
Tecnologia e estratégia das empresas do setor químico: conceitos e tendências

Marcos Alberto Castelhana Bruno

Recebido em julho/94
2ª versão em janeiro/95

O Setor Químico, ao lado de alguns outros setores, tem como um de seus pontos característicos o fato de ser a tecnologia uma fonte para obtenção de diferenciação competitiva, fato este que se traduz, na prática, pela influência do processo de geração (e adoção) de tecnologia no desempenho econômico e na sobrevivência da empresa. Daí a expressão das atividades relacionadas à tecnologia e a importância atribuída às mesmas nas empresas químicas. Como decorrência, justifica-se o interesse pela realização de estudos e pesquisas relacionados à gestão da tecnologia, nos quais se busca aprimorar o referencial de conhecimento necessário para a identificação e a ponderação dos fatores atuantes na eficácia das decisões da administração da empresa referentes à tecnologia.

É dentro dessa ótica que este trabalho é proposto, apresentando-se conceitos e resultados de pesquisas contidos em literatura recente e discutindo-se implicações e tendências decorrentes das condições de ambiente, no período pós-anos 80, na gestão estratégica da tecnologia em empresas químicas.

Para todos os efeitos, convém repassar preliminarmente o quadro de referência com as características gerais das atividades industriais do Setor Químico e as suas expressões econômicas, em virtude da diversidade (de processos, de produtos e suas aplicações) e da extensiva interdependência, próprias à cadeia produtiva desse setor.

SETOR QUÍMICO: QUADRO DE REFERÊNCIA DAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS

Desde logo, cabe registrar uma dificuldade intrínseca ao Setor, a do estabelecimento de fronteiras precisas em nível da estrutura industrial: não há configuração única para representar a cadeia produtiva do Setor Químico. Por conseqüência, existem várias representações aceitas. Aqui serão adotadas as proposições encontradas em Héraud & Pivot (1989) e Wei, Russel & Swartzlander (1979), julgadas pertinentes aos propósitos deste trabalho e que têm por base as seguintes características:

- um modo de articulação da cadeia produtiva baseada na química de base e nas especialidades (figura 1);
- uma classificação de produtos químicos segundo a escala de produção e as categorias de diferenciação de produto (indiferenciado e diferenciado) (quadro 1).

Marcos Alberto Castelhana Bruno é Pesquisador na Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e Doutor em Administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/USP).

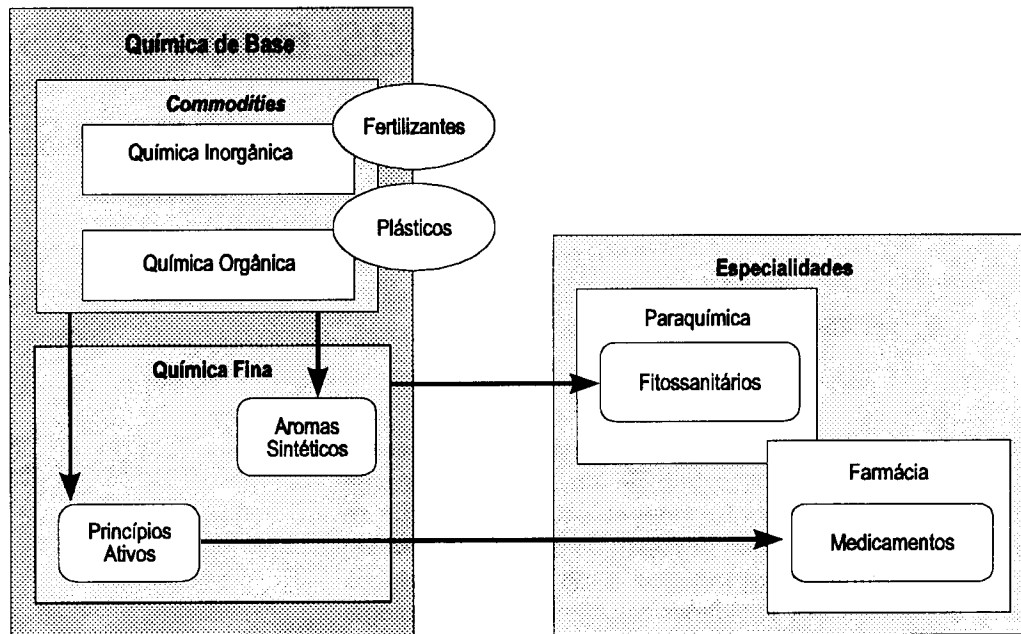


Figura 1: Setor Químico: Articulação da Cadeia de Produção e Exemplos de Produtos

Fonte: Héraud & Pivot, 1989

Quadro 1

Classificação de Produtos Químicos em Função da Escala de Produção e do Tipo de Diferenciação

Produção Anual	Indiferenciado ¹	Diferenciado ²
Alta • 100 milhar de t; p<0,4 US\$/kg • milhar de t; 0,4<p<1,8 US\$/kg	Commodities Ácido sulfúrico, etileno, benzeno, fenol, oxigênio...	Pseudo-commodities Carbono coloidal, polietileno, polipropileno...
Baixa • 100 kg - unidade de t; p>1,8 US\$/kg	Química Fina Aspirina, vitamina C, corantes alimentares...	Especialidades Medicamentos, pesticidas...

Notas: 1. Indiferenciado = produto químico com composição química e propriedades físicas definidas, independentemente do fabricante.
2. Diferenciado = produto químico com composição química e propriedades físicas variáveis, podendo cada fabricante lhe conferir características para fins específicos.

Fonte: Adaptado de Wei, Russel & Swartzlander, 1979; preço indicativo — p — no mercado dos Estados Unidos, 1976.

Assim, a química de base é o espaço em que estão compreendidos dois segmentos, o de química pesada (inorgânica e orgânica) e o de química fina, assim caracterizados:

- química pesada — escalas de produção elevadas, contendo tanto produtos indiferenciados (*commodities*) como diferenciados (*pseudo-commodities*), de baixo valor agregado;
- química fina — escalas de produção baixas, com produtos indiferenciados de valor agregado mais alto do que os anteriores.

O espaço das especialidades (paraquímica e farmácia) refere-se aos produtos diferenciados, fabricados em pequenas quantidades (freqüentemente oriundos de formulações), de alto valor agregado e normalmente vendidos sob uma marca comercial.

É pertinente ainda fazer um esclarecimento quanto ao termo produto intermediário (de uso corrente no Setor Químico), utilizado para designar o produto de um subsetor que servirá de matéria-prima a outro a jusante na cadeia produtiva do próprio setor. Pode ocorrer, igualmente, que um produto dito intermediário seja destinado a um setor extra-Químico. Este fato confere uma particularidade ao Setor Químico, propiciando a ele ser, ao mesmo tempo, gerador de produtos intermediários e também de produtos finais para o mercado.

