gerado no país um núcleo endógeno de inovação tecnológica, é recorrente na literatura sobre o tema a afirmação de que a indústria petroquímica instalada no país conseguiu absorver as tecnologias licenciadas. Teixeira (1985, p. 283) associa o processo de desenvolvimento tecnológico da indústria petroquímica no Brasil a quatro conjuntos de variáveis:

- O contexto político e as políticas macroeconômicas;
- As políticas industrial e tecnológica e os arranjos institucionais;
- Os arranjos de formação de capital e financiamento dos projetos de investimentos;
- Os processos de aprendizado ao nível da firma.

O processo de aprendizado na petroquímica brasileira apresentou as seguintes características básicas:

- a capacidade de assimilação apresentou grandes assimetrias de empresa para empresa, de acordo com seus níveis de investimentos em pesquisa e engenharia e com as limitações impostas pelos contratos de transferência tecnológica<sup>11</sup>;

- ainda que tenha permitido os aumentos de capacidade mencionados, o processo de aprendizado tecnológico permaneceu, na maioria dos casos, circunscrito a inovações incrementais, não tendo sido gerada uma competência local para o desenvolvimento autônomo de processos inteiramente novos. Isso não impediu que, conforme assinala Rocha (1984), o processo de aprendizado conduzido numa planta de polipropileno no Brasil tenha permitido a introdução de inovações secundárias que o detentor da tecnologia não teria sido capaz de incorporar ao seu processo;

- embora se trate de um processo interno às empresas, é inegável o papel exercido pela Petroquisa como agente de estímulo às atividades de P&D na indústria petroquímica no Brasil até a década de oitenta;

- por se tratar de um processo que não apresentava uma vinculação clara com a obtenção de competitividade pelas empresas, e ainda em função do padrão internacional de gerenciamento das atividades de P&D vigente, o processo de assimilação tecnológica, apesar de bem-sucedido, ressentiu-se de uma dimensão estratégica até o início da década de noventa. Isto explica o elevado número de projetos iniciados e logo depois aban-

donados, envolvendo desperdícios de recursos aparentemente superiores àqueles que poderiam ser considerados aceitáveis numa atividade que é intrinsecamente arriscada;

- o processo de aprendizado tecnológico apresentou um elevado grau de informalidade. Isso quer dizer que grande parte do conhecimento acumulado foi estocado no corpo técnico das empresas, tendo havido perda de competências durante o período de desmonte dos departamentos de P&D, iniciado na década de noventa. Este movimento caracteriza um processo aqui denominado de *desaprendizado*, que será descrito em detalhes mais adiante.

