A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA PETROBRÁS NA PRODUÇÃO OFFSHORE

André Tosi Furtado

1. INTRODUÇÃO

Os países periféricos costumam absorver de fontes externas grande parte da nova tecnologia que utilizam em seus processos produtivos, principalmente quando esta é de ponta e requer um certo grau de performance. Entretanto, mesmo que assumam uma posição de receptores de novas tecnologias, um grupo importante de empresas de médio e grande porte realiza um significativo esforço tecnológico. Esse esforço volta-se, principalmente, para um determinado tipo de inovação, de natureza incremental, que se destina à adaptação e à introdução de melhoramentos em processos ou produtos existentes. As inovações são introduzidas preferencialmente sobre bases técnicas já maduras conformando um certo tipo de trajetória tecnológica, específica a esses países. A trajetória tecnológica das empresas, apoiada em inovações incrementais, pode levar a uma posição comercial competitiva, mas dificilmente ocorre o mesmo no plano da inovação, quanto mais na fronteira tecnológica (Katz, 1976; Lall, 1982; Fransman, 1986).

Este trabalho, baseando-se no estudo de caso da produção brasileira de petróleo offshore, trata de mostrar que uma empresa de grande porte per a apresentação dos principais sistemas tecnológicos em competição nessa área, destacando a liderança adquirida pelo sistema desenvolvido pela Petrobrás. Em seguida, num quinto capítulo, analisa-se a trajetória tecnológica dessa empresa, ressaltando as principais etapas que ela percorreu até alcançar sua posição de destaque atual. Na conclusão, elabora-se uma reflexão sobre os fatores determinantes que permitiram o sucesso dessa trajetória tecnológica apoiada em inovações incrementais.

2. COMPETIÇÃO ENTRE SISTEMAS TECNOLÓGICOS

A mudança técnica não ocorre ao acaso ou está exógenamente determinada. Ela faz parte plenamente da mudança econômica. As organizações produtivas são também organizações que aprendem. Nesse sentido, a mudança técnica está associada à experiência dos agentes econômicos, o que a torna um processo