A esse propósito, tipologia posterior de produtos, derivada e simplificativa daquela aqui exposta, tem tido seu uso ampliado. Seu critério de distinção baseia-se (Monateri, 1990):

- no que os produtos são: *commodities* e produtos da química fina — categoria denominada globalmente de *commodities*;
- no que os produtos fazem: *pseudo-commodities* e especialidades — categoria dos produtos de desempenho (*performance products*).

Com o intuito de complementar este quadro de referência das atividades industriais do Setor Químico, é reproduzida no quadro 2 uma sinopse com as características industriais gerais por tipo de produto: *commodities* e especialidades (Monateri, 1990).

Quadro 2

Setor Químico: Características Industriais Gerais por Tipo de Produto — *Commodities* e Especialidades

Item	<i>Commodities</i>	Especialidades
• Custo de produção/faturamento	60-85%	30-65%
• Número de produtos	Pequeno	Grande
• Linhas de produto	Poucas	Muitas
• Escala de produção	Grande	Pequena
• Tamanho da unidade industrial	Grande	Pequena a média
• Processos	Contínuos (em geral)	Descontínuos
• Equipamentos	Complexos e específicos	Multiuso (em geral)
• Matérias-primas	Cativas (em geral)	Adquiridas no mercado
• Planejamento	Médio e longo prazos	Curto prazo (variável)
• Mercado	Industrial (interno e externo ao Setor Químico)	Grande público
• Fator de competitividade	Competência industrial e técnico-comercial de aplicação	Conhecimento do mercado; criação de produto de melhor desempenho

Fonte: Adaptado de Monateri, 1990 e Fradet, 1986

O papel da tecnologia no Setor Químico

O Setor Químico está entre os setores para os quais a tecnologia exerce papel importante no desempenho econômico da empresa. Como consequência, este desempenho guarda dependência direta com o processo de criação (e adoção) de tecnologia, processo gerador de inovações tecnológicas, ou simplesmente inovações, que podem ser de produto ou de processo. Tal condição faz com que ele mereça o enquadramento como **setor baseado na ciência** — “*science-based industry*” —, conforme classificação estabelecida por Pavitt (1984), para quem a característica fundamental desta categoria é que “... as principais fontes de tecnologia são as atividades de P&D das empresas nesses setores, atividades essas baseadas no rápido desenvolvimento, nas universidades e fora delas, das ciências relacionadas (*underlying sciences*)”.

A intensidade das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) das empresas pertencentes à categoria de setor baseado na ciência traduz-se pelas vultosas inversões de capital em investimentos nesse domínio, o que se apresenta exemplificado para o caso do Setor Químico na tabela 1, através dos valores praticados por conjunto de empresas. Pavitt (1984) apresentou os resultados relativos a uma pesquisa sobre o setor químico na Grã-Bretanha, segundo os quais as inovações realizadas nas atividades de P&D (e Engenharia) pelas empresas, e aplicadas para uso próprio, eram da ordem de 61% para as de processo e de 83% para as de produto. Outro estudo, conduzido por Achilladelis, Schwarzkopf & Cines (1990), evidenciou a importância da tecnologia para o Setor Químico pela constatação do esforço da introdução de inovações tecnológicas. Foram computadas 1884 inovações (radicais e incrementais) introduzidas nas áreas:

- dos intermediários orgânicos (química de base) — 1020 inovações de processo no período entre 1900 e 1980;
- dos pesticidas — fungicidas, herbicidas e inseticidas — (especialidades) — 864 inovações de produto, entre 1930 e 1980).

No que diz respeito às despesas requeridas na atividade de P&D pelas empresas do Setor Químico, os dados da tabela 1 evidenciam a alta magnitude dos valores. Entretanto, estando esses valores expressos de forma agregada, torna-se necessário qualificá-los em termos do tipo de produto principal próprio ao Setor Químico, no qual determinada empresa atua, e da posição relativa do esforço de dispendio em P&D nesse setor, em comparação a ou-

Tabela 1

Setor Químico: Vendas e Despesas em P&D por Empresa (Mercado Mundial)

Empresa	Vendas em Bilhões de US\$		Despesas de P&D/Vendas (%)
	1990 ¹	1989 ²	1989 ²
Dez primeiras: ordem decrescente por Vendas 1990			
BASF	31,20	28,35	4,1
Hoechst	30,02	24,40	5,7
Bayer	27,86	23,03	6,2
ICI	24,91	21,59	4,8
Du Pont	22,27	35,55	3,9
Dow Chemical	19,77	17,59	5,0
Rhône-Poulenc	15,48	11,46	5,8
Ciba-Geigy	15,46	12,57	10,1
Shell (Química)	12,70	11,92	n.i. ³
ELF (Química)	10,41	6,13	n.i.
Enimont	n.i.	11,12	n.i.
Exxon (Química)	n.i.	10,56	n.i.
Akzo	n.i.	8,83	4,8
Monsanto	n.i.	8,68	6,9
Asahi	n.i.	6,38	n.i.
Hoffman-La Roche	n.i.	5,99	14,5
Mitsubishi Kasei	n.i.	5,31	n.i.
Sistema Petroquisa	n.i.	4,42 ⁴	1,14
Sumitomo	n.i.	4,36	n.i.
Montedison	n.i.	4,14	7,6
Rohm & Haas	n.i.	2,66	n.i.

Notas: 1. Fonte dos dados de 1990: Walsh *et alii*, 1991.

2. Fonte dos dados de 1989: Cohendet & Ledoux, 1991 (exceto para Sistema Petroquisa).

3. n.i. = não-indicado.

4. Fonte: *PetroConsult*, 1992.

Fontes: Autores diferentes utilizando a mesma fonte: *Chemical and Engineering News*.

tros setores industriais. Iniciando por esta comparação setorial, pode-se tomar os dados exibidos por Renon (1994) representando as despesas efetuadas em P&D por vários setores industriais na França em 1992 e que são referenciadas ao valor agregado dos produtos, como consta na tabela 2.

Tabela 2

Quadro Comparativo da Relação Despesas em P&D/Valor Agregado do Produto entre o Setor Químico e Outros Setores

Setor Industrial (França, 1992)	Despesas P&D/Valor Agregado %
Aeronáutico	45
Eletrônico	29
Químico (<i>chemical processing industries</i>):	
• produtos farmacêuticos	29
• produtos químicos	9
• borracha, plásticos	4
Automobilístico	10
Elétrico	5
Energia	2

Fonte: Renon, 1994

Esses dados ilustram bem a dimensão de importância da atividade de P&D para os setores indicados e vêm confirmar o enquadramento, estabelecido por Pavitt (1984), como setor baseado na ciência (ou setor de base tecnológica como querem autores como Ansoff & Stewart (1967)) de setores como o Químico, o Eletrônico e outros. Para melhor avaliar a distribuição das despesas em P&D por tipo de produto do Setor Químico, são apresentados na tabela 3 os valores individuais praticados por algumas empresas, segundo a linha de produto principal, classificado de acordo com a tipologia de produto adotada neste trabalho (ver quadro 1): *commodity*, *pseudo-commodity*, (produtos da) química fina e especialidades.