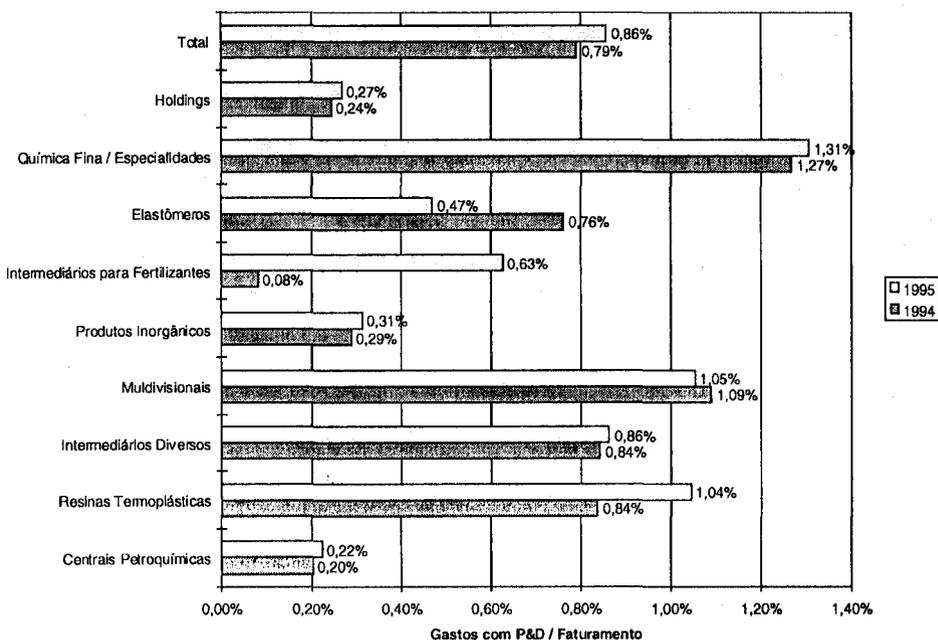
## O Montante dos Investimentos em P&D

Os investimentos em P&D efetuados pelas unidades petroquímicas instaladas no Brasil situam-se, em geral, em níveis inferiores àqueles praticados pelas empresas líderes mundiais. Mesmo a Petroquisa, que até a década de oitenta exerceu um papel indutor das atividades de P&D nas unidades em que detinha poder acionário, investiu, em 1985, apenas 0,32% do seu faturamento em P&D (correspondentes a US\$ 13 milhões). Embora este valor tenha se elevado para US\$ 53 milhões em 1989, correspondentes a um percentual de 0,86% do faturamento bruto da companhia, ainda é bastante reduzido, mesmo quando comparado com os percentuais e, sobretudo, com os valores absolutos praticados por companhias cujas atividades concentram-se na indústria petroquímica.

De acordo com dados do Anuário da Indústria Química Brasileira (1996) publicado pela ABIQUIM, para uma amostra de 139 empresas, os gastos com P&D corresponderam a 0,79% do faturamento líquido, em 1994, e a 0,87%, em 1995. Os números fornecidos, entretanto, referem-se a empresas integrantes do setor químico como um todo. De modo a permitir uma maior segmentação destes dados, optou-se aqui por enquadrar as empresas nas seguintes categorias, utilizadas pela ABIQUIM para análise de balanços: centrais petroquímicas, resinas termoplásticas, intermediários diversos, multidivisionais, produtos inorgânicos, intermediários para fertilizantes, elastômeros, química fina / especialidades, holdings e outros.

Expurgando do universo inicial de 139 empresas aquelas que não informaram seus gastos em P&D no período considerado<sup>12</sup>, chegou-se a uma amostra correspondente a 103 empresas. Os dados foram então agregados por categoria, tendo sido então elaborada a Figura 3, que mostra os gastos com P&D expressos como percentagem do faturamento líquido para as categorias consideradas:

Figura 3: Indústria Química no Brasil:  
Investimentos em P&D



Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponíveis no Anuário da Indústria Química Brasileira (1996).

A despeito dos cuidados que devem ser tomados com os dados individuais considerados para a montagem da Figura 3<sup>13</sup>, seus resultados são bastante coerentes com a expectativa dos gastos com P&D efetuados por

empresas do setor químico instaladas no Brasil. Assim, para a amostra trabalhada, os valores médios de gastos em P&D expressos como percentagem do faturamento líquido situam-se em 0,79% em 1994 e 0,86% em 1995. Estes valores estão coerentes com aqueles divulgados no Anuário da Indústria Química Brasileira (1996), que leva em conta o agregado de todas as empresas que declararam seus gastos com P&D. Quando se consideram as categorias isoladamente, as seguintes conclusões podem ser obtidas<sup>14</sup>:

- a química fina e as especialidades, conforme esperado, realizaram os maiores investimentos em P&D como percentagem do faturamento líquido, correspondentes a 1,27% em 1994 e 1,31% em 1995. As empresas multidivisionais, normalmente ligadas a grandes grupos estrangeiros e com ramificações nos setores farmacêutico, de química fina e de especialidades também apresentaram níveis proporcionalmente elevados de investimentos em P&D (1,09% em 1994 e 1,05% em 1995). Ainda assim, estas duas categorias revelaram níveis de investimentos em P&D muito abaixo daqueles praticados por seus concorrentes externos, num subsetor onde ainda predomina a tecnologia como principal fator de competitividade.

- as empresas fabricantes de produtos químicos inorgânicos realizaram pequenas inversões em P&D, expressas em percentagem do faturamento líquido. Estes valores, que foram de apenas 0,29%, em 1994 e 0,31%, em 1995, estão de acordo com o alto grau de maturidade tecnológica da indústria de químicos inorgânicos, cujos produtos apresentam escassas possibilidades de diferenciação.

- a categoria Resinas Termoplásticas apresentou níveis correspondentes a 0,84% em 1994 e 1,04% em 1995. Embora abaixo daqueles praticados por seus concorrentes externos, a discrepância neste caso pode ser considerada pequena. No âmbito desta categoria, cujos investimentos têm sido direcionados majoritariamente para a diferenciação de produtos, os problemas da indústria petroquímica brasileira parecem advir do porte empresarial, efetivamente muito reduzido quando comparado ao dos concorrentes externos, a despeito dos movimentos recentes de privatização, fusões e aquisições.