Os valores constantes na tabela 3 foram gerados a partir de um banco de dados de empresas do Setor Químico (acima de 70% do total da amostra têm faturamento igual ou maior a US\$ 2 bilhões [americanos] anuais), que apresentou valor médio de despesas em P&D (em relação a vendas) igual a 5,4% em 1992 (para conjunto de 90 empresas [*Chemical Insights*, 1993]) e 5,2% em 1991 (para conjunto de 82 empresas [*Chemical Insights* 1992]). Não havendo nessa base de dados registro de empresas do Setor Químico brasileiro, pode-se citar como referência dados tabulados pela Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim) que posicionam as despesas em P&D das empresas do segmento de resinas termoplásticas (correspondente ao grupo *commodity/pseu-*

Tabela 3**Setor Químico: Despesas em P&D de Algumas Empresas por Linha de Produto Principal**

Empresa/Linha de Produto Principal	Despesas P&D/Vendas 1992 %	Despesas P&D/Varição 1991-1992 %
Especialidades (P&D/Vendas > 10%)		
Schering	15,8	+ 6,1
Hoffman-La Roche	15,4	+ 2,3
Eli Lilly	15,0	+ 12,0
Pfizer	11,9	+ 9,6
Merck & Co	11,5	+ 0,2
Cyanamid	10,7	+ 8,9
Ciba-Geigy	10,6	+ 2,1
Sandoz	10,4	+ 4,4
Especialidades/Química Fina/Pseudo-Commodity (5% < P&D/Vendas < 10%)		
Monsanto	8,4	+ 9,1
Bayer	7,5	+ 6,0
Rhône-Poulenc	7,3	+ 6,6
Dow Chemical	6,8	+ 10,3
Hoechst	6,3	+ 4,1
ICI	6,2	+ 12,5
Sumitomo	5,8	+ 6,4
Wacker-Chemie	5,7	- 2,3
Akzo	5,5	+ 3,7
Du Pont	5,5	+ 4,2
Pseudo-Commodity/Commodity (1% < P&D/Vendas < 5%)		
BASF	4,6	+ 4,0
Mitsubishi Kasei	4,5	+ 3,4
Hüls	4,1	+ 3,1
Shell (Química)	3,8	+ 22,0
Asahi	3,5	+ 2,6
B.F. Goodrich	3,3	+ 5,8
ELF (Química)	2,9	não-indicado
Hercules	2,5	- 16,6
ARCO Chemical	2,2	- 4,1
Exxon (Química)	1,7	- 2,6

Fonte: *Chemical Insight's*, 1993

do-commodity da tabela 3) no intervalo entre 0,7% e 2% (sempre referenciado ao valor de vendas das empresas, cujo valor típico situa-se entre US\$ 150 milhões e US\$ 250 milhões [americanos] — base: 1991) (Parisi, 1993).

Com o que foi até aqui apresentado em termos qualitativos e quantitativos de caracterização de atividades do Setor Químico, é oportuno sublinhar dois aspectos no que se refere especificamente ao papel da tecnologia em suas atividades:

- no caso das atividades consagradas de forma preponderante a produtos da assim-chamada química pesada (*commodities* e *pseudo-commodities*) — de menor valor agregado —, prevalecem as inovações de processo (quase sempre de natureza incremental) e os dispêndios mais baixos em P&D;
- com o deslocamento para atividades em produtos de uso mais específico (química fina e especialidades) — de maior valor agregado —, há predominância de inovações de produto (em grande parte de natureza radical) e com gastos em P&D que crescem com o aumento de especialização do produto.

Corroborando o observado nesse segundo aspecto, pode ser mencionada a constatação feita pela empresa *Rhône-Poulenc*, que estima ser mais de 15% de seu faturamento na área de farmácia destinados para P&D neste tipo de especialidade e que no caso de outras especialidades (fitossanitários, por exemplo) os valores estão entre 5% e 7% (*Le Nouvel Economiste*, 30 out. 1992).

Quanto ao conjunto do mercado produtor mundial, pode-se constatar ainda o crescimento das despesas em P&D nos setores químicos de diversos países industrializados, a contar de meados dos anos 70. Para um período de dez anos, os percentuais de aumento dessas despesas na base das moedas nacionais constantes foram os mostrados na tabela 4 (*Commissariat Général du Plan*, 1989).

Tabela 4**Setor Químico: Crescimento das Despesas em P&D para Diversos Países Industrializados (Meados de 1970 — Meados de 1980)**

Setor Químico — País	Varição Despesas P&D %
Estados Unidos (1977-1987)	+ 89
República Federal Alemã (1977-1987)	+ 44
Japão (1975-1985)	+ 132
França (1976-1986)	+ 110
Reino Unido*	+ 48

* Período não-indicado pela fonte.

Fonte: *Commissariat Général du Plan*, 1989

Conforme indicado no trabalho em questão, os valores relativos à França e ao Japão revelam maior aceleração das despesas em P&D pois, em ambos os casos, a referência de origem encontra-se em um patamar mais baixo. Globalmente, por um lado a variação observada reflete o aumento de custos da atividade de P&D devido, por exemplo, ao prologamento dos prazos de homologação de produtos e às regulamentações mais estritas; e, por outro, a variação é decorrência do aumento da competência para desenvolvimento de novas aplicações (plásticos técnicos, tintas, adesivos, aditivos etc.) para mercados em expansão (indústria automobilística, construção civil, agroalimentar, artigos de lazer etc.) (*Commissariat Général du Plan*, 1989).

Esse destacado papel dos aspectos científicos e tecnológicos para os setores enquadrados na categoria **setor baseado na ciência** faz com que a questão da apropriação ocupe posição importante na gestão das empresas. Pavitt (1984) indicou que nesse sentido as empresas recorrem ao uso de vários instrumentos, como patentes, formação e manutenção de competências específicas próprias ("*firm-specific skills*") etc. No referente à questão das patentes, por exemplo, são reproduzidos no quadro 3 alguns valores correspondentes a várias empresas químicas no mundo, com o objetivo de fornecer um quadro de referência da intensidade de atuação das mesmas nesse domínio (Achilladelis, Schwarzkopf & Cines, 1990).

Computadas todas as características próprias à categoria **setor baseado na ciência**, fica justificada a existência de empresas de grande porte. No caso específico do Setor Químico, com mercado mundial da ordem de US\$ 1 trilhão (americanos) em 1990 (Walsh *et alii*, 1991), o porte das empresas fica expresso pelo montante de vendas realizadas (tabela 1). O conjunto dos dados concernentes às atividades industriais desse setor revela sua condição de espaço econômico de alta concentração, intensivo em capital, e que, portanto, favorece as operações de aquisição, cuja magnitude conheceu sensível expansão no decorrer dos anos 80. A título ilustrativo, pode-se indicar que o montante dedicado às aquisições praticadas por empresas do Setor Químico no mundo foi de quase US\$ 19 bilhões (americanos) em 1987 e de US\$ 14 bilhões e US\$ 41 bilhões (americanos) em 1988 e 1989, respectivamente — o principal destas inversões foi alocado na compra de empresas com linhas de produto de maior valor agregado, sobretudo em especialidades químicas (farmácia, na maior parte dos casos), mas também em campos extra-Setor Químico, como o

Quadro 3

Média Anual de Patentes Depositadas por Algumas das Grandes Empresas Químicas Mundiais

Empresa	Patentes Depositadas (Média Anual — 1950-1980)
Região de Origem: Europa	
Bayer	517
BASF	436
Hoechst	313
Rhône-Poulenc	117
Montedison	92
Região de Origem: América do Norte	
Du Pont	474
Dow Chemical	360
Exxon	342
Monsanto	330
Região de Origem: Japão	
Mitsubishi	470
Sumitomo	348
Asahi	324

Fonte: Achilladelis, Schwarzkopf & Cines, 1990

das biotecnologias (Cohendet & Ledoux, 1991). No caso brasileiro, Parisi (1994) discute o efeito do movimento de fusões de empresas do segmento petroquímico, iniciado em 1991, na competitividade dessas empresas.

O espaço do Setor Químico é propício também aos acordos de cooperação entre empresas, de diferentes matizes, que obtiveram crescimento de proporções equivalentes ao das aquisições no mesmo período. No entanto, a partir do início da década de 90 está previsto crescimento relativo de maior intensidade. Esta previsão advém da constatação de certo esgotamento conjuntural das oportunidades do mercado de aquisições para o Setor Químico (com o conseqüente aumento de preços) e, também, por necessidades introduzidas devido a modificações estruturais que passam a alterar a natureza do fenômeno de cooperação para as empresas do Setor (*Informations Chimie*, 1990). Este tema será abordado adiante.

O USO DA TECNOLOGIA COMO FATOR DE DIFERENCIAÇÃO COMPETITIVA NA EMPRESA INDUSTRIAL

No que diz respeito ao processo de gestão da tecnologia na empresa industrial, o conceito geral é dado por Vasconcellos (1990): "... a gestão tecnológica (no caso de uma empresa) tem por finalidade assegurar o uso da tecnologia como instrumento para aumentar a capacidade competitiva".

Segundo o mesmo autor, essa conceituação refere-se ao gerenciamento da tecnologia nas várias atividades da empresa, de cunho técnico e/ou administrativo, nas quais ela possa ser aplicada — desde pesquisa e desenvolvimento até a comercialização. O processo de gestão tecnológica é apresentado sob o enfoque de "visão integrada", pelo qual a empresa se relaciona com os agentes do meio externo envolvidos com tecnologia e procede à seleção e ao aproveitamento da tecnologia em função do resultado almejado (o de aumento da capacidade competitiva). São distinguidas quatro funções básicas, através das quais se desenvolve o processo de gestão tecnológica: "estra-

tégia e auditoria tecnológica; estruturação da função tecnológica na empresa; implantação; e avaliação" (Vasconcellos, 1990).

Em função do potencial estratégico da tecnologia, Vasconcellos (1990) assinala que as definições e decisões a ela relacionadas ficam condicionadas à estratégia global da empresa e indica, ainda, as variáveis intervenientes no processo de decisão para delinear uma estratégia tecnológica, as quais estão sintetizadas no quadro sinótico apresentado na figura 2.

Friar & Horwitch (1985) e Marcovitch (1991) também contemplam em seus trabalhos preceitos e condicionantes presentes no processo de decisão para estabelecimento da estratégia tecnológica com a perspectiva de aumento da capacidade de competição da empresa. Larue de Tournemine (1991), além de expor também a conceituação envolvida com a formulação da estratégia de tecnologia na empresa, apresenta e discute conjunto bastante completo de métodos e técnicas aplicáveis à administração da tecnologia na empresa.

Durand (1989), em concordância com Vasconcellos (1990) e outros autores, coloca entre as dez pre-

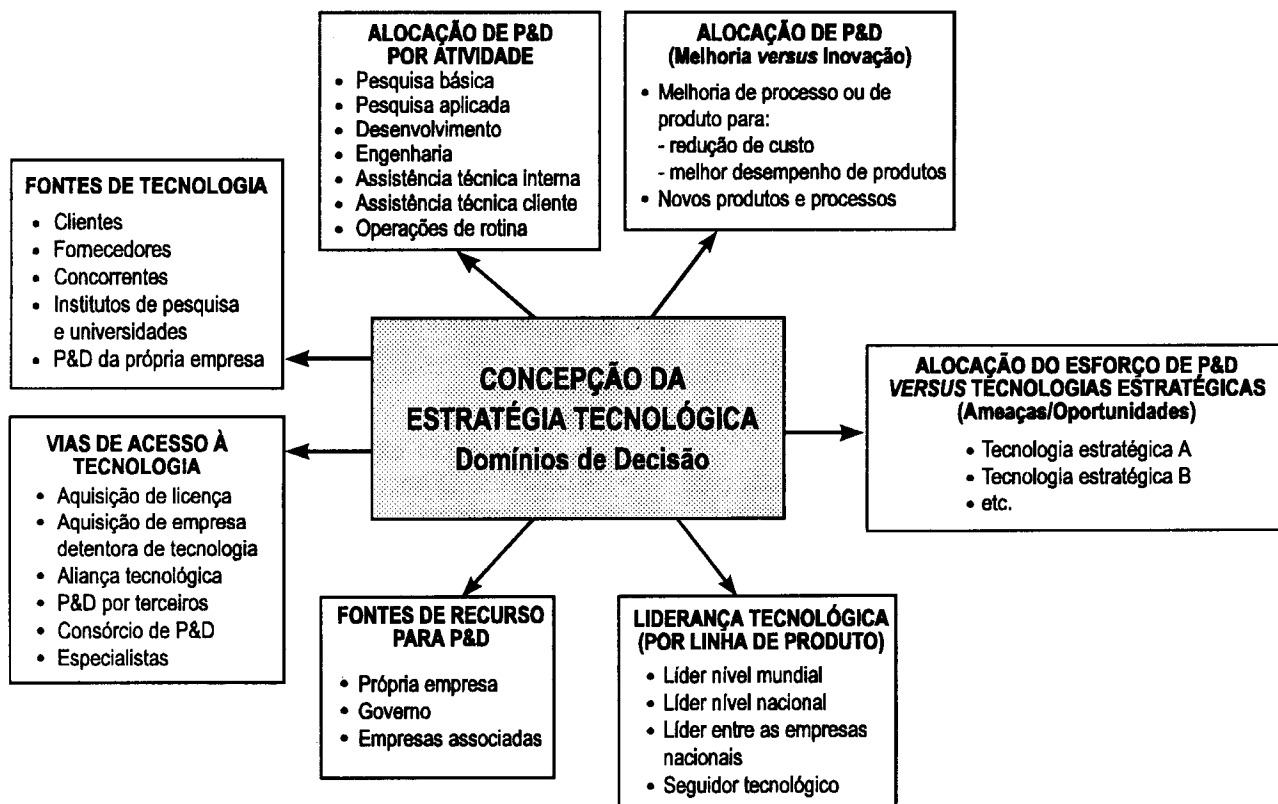


Figura 2: Áreas de Decisão para o Delineamento de Uma Estratégia Tecnológica de Uma Empresa Industrial