- a categoria Elastômeros parece apresentar um quadro semelhante, com ênfase na diferenciação de produtos e potenciais para inovação um pouco mais reduzidos do que em termoplásticos, e com o agravante de que seus níveis de investimentos situam-se mais distantes dos níveis internacionais. Os valores obtidos corresponderam a 0,76% em 1994 e 0,47% em 1995.

- Os Intermediários Diversos, categoria na qual está contemplada grande parte dos produtos petroquímicos de segunda geração, exibiram níveis de investimentos de 0,84% e 0,86% em 1994 e 1995, respectivamente. Em virtude dos diferentes graus de maturidade dos produtos no interior desta categoria, pode-se caracterizá-la como heterogênea do ponto de vista tecnológico;

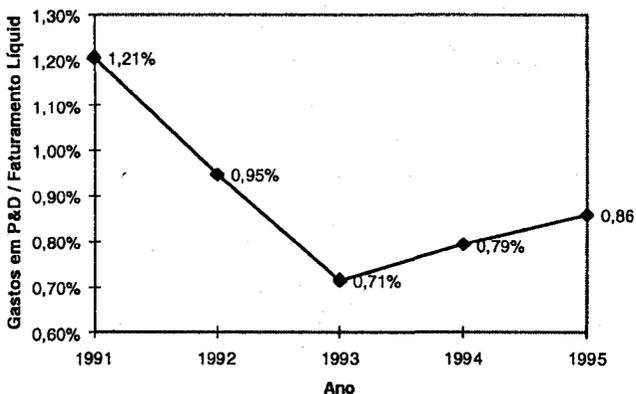
- As Centrais Petroquímicas, produtoras de *commodities* com baixo potencial para inovação, apresentaram níveis bastante baixos de inversões em P&D, correspondentes a 0,20% em 1994 e 0,22% em 1995. Estes investimentos estão, via de regra, associados a melhorias de produtividade, meio ambiente e segurança. Deve-se ter em mente, entretanto, que em termos absolutos estas empresas estão entre aquelas que realizam os maiores investimentos em P&D no país, ficando atrás apenas das empresas multidivisionais. Como se tratam de empresas de grande porte, a relação Gastos em P&D / Faturamento Líquido resulta pequena.

É importante salientar que as categorias trabalhadas utilizam como critério básico o produto final da empresa, que serve de base para tipificar seu comportamento tecnológico. A adoção deste procedimento deveria evidenciar, ao menos teoricamente, grandes assimetrias no interior de uma mesma categoria. Na realidade, em escala mundial, no interior de uma mesma categoria de produtos, e até para o mesmo produto, estratégias tecnológicas bastante diversas são observadas. Entretanto, no Brasil, embora logicamente as empresas apresentem diferenças do ponto de vista de sua estratégia tecnológica no interior de uma mesma categoria, um conjunto de condições sistêmicas e mesmo históricas circunscreve a atividade tecnológica das empresas a determinados níveis. Em outras palavras: enquanto as discrepâncias do comportamento tecnológico no mundo são muito acentuadas, no Brasil elas são limitadas.

## O Processo de Reestruturação e a Estratégia Tecnológica

O processo de reestruturação da indústria petroquímica brasileira encontra-se em andamento e, portanto, suas conseqüências ainda não estão plenamente consolidadas. Entretanto, algumas conclusões já podem ser vislumbradas. Assim, parece ser razoavelmente consensual que o esforço inicial de redução de custos terminou ocasionando a diminuição dos quadros de pessoal e o desmonte da maior parte dos departamentos de P&D das indústrias do setor no Brasil<sup>15</sup>. Uma vez que o processo de aprendizado conduzido nas unidades instaladas no país tinha um forte caráter informal, prescindindo muitas vezes de registros referentes às atividades desenvolvidas e aos resultados obtidos, pode-se concluir que, num primeiro momento, com a urgência do enxugamento do quadro de funcionários, houve um processo de *desaprendizado*, com redução das competências em termos de pessoal nas equipes. A despeito deste fato, e após a inserção inicial, parece predominar hoje a impressão de que está havendo uma recuperação dos esforços de pesquisa. Esta impressão é confirmada pela Figura 4, que mostra os montantes de investimentos efetuados pela indústria química no Brasil entre 1991 e 1995:

Figura 4: Gastos em P&D / Faturamento Líquido - Indústria Química no Brasil (1991 - 1995)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados disponíveis no Anuário da Indústria Química Brasileira (1996, 1995, 1994 e 1993).