Fonte: Adaptada de Vasconcellos, 1990

missas para a gestão da tecnologia a necessidade da execução de cuidadoso e acurado trabalho de auditoria tecnológica, permitindo melhor e mais completo conhecimento da capacitação tecnológica da empresa (competências técnica e administrativa). Isto se coloca como uma condicionante importante para o sucesso do uso estratégico da tecnologia pela empresa. Trata-se de premissa que corrobora as observações de Pavitt (1990) sobre a importância da "capacidade cumulativa" da empresa no sucesso de sua atuação estratégica através da tecnologia (*"learning from experience"*).

Para a decisão "mais importante e mais difícil" na gestão de tecnologia, que é o ajuste do equilíbrio adequado entre a tecnologia convencional e a introdução de uma inovação tecnológica, Steele (1989) apresenta nove preceitos que sintetizam **equivocos** (*"misconceptions"*) frequentes no exercício da gestão tecnológica. Steele apresenta-os contrapondo às **situações de equivoco** as **situações reais**. Os enunciados dos preceitos são relacionados a seguir e, a propósito, cabe observar que essa forma de apresentar a questão é recurso utilizado por Steele para ilustrar os vários fatores envolvidos no processo de decisão da introdução de uma inovação tecnológica, não cabendo portanto interpretação individualizada dos preceitos. Antes, a interpretação correta está associada à consideração do conjunto dos elementos contidos nos vários enunciados, tal como deve se dar na realidade dos processos de decisão de assuntos dessa natureza.

Preceito 1

- "Equivoco: **O melhor possível** determina a escolha de tecnologia."
- "Realidade: **Bom o suficiente** é a base para a escolha."

Preceito 2

- "Equivoco: A escolha da tecnologia resulta de uma análise racional."
- "Realidade: A escolha é fortemente influenciada pelo que é convencional e pela experiência anterior."

Preceito 3

- "Equivoco: Progressos tecnológicos ou descobertas correntes são adotados a qualquer tempo."
- "Realidade: A maioria não alcança sucesso — e nem deveria." (O insucesso é mais frequente ainda do que é conhecido, pois nem tudo é divulgado.)

Preceito 4

- "Equivoco: A maior barreira é fazer a descoberta original — o desenvolvimento a jusante é só uma questão de aplicar o esforço necessário."

- "Realidade: Muito do que ainda é desconhecido sobre uma nova descoberta é provavelmente difícil e requer criatividade para sua superação." (Ou ainda, "as coisas são muito mais complicadas do que parecem no momento inicial da descoberta".)

Preceito 5

- "Equivoco: Progressos tecnológicos têm valor intrínseco."
- "Realidade: O consumidor determina o valor."

Preceito 6

- "Equivoco: Inovações radicalmente novas irão vencer."
- "Realidade: O novo não é necessariamente o melhor."

Preceito 7

- "Equivoco: O poder de uma nova tecnologia determina seu sucesso."
- "Realidade: A infra-estrutura requerida para viabilizar o uso de uma nova tecnologia é frequentemente o fator determinante." (Ou ainda, "se a infra-estrutura for esquecida ou inadequada, a **barreira** para a inovação pode ser insuperável".)

Preceito 8

- "Equivoco: O progresso em tecnologia ocorre principalmente pela ação contínua em melhoria de desempenho."
- "Realidade: O progresso tecnológico requer estabelecimento de padrões, imposição de restrições e atendimento de rotinas." (Ou, colocado em forma direta, a tecnologia torna-se, por ela mesma, um fator de resistência crescente à mudança.)

Preceito 9

- "Equivoco: Uma nova tecnologia pode ser inserida em um negócio existente."
- "Realidade: O novo produto e o sistema de negócio desenvolvido para produzi-lo devem ser criados em conjunto." (Ou seja, há sempre um vínculo intrínseco entre a tecnologia e o negócio a ela associado; portanto, a introdução de uma nova tecnologia deve ser feita em consonância com uma estrutura específica de negócio na qual ela se insere, sob pena de reduzir-se a probabilidade de sucesso dessa introdução — e do próprio negócio, por conseguinte.)

A problemática da introdução de uma inovação tecnológica foi sintetizada por Ait-El-Hadj (1989), para quem a questão está circunscrita na intersecção entre o que é tecnicamente possível (do ponto de

vista da pesquisa, das técnicas e da experiência) e o que é socio-economicamente possível (envolvendo os aspectos econômicos e políticos, as estruturas e os hábitos).

Segundo Freeman (1990), os primeiros estudos empíricos sistemáticos abordando as razões de sucesso das inovações tecnológicas datam do início dos anos 60. Um deles, o Projeto SAPPHO, englobou quase quarenta pares de inovações — de processo e de produto — com sucesso/insucesso (técnico e comercial), em sua maioria no campo da indústria química da Europa e dos Estados Unidos. Cerca de doze fatores (entre os cem pesquisados) foram identificados como os mais relevantes, entre os quais podem ser destacados quatro: conhecimento das necessidades (atuais ou futuras) do mercado; articulação externa com a rede (*network*) em ciência e tecnologia; integração interna entre pesquisa e desenvolvimento-produção-marketing; e recursos internos para pesquisa e desenvolvimento de alta qualidade. Outro estudo, conduzido por Achilladelis e equipe (citado por Freeman, 1990), abordando de forma mais agregada a questão do sucesso das inovações na indústria química mundial de pesticidas para o período entre 1930 e 1980, confirma a influência de vários dos fatores identificados no Projeto SAPPHO, inclusive a necessidade da existência de competência própria em pesquisa básica naquelas empresas envolvidas com inovações radicais.

Em conformidade com a posição mais recente dos autores em Administração de Ciência e Tecnologia, Morone (1989) reconhece que, atualmente, administrar tecnologia na empresa extrapola o limite da atividade P&D, perpassando por todas as demais atividades. Entretanto, esse autor manifesta que os conhecimentos, até o momento disponíveis, relativos ao papel da tecnologia na empresa são insuficientes para explicar a relação entre a tecnologia e o processo de decisão estratégica.

Morone (1989) resente-se da falta de estudos e pesquisas sobre estratégia tecnológica que respondam satisfatoriamente a um fenômeno que coloca na forma da seguinte questão: “Em um determinado setor industrial e em resposta a um dado ambiente competitivo, por que algumas empresas constroem vantagens comparativas com base em tecnologia e outras não?”; ou, posto de outra forma: “Por que empresas diferentes, enfrentando praticamente o mesmo ambiente competitivo, respondem diferentemente a oportunidades tecnológicas?”. Segundo o autor, parte da explicação para essa situação está no fato de a literatura sobre estratégia tecnológica dedicar-se mais a trabalhos de cunho prescritivo (“... para empresas em dada situação, algumas estratégias tecnológicas são mais

ou menos apropriadas do que outras”), enquanto a explicação do fenômeno apontado requer, segundo ele, investigação voltada para as causas de determinado desempenho das empresas (“Por que aquelas empresas, na dada situação, respondem diferentemente de outras?”).

Morone (1989) conclui ressaltando a importância desse tipo de investigação para o sucesso do uso da tecnologia como fator estratégico, embora reconheça a dificuldade de execução de uma pesquisa empírica para esse fim (principalmente pelo limitado acesso a dados). Esta conclusão é acompanhada por Pavitt em seu artigo publicado no número especial de 1990 da *California Management Review* sobre o tema **Estratégias para inovação** (*Strategies for innovation*). Nesse seu trabalho Pavitt (1990) indica que o sucesso da gestão da tecnologia requer os seguintes quesitos:

- capacidade de articular e integrar grupos, funcionais e de especialistas, para a implementação de inovações;
- questionamento contínuo da adequabilidade das condições existentes de mercado, das missões e habilitações para o aproveitamento de oportunidades tecnológicas;
- consciência da visão de longo prazo do processo de acumulação tecnológica interna à empresa.

Ainda em conclusão, Pavitt indica que o uso estratégico da tecnologia tem o sucesso de sua gestão condicionado não só ao processo de acumulação tecnológica, mas também às características organizacionais adquiridas pela empresa. É citada a importância de um bom processo de comunicação para dar sustentação à capacidade da empresa em aprender pela experiência (*learning from experience*), por ser este aprendizado de natureza essencialmente coletiva. Assim como Pavitt, Westney (1988) salienta a importância do papel da comunicação no processo de aprendizagem pela prática de atividades exercidas de forma conjunta por pessoas e/ou equipes, como é o caso das atividades envolvendo a tecnologia.

OS DESAFIOS PÓS-1980 — IMPLICAÇÕES E TENDÊNCIAS PARA A ESTRATÉGIA TECNOLÓGICA DAS EMPRESAS QUÍMICAS

Segundo avaliação feita por Colombo (1980), as condições de ambiente que marcaram o início dos anos 80 são tais que obrigam o Setor Químico a fazer face a, concomitantemente, situações cada vez mais complexas e maior dependência de fatores ditos não-homogêneos — *“non-homogeneous factors”* — (para Colombo, estes fatores compreendem aqueles de na-

tureza tecnológica, econômica e, também, política e social). Este quadro estabelece-se na seqüência de um período de destacado crescimento econômico do Setor (os anos 70).

As modificações observadas nos fatores de natureza econômica, essencialmente, podem ser caracterizadas pelas seguintes condições (Colombo, 1980; Jacot, 1990):

- necessidade de maior rapidez para atingir diferentes segmentos de mercado (cada vez mais dispersos e mais distantes);
- mudança nos critérios de concorrência, com a valorização de fatores de competitividade ditos extra-preço (qualidade, confiabilidade, prazo de entrega etc.);
- chegada ao estágio de maturidade de diversos produtos químicos de amplitude econômica importante;
- aumento da demanda de produtos com propriedades e usos mais específicos.

Tal ambiente conta ainda com uma agravante, ou seja, a retração do mercado internacional em fins da década de 80 e início da de 90, com repercussão também para os negócios das empresas químicas.

A reação do Setor Químico em vista dessas novas condições é expressa por um movimento com duas vertentes principais. De um lado, a priorização pelas empresas das **linhas de produto de maior valor agregado**. A esta tendência Colombo (1980) associou o deslocamento das atividades industriais ao que se convencionou denominar química do produto — cuja valorização está baseada no que os produtos são — em direção da química da função — na qual se privilegia o que os produtos fazem, ou seja, a função a ser exercida. Segundo esse mesmo autor, esse movimento tem caráter generalizado aos vários segmentos do Setor, atingindo desde *commodities* (os fertilizantes são citados como exemplo) até especialidades (com citação para os pesticidas). De outro lado, a atuação das empresas na busca pela **diversificação de atividades em outros setores industriais** que não o Químico. O grande número de aquisições/cessões de atividades e empresas, assim como a intensificação no recurso aos acordos de cooperação entre empresas ao longo dos anos 80, refletem sintomaticamente a reação do Setor nas duas direções indicadas.

Para complementar a caracterização do quadro do ambiente externo, deve-se acrescentar aos fatores de natureza econômica já citados aqueles de origem política e social, cuja influência no Setor Químico vem se intensificando inexoravelmente. De forma clara, está-se querendo referir aos desafios impostos pela de-

manda crescente de maior segurança industrial e de maior proteção ao meio ambiente, com reflexos significativos para o desempenho econômico das empresas. Já se conta hoje a necessidade da alocação de 25% dos recursos de investimento de um novo projeto industrial químico só para atendimento dos requisitos de proteção ao meio ambiente, não computados, portanto, os custos operacionais (*Le Monde*, 20 abr. 1993).

O conjunto desses fatores de ambiente — de ordens econômica, política e social — impõe ao Setor Químico, no período iniciado em 1980, a necessidade de reforçar e ampliar a aplicação da **abordagem sistêmica** (que não é nova para o Setor em função das inter-relações próprias aos processos produtivos, entre si e desses com o ambiente externo) para bem-analisar e gerir suas atividades industriais (Colombo, 1980; Villermaux, 1992).

Outra implicação subsequente, interligada a essa anterior, recai sobre a necessidade estrutural de **interação técnica da empresa química com os agentes** públicos e/ou privados envolvidos no processo de produção (e suprimento) de ciência e tecnologia, prática com tradição (de quase cem anos!) com a pesquisa básica universitária) no Setor Químico, cujas empresas têm necessidade, como já indicado, de possuir sólida capacitação tecnológica própria. A demanda de ampliação da abordagem sistêmica aplicada à gestão do fenômeno da cooperação técnica interinstitucional envolvendo as empresas químicas justifica-se para: bem-interpretar as tendências de mudança técnica, causadas pelas novas condições do ambiente externo; e bem-dirigir as ações necessárias nas empresas, para o aproveitamento da tecnologia como fator de diferenciação competitiva.