Conforme se vê na Figura 4, entre 1991 e 1993 verificou-se uma queda acentuada nos gastos em P&D, expressos como percentagem do faturamento líquido, para o conjunto das empresas do setor químico considerado. Este período corresponde ao início do processo de reestruturação, quando os esforços de redução de custos foram mais acentuados e houve o desmonte das equipes de pesquisa em grande parte das unidades. Com os sinais de recuperação verificados em 1994, observou-se uma recuperação dos níveis de investimentos, que se mantiveram, todavia, ainda bastante inferiores àqueles praticados no início da década. Os focos destas atividades parecem estar localizados nas atividades de diferenciação de produtos (é interessante notar o incremento dos investimentos em P&D da indústria de resinas termoplásticas, que são aquelas que apresentam os maiores potenciais para *descommoditização* de produtos), em operações de aumento de capacidade por meio de melhorias incrementais, na adoção de instrumentos de controle digital e simulação de processos e em melhorias ambientais, através da incorporação de tecnologias mais limpas (Shanley et al., 1992).

Por outro lado, pesquisa realizada para este trabalho deixa claro que, a partir da década de noventa, a atividade de pesquisa passou a ser exercida com maiores níveis de comprometimento com resultados e com maior sintonia com a estratégia global da empresa. Neste sentido, os focos das atividades de P&D passaram a ser definidos pela própria empresa, com reduzida intervenção da Petroquisa, ao contrário do que se observava até o fim da década de oitenta, período caracterizado por uma vigorosa atuação da Petroquisa como irradiador das atividades de P&D praticadas na petroquímica no país<sup>16</sup>.

Em síntese, pode-se afirmar que a indústria petroquímica no Brasil demonstrou uma boa capacidade de assimilação das tecnologias trazidas pelos seus sócios externos através de um bem-sucedido processo de aprendizado tecnológico, embora o país não tenha desenvolvido um núcleo endógeno de inovações tecnológicas. Entre as várias características apontadas para o processo de aprendizado, destaca-se o seu alto grau de informalidade, que, associado ao desmonte das equipes de P&D durante os primeiros anos da década de noventa, terminou desencadeando um processo de *desaprendizado* na indústria petroquímica no Brasil. A partir de 1994, entretanto, começa a ser identificada uma suave recuperação dos

investimentos em P&D, mostrada graficamente na Figura 4. Por outro lado, as equipes de pesquisa que sobreviveram ao processo de reestruturação passaram a atuar de maneira mais ajustada à estratégia da empresa. Esta constatação está relacionada inclusive com a redução do papel da Petroquisa como agente indutor das atividades de P&D na petroquímica no Brasil, a partir do início do seu processo de reestruturação.

## Conclusões

Embora trate-se de um processo ainda longe de estar concluído, é possível afirmar, a partir dos dados apresentados ao longo deste artigo, que os efeitos do movimento de reestruturação produtiva sobre as atividades de P&D na indústria petroquímica no Brasil foram essencialmente os seguintes:

- o processo de reestruturação, em função da política de contenção de custos a ele associada, motivou, num primeiro momento, o desmonte das equipes de pesquisa de grande parte das empresas, desencadeando um processo aqui referido como *desaprendizado*. Somente a partir de 1994 os investimentos em P&D apresentaram sinais de recuperação;

- as equipes de pesquisa que sobreviveram ao processo de reestruturação passaram a atuar de maneira mais ajustada à estratégia da empresa.

Desta forma, o processo de reestruturação provocou, num primeiro momento (período 1990 - 1993), um movimento de reduções de custo com reflexos sobre o montante de investimentos em P&D, sobretudo no que diz respeito às equipes técnicas. O desmonte das equipes de pesquisa foi uma consequência direta da forma como eram predominantemente vistas as atividades de P&D até então. Uma vez iniciados os movimentos de redução de custos, os departamentos de P&D foram colocados em posição bastante vulnerável, uma vez que não eram vistos como *locus* de investimento com retorno previsto num determinado prazo, mas sim como centros de custos com limitada vinculação a resultados. Naturalmente, o

desmonte das equipes técnicas de P&D representou um processo de *desaprendizado*, na medida em que se dispersaram aqueles profissionais que detinham conhecimento sobre os processos e produtos. Uma vez que o aprendizado na indústria petroquímica no Brasil apresentava um caráter bastante informal e relativamente pouco documentado, a dispersão das equipes de P&D resultou numa perda de competências no âmbito das unidades petroquímicas.