São dois os movimentos observados no âmbito do Setor Químico, como decorrência do novo cenário do meio externo pós-1980, com influência no fenômeno da cooperação técnica interinstitucional. O primeiro deles é caracterizado pelo uso da cooperação técnica empresa-empresa como via de **diversificação** das empresas químicas em direção a atividades extramuros. A tendência neste caso é a cooperação ocorrer, preferencialmente, em sua forma tradicional, na qual a complementaridade tecnológica, fundada em competências existentes de parte a parte, é um dos elementos de motivação para o projeto em comum, projeto este que permitirá à empresa química o acesso a atividades em outros domínios alheios ao seu. Vários exemplos já são conhecidos, entre esses alguns em direção ao Setor de Tecnologia da Informação (telecomunicações e informática, por exemplo) (Collins & Doorley, 1992).

No outro movimento, diferentemente do anterior, a cooperação técnica interinstitucional comporta dimensões técnicas qualitativamente mais abrangentes que a da simples composição de competências tecnológicas individualizadas, como na forma tradicional. Trata-se aqui de uma forma de ação realmente inédita, que envolve campos sensivelmente marcados pelo **pluralismo** (de disciplinas, de tecnologias e de domínios industriais) e pela possibilidade de **interpene-tração** (fusão) desses campos. Neste segundo movimento, a cooperação técnica interinstitucional deverá ser um mecanismo para suprir o Setor Químico em suas necessidades de:

- interação com novas disciplinas científicas;
- maior aproximação entre as fronteiras tecnológica e científica;
- incorporação de competências técnicas de outros setores industriais no processo de produção da tecnologia requerida pelo Setor Químico. Em outras palavras, o Setor Químico deverá promover a abertura de seu processo de produção de tecnologia — algo inédito para este setor! —, que tradicionalmente desenvolve e supre suas tecnologias de forma praticamente independente dos demais setores industriais.

O Setor Químico, ao lado de alguns outros setores, tem como um de seus pontos característicos o fato de ser a tecnologia uma fonte para obtenção de diferenciação competitiva.

A comprovação da prática dessa última modalidade de cooperação técnica entre empresas foi observada por Walsh (1988) que identificou, a partir do início dos anos 80, movimento expressivo de cooperação entre as grandes empresas químicas (sobretudo as atuantes no segmento farmacêutico) e as pequenas empresas do Setor de Biotecnologia. De acordo com os dados apresentados por Hagedoorn & Schakenraad (1991), pode-se contar em torno de 320 acordos de cooperação técnica entre esses tipos de empresas, no período entre 1985 e 1989, para um universo incompleto de grandes empresas químicas: americanas, européias e japonesas. É compreensível que as empresas atuantes no segmento farmacêutico sejam as pioneiras desse movimento, uma vez que foram acometidas de uma perda de rentabilidade dos investi-

mentos em P&D no campo das tecnologias convencionais químicas (Walsh, 1988); o montante global investido pelas empresas farmacêuticas de todo o mundo estava estimado (em 1990) em US\$ 18 bilhões (americanos) por ano, representando em média 15% do faturamento em vendas por empresa (Walsh *et alii*, 1991).

Outro aspecto demandante da cooperação técnica pelo Setor Químico diz respeito às tecnologias de cunho biológico aplicadas à questão — de inexorável relevância para o Setor — relacionada à proteção do meio ambiente, um campo que requer o concurso da abordagem sistêmica em extremo (Villermaux, 1992). Aplicações essas vistas *lato sensu*, abrangendo não apenas os processos para tratamento de rejeitos e/ou subprodutos, mas também as tecnologias dos processos produtivos. Um exemplo desta última situação é a possibilidade de substituição da catálise convencional pela catálise enzimática, no sentido das **tecnologias limpas**, com menos rejeitos (“a química sem sais e sem solventes!”), maior seletividade e, por consequência, com melhor desempenho técnico-econômico (Villermaux, 1992). Aliás, o próprio Villermaux (1991) traz a constatação de que a necessidade de estender o recurso do uso da abordagem sistêmica nas atividades industriais à área de química fez a Engenharia Química evoluir para a Engenharia de Processos. Deste evento advêm, ainda, outras frentes de cooperação como, por exemplo, com o campo das tecnologias da informação, com vistas à aplicação da inteligência artificial na operação dos processos industriais (Villermaux, 1991).

Esse último aspecto é mais um fator que vem concorrer para a necessidade de reforçar a interação do Setor Químico com o sistema gerador de conhecimentos científicos, pesquisa básica e pesquisa aplicada, exercido pelas universidades e pelos institutos especializados em pesquisa tecnológica. Quanto a este particular observa-se uma tendência de crescimento do número de casos em que se busca a parceria técnica empresa-universidade/instituto de pesquisa tecnológica associada à questão da competitividade da empresa. Esta situação é particularmente verdadeira para as empresas químicas operando no Brasil, que vêm registrando sensível **descapitalização** de sua capacitação tecnológica (sobretudo do recurso humano e na contramão do ambiente mais competitivo) nos últimos anos, como consequência não só dos fatores do ambiente externo já apontados, de implicação genérica para a indústria química mundial, mas também de fatores específicos nacionais decorrentes dos desajustes macroeconômicos vividos pelo País e da demora em conseguir os superar. ◆

RESUMO

A tecnologia constitui fonte de obtenção de diferenciação competitiva para a empresa do Setor Químico. Daí a importância e o interesse em aprimorar o referencial do conhecimento relacionado ao uso eficaz da tecnologia para a competitividade da empresa química. Com este propósito, apresenta-se neste artigo conceitos e resultados de pesquisas contidos em literatura recente e discute-se implicações e tendências decorrentes das condições de ambiente, no período pós-anos 80, na gestão da tecnologia em empresas químicas. São fornecidos, ainda, elementos do quadro de referência da estrutura industrial do Setor Químico, focalizando o papel e a expressão econômica das atividades em tecnologia.

Palavras-chave: gestão de tecnologia, Setor Químico, tecnologia, estratégia empresarial.

ABSTRACT

Technology constitutes a source for competitive advantages to the chemical industry. Hence the importance and interest of improving the knowledge basis related to the effective use of technology for the chemical industry competitiveness. Therefore, this paper presents some concepts and research results found in recent literature and debates the implications and trends brought about by the post-80's period prevailing cultural factors on technology management for the chemical sector. It also relates some elements of the chemical industry structure, focusing on the role and economic importance of technologic activities.