É importante ressaltar, entretanto, que durante o período subsequente (1994 - 1995) verificou-se uma recuperação suave dos esforços de P&D no setor. O arrefecimento do processo de ajuste, que teve sua fase mais intensa durante os três primeiros anos da década, reforçado por razões de ordem conjuntural (a euforia do setor observada durante o ano de 1994, em virtude da recuperação das margens de lucro no mercado internacional) podem ser apontados como motivos desta recuperação, ainda que os níveis de investimentos em P&D em 1995 estivessem ainda bastante aquém daqueles verificados em 1991.

Por outro lado, não há dúvidas que o processo de reestruturação desencadeado a partir da década de noventa estabeleceu canais de comunicação mais intensos entre as atividades de P&D que sobreviveram e o mercado. Com a exposição da indústria petroquímica instalada no país a níveis de competição compatíveis com aqueles observados inclusive nos países líderes e a difusão de padrões de gerenciamento das atividades de P&D mais modernos, o foco destas atividades parece ter sido trazido para mais perto do cliente. Esta conjuntura fez com que as atividades de P&D passassem a ser vistas como um *investimento* associado à estratégia da empresa, e não mais como um *custo*, em oposição ao quadro observado até a década de oitenta. Entretanto, a indústria petroquímica resente-se ainda da falta de porte empresarial para arcar com os riscos inerentes às atividades de P&D. Há indicações de que os movimentos de fusões e aquisições tendem a contribuir para a reversão deste quadro, embora as discrepâncias de porte entre a indústria petroquímica no Brasil e seus concorrentes nos países centrais sejam ainda bastante significativas. Não se deve perder de vista, tampouco, que movimentos de fusões e aquisições vêm ocorrendo também em outros países.

Além disso, a indústria petroquímica no Brasil resente-se também da falta de tradição de pesquisa. De fato, a pesquisa realizada para a elabo-

ração deste trabalho indica que as atividades de P&D, mesmo suportadas por análises de custo / benefício bem mais consistentes do que aquelas que se faziam há alguns anos atrás, encontram ainda um alto grau de resistência por parte de grande parcela dos membros dos conselhos acionários das empresas.

Por fim, para aqueles que ainda indagam se a indústria petroquímica no Brasil deve dedicar-se à atividade de pesquisa, a resposta, sem dúvida alguma, é afirmativa. Mas, as razões para este posicionamento são bem diversas daquelas que se colocavam há alguns anos atrás, pois a questão do desenvolvimento tecnológico está hoje revestida de contornos diferentes. Atualmente, a atividade de pesquisa é uma imposição para a inserção competitiva da indústria num mercado cada dia mais exposto à concorrência externa. Entretanto, a decisão sobre a melhor estratégia tecnológica a ser adotada dependerá de um conjunto de fatores que estão em grande medida associados aos condicionantes temporais e espaciais de cada empresa: a configuração do mercado, a estrutura empresarial, a participação de sócio estrangeiro, a oferta de tecnologias no mercado internacional, o preço destas tecnologias *vis-à-vis* o custo do seu desenvolvimento *in house*, a oferta de mão-de-obra qualificada, apenas para citar os mais evidentes. Assim, o processo decisório utilizado na definição da estratégia tecnológica a ser empregada deverá levar em consideração este conjunto de fatores numa perspectiva empresarial. Este não é um trabalho trivial. Avaliar todas as variáveis envolvidas sem perder de vista a estratégia da empresa é uma tarefa que requer um bom nível de acuidade, além de um conhecimento tão preciso quanto possível do conjunto de fatores mencionados. Trata-se de um processo de aprendizado contínuo, não apenas ao nível da produção, mas também do desenvolvimento de uma capacitação de *gestão tecnológica*, que parece ser um dos grandes desafios para as empresas do setor petroquímico no Brasil.

## Notas

<sup>1</sup> Para uma discussão mais detalhada deste assunto, ver Coutinho (1992).

<sup>2</sup> Foram adotadas, ao longo deste trabalho, as definições de Pesquisa e Desenvolvimento, Pesquisa Básica, Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Experimental disponíveis no Manual Frascati (OCDE, 1994).

<sup>3</sup> Com efeito, mesmo em países cujas economias não sofreram alterações tão fortes como o Brasil, a petroquímica vem passando por um processo de reestruturação, resultando em movimentos de concentração de competências, fusões, aquisições, incorporações e trocas de ativos, além da formação de alianças tecnológicas.

<sup>4</sup> O arrefecimento do aparecimento de inovações primárias na indústria petroquímica a partir da década de sessenta, embora não suscite controvérsias, está quantitativamente demonstrado em Stobaugh (1988, p. 26).

<sup>5</sup> Do inglês "*debottleneck*" ou "*DBN*". Trata-se de identificar e eliminar os pontos que restringem a capacidade de produção de uma unidade fabril, ou seja, os gargalos. Desgargalamentos são normalmente operações menores que "*revampeamentos*", anglicismo derivado da palavra "*revamp*", que significa uma reformulação da unidade, geralmente com a incorporação de novos equipamentos. Expansões maiores são obtidas através de processos de ampliação.

<sup>6</sup> Este último é tanto menor quanto mais madura for a tecnologia em questão.

<sup>7</sup> Embora não diretamente mencionados pelos autores, "*revampeamentos*" podem também ser incluídos nesta categoria.

<sup>8</sup> Em linhas gerais, o modelo tripartite permitiu a constituição de joint ventures de acordo com os seguintes critérios:

- . A participação da Petroquisa seria sempre pelo menos igual à participação do maior acionista privado;
- . Nenhum capital deteria sozinho a participação majoritária do empreendimento;
- . O sócio multinacional seria o fornecedor da tecnologia, aportando seu capital através dela.

Para considerações adicionais sobre o modelo, recomenda-se consultar Suarez (1986), Erber e Vermulm (1993) e Erber (1995).

<sup>9</sup> Stobaugh (1988) emprega a expressão "*production imitation lag*". Naturalmente, o termo imitação é empregado aqui num sentido amplo, podendo referir-se desde à introdução de um processo concorrente até ao licenciamento de tecnologia.

<sup>10</sup> Esta última ressalva é importante na medida em que os números considerados não permitem concluir que os processos trazidos pelos sócios estrangeiros eram necessariamente obsoletos se comparados com os processos concorrentes para o mesmo produto.

<sup>11</sup> Teixeira (1985), por exemplo, apresenta dois estudos de caso referentes a uma empresa produtora de SBR e uma produtora de óxido de etileno no Brasil, indicando as naturezas diversas destes dois processos de aprendizado.

<sup>12</sup> Algumas empresas foram também eliminadas da amostra por não se dispor do seu faturamento líquido no período considerado ou, mais raramente, por não poderem ser enquadradas em nenhuma das categorias consideradas.

<sup>13</sup> Se tomados individualmente, tanto o numerador como o denominador da relação (Gastos com P&D) / (Faturamento Líquido) estão sujeitos a restrições por parte da própria ABIQUIM. Com respeito ao faturamento líquido, por exemplo, a ABIQUIM recomenda “cautela no uso de tais informações, seja em virtude das dificuldades na conversão para dólares norte-americanos, seja principalmente pelos critérios adotados por essas empresas na agregação de seus respectivos negócios.” (Anuário da Indústria Química Brasileira, 1996, p. 113). Embora os dados agregados estejam longe da perfeição — as categorias Intermediários para Fertilizantes, com uma discrepância incomum entre 1994 e 1995, e a categoria Holding, cuja amostragem correspondeu a apenas uma empresa —, pode-se considerar que, se tomados em conjunto, resultam significativos do ponto de vista estatístico.

<sup>14</sup> As conclusões apresentadas excluem as categorias Holding, cuja amostra continha apenas uma empresa, Intermediários para Fertilizantes, em virtude das discrepâncias obtidas em função dos dados fornecidos pela Ultrafertil, que declarou um investimento de US\$ 110 mil em 1994 e quase US\$ 5 milhões no ano seguinte, e ainda a categoria Outros, que não teve nenhuma empresa na amostra considerada.

<sup>15</sup> Infelizmente, não há dados que possibilitem uma comparação do pessoal empregado em atividades de pesquisa antes e depois do início do processo de reestruturação, embora haja estatísticas para o pessoal empregado como um todo no setor petroquímico. Dados recentes (a partir de 1993) do pessoal empregado em atividades de pesquisa podem ser obtidos junto à Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais (ANPEI).