Uniterms: management of technology, chemical industry, technology, business strategy.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A INDÚSTRIA petroquímica brasileira — perfil e oportunidades. *PetroConsult*, São Paulo, v.1, parte A, dez. 1992. [Mimeo]
- ACHILLADELIS, B.; SCHWARZKOPF, A.; CINES, M. The dynamics of technological innovation: the case of the chemical industry. *Research Policy*, v.19, p.1-34, 1990.
- AÏT-EL-HADJ, S. Management de l'innovation technologique. In: JOFFRE, Patrick & SIMON, Yves. *Encyclopédie de Gestion*. Paris, Economica, 1989. p.1628-1643
- ANSOFF, H. Igor & STEWART, John M. Strategies for a technology-based business. *Harvard Business Review*, v.45, n.6, p.71-83, Nov./Dec. 1967.
- CHEMICAL INSIGHT'S. *Company analysis*. London, Reed Business Publishing, 1992.
- _____. *Company analysis*. London, Reed Business Publishing, 1993.
- COHENDET, Patrick & LEDOUX, Marc-Jacques. *Les entreprises chimiques vers la globalisation*. Bruxelles, CCE-MONITOR/FAST, v.15, mars 1991. 22 p. [Prospective Dossier n.2: Globalisation of Economy and Technology, FOP 287]
- COLLINS, Timothy M. & DOORLEY, Thomas L. *Les alliances stratégiques*. Paris, Inter Editions, 1992. [Traduction de l'anglais; titre original: *Timing up for the 90s*. Braxton, De Loitte & Touche, 1991]
- COLOMBO, U. A viewpoint on innovation and the chemical industry. *Research Policy*, v.9, n.3, p.204-231, July 1980.
- COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN/France. L'industrie chimique et pharmaceutique française dans la perspective de 1992. Paris, La Documentation Française, 1989. 252 p.
- DURAND, Thomas. Management stratégique de la technologie: dix enseignements. *Futuribles*, n.137, p.39-53, 1989.
- FRADET, M. (coord.). *La chimie dans la région grenobloise — Livre Blanc*. Grenoble, BIEN/SIEPARG, janvier 1986. 105 p.
- FREEMAN, Christopher. Technical innovation in the world chemical industry and changes of technico-economic paradigm. In: FREEMAN, Christopher & SOETE, Luc (eds.). *New explorations in the economics of technical change*. London, Pinter Publishers, 1990. [Chapter 4, p.74-91]
- FRIAR, John & HORWITCH, Mel. The emergence of technology strategy. A new dimension of strategic man-

- agement. *Technology in Society*, v.7, p.143-178, 1985.
- HAGEDOORN, John & SCHAKENRAAD, Jos. *The role of interfirm cooperation agreements in the globalisation of economy and technology*. Bruxelles, CCE-MONITOR/FAST, v.8, nov. 1991. 154 p. [Prospective Dossier n.2: Globalisation of Economy and Technology, FOP 280]
- HÉRAUD, Jean-Alain & PIVOT, Catherine. Une analyse fonctionnelle de la filière agro-alimentaire: description et prospective des relations avec la chimie. COLLOQUE LATAPSES-INRA, 20 et 21 avril, 1989, Sophia-Antipolis. 32 p. [Mimeo]
- INDUSTRIE chimique: après les acquisitions, les alliances. *Informations Chimie*, n.322, p.15-16, 1990. [Editorial]
- JACOT, Jacques-Henri. A propos de l'évaluation des systèmes intégrés de production. In: *Gestion industrielle et mesure économique*. ECOSIP. Paris, Economica, coll. Gestion, 1990. [Chapitre 3, p.61-70]
- LARUE DE TOURNEMINE, Régis. *Stratégies technologiques et processus d'innovation*. Paris, Les Editions d'Organisation, 1991. 269 p.
- LE NOUVEAU monde de Rhône-Poulenc. *Le Nouvel Economiste*, n.867, p.38-45, 30 out. 1992.
- LES SEPT crises de la chimie. *Le Monde*, 20 abr. 1993. p.31
- MARCOVITCH, Jacques. Tecnologia e competitividade. *Revista de Administração*, v.26, n.2, p.12-21, abr./jun. 1991.
- MONATERI, Jean-Charles. *La chimie de base en Rhône-Alpes*. Grenoble, IREPD, juin 1990. 15 p. [Mimeo]
- MORONE, Joseph. Strategic use of technology. *California Management Review*, v.31, n.4, p.91-110, Summer 1989.
- PARISI Jr., Cleomar. Economia de escala e P&D na petroquímica brasileira. *Revista de Administração*, v.28, n.4, p.15-26, out./dez. 1993.
- _____. *O problema da competitividade da indústria petroquímica brasileira: um estudo sobre o padrão de integração das firmas*. São Paulo, 1994. 163 p. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.
- PAVITT, Keith. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, n.13, p.343-373, 1984.
- _____. What we know about the strategic management of technology. *California Management Review*, v.32, n.3, p.17-26, Spring 1990.
- RENON, Henri. Innovation in the chemical processing industries. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 10. São Paulo, 13-16 set. 1994. 27 p. [Mimeo]
- STEELE, L.W. *Managing technology: the strategic view*. New York, McGraw-Hill, 1989. 356 p.
- VASCONCELLOS, Eduardo. Gestão tecnológica no setor produtivo. SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE EL NUEVO CONTEXTO DE LAS POLITICAS DE DESARROLLO CIENTIFICO E TECNOLÓGICO. *Anais*. Montevideo, 1990.
- VILLERMAUX, Jacques. Le génie des procédés. *La Recherche*, v.22, n.235, p.1046-1055, 1991.
- _____. Strategy 2000. Synthesis of the strategy discussions at WCCE-4 in Karlsruhe (June 1991) and at the SAC meeting of the EFChE in De Lutte (Oct. 1991). WORLD CONGRESS OF CHEMICAL ENG., 4. June 1991, Karlsruhe. *Proceedings*. Frankfurt, DECHEMA, 1992.
- WALSH, Vivien. Desperately seeking solvency: or external linkages of small UK biotechnology firms. WORKSHOP ON INTER-FIRM TECHNOLOGICAL COOPERATION AGREEMENTS, Université Paris X, Nov. 21-22, 1988, Nanterre. 47 p. [Mimeo]
- WALSH, Vivien et alii. *Implications and consequences for the science and technology policy of the E.C. The Biotechnology Sector*. Bruxelles, CCE-MONITOR/FAST, v.12, Nov. 1991. 114 p. [Prospective Dossier n.2: Globalisation of Economy and Technology, FOP 284]
- WEI, J.; RUSSEL, T.W.F.; SWARTZLANDER, M.W. *The structure of the chemical processing industries: functions and economics*. New York, McGraw-Hill, 1979.
- WESTNEY, Eleanor D. Domestic and foreign learning curves in managing international cooperative strategies. In: CONTRACTOR, Farok J. & LORANGE, Peter. *Cooperative strategies in international business*. Lexington, Lexington Books, 1988. [Chapter 19, p.339-346]