<sup>16</sup> Teixeira (1985) descreve em detalhes o papel desempenhado pela Petroquisa como agente de estímulo às atividades de P&D na petroquímica no Brasil. Num trabalho mais recente, Rocha e Teixeira (1994, p. 655) indicam que “o CENPES / Petrobrás, (...), tem se voltado prioritariamente

para o esforço de prospecção e produção de petróleo, tendo praticamente desativado a sua área petroquímica”.

## Referências Bibliográficas

- Anuário da Indústria Química Brasileira — 1994 (1994). São Paulo: ABIQUIM, 1994. 271 p.
- Anuário da Indústria Química Brasileira — 1995 (1993). São Paulo: ABIQUIM, 1995. 333 p.
- Anuário da Indústria Química Brasileira — 1996 (1996). São Paulo: ABIQUIM, 1996. 352 p.
- Anuário da Indústria Química Brasileira 1993 (1993). São Paulo: ABIQUIM, 1993. 284 p.
- COUTINHO, Luciano (1992). A terceira revolução industrial e tecnológica: as grandes tendências de mudança. *Economia e Sociedade*, Campinas, n. 1, p. 69-87, ago. 1992.
- ERBER, Fábio Stéfano (1995). *A indústria petroquímica brasileira: regulação e desempenho*. [S.l.], 1995. 86 p. mimeogr.
- ERBER, Fábio Stéfano, VERMULM, Roberto (1993). *Ajuste estrutural e estratégias empresariais*. Rio de Janeiro: IPEA, 1993. 271 p. (Série IPEA, 144).
- Indicadores Empresariais de Inovação Tecnológica: Resultados da Base de Dados Anpei (1996). São Paulo: ANPEI, n. 5, dez. 1996. 69 p.
- LANDAU, Ralph, ROSENBERG, Nathan (1994). Innovating in the chemical processig industries. In: ROSENBERG, Nathan (1994). *Exploring the black box: technology, economics and history*. New York: Cambridge University Press, c1994. p. 190-202.
- OCDE (1994). *Main definitions and conventions for the measurement of research and experimental development (R&D): a summary of the Frascati manual 1993*. Paris, 1994. 31 p.
- RICARDO, David (1817). *Princípios de economia política e tributação*. São Paulo: Abril Cultural, 1982. 288 p. (Os Economistas).
- ROCHA, Francisco Neves da (1984). *A case study on learning of petrochemical technology: the polypropylene diluent phase process*. [S.l.]: Imperial College, 1984. 176 p.

- ROCHA, Francisco Neves da, TEIXEIRA, Francisco Lima C. (1994). Estratégia tecnológica na petroquímica brasileira. In: **Simpósio da Gestão da Inovação Tecnológica**, 18., 1994, São Paulo. Anais ... São Paulo: USP, 1994. p. 650-660.
- SHANLEY, Agnes et al. (1992). R&D and the Bottom Line. **Chemical Engineering**, New York, v. 99, n. 9, p. 30-37, sept. 1992.
- SCHUMPETER, Joseph A. (1942). **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984. 534 p.
- SMITH, Adam (1776). **A riqueza das nações: investigação sobre sua natureza e suas causas**. São Paulo: Abril Cultural, 1983. 416 p. (Os Economistas).
- STOBAUGH, Robert (1988). **Innovation and competition: the global management of petrochemical products**. Boston: Havard Business School Press, 1988. 208 p.
- SUAREZ, Marcos Alban (1985) **Petroquímica e tecnoburocracia: capítulos do desenvolvimento capitalista no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1986. 242 p. (Coleção Economia & Planejamento. Teses e Pesquisas).
- TEIXEIRA, Francisco L. C. (1985). **The political economy of technology learning in the brasilian petrochemical industry**. [S.l.]: University of Sussex, 1985. 315 p.
- \_\_\_\_\_ (1988). A dinâmica empresarial e tecnológica das empresas do complexo petroquímico de Camaçari. **Revista de Administração de Empresas**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 11-19, jan./mar. 1988.
- TEIXEIRA, Francisco L. C., DAHAB, Sonia Sapolnik (1993). **R&D system in the petrochemical industry in Brazil: institutional challenge under privatization**. [S.l.:s.n.], [1993?]. 22 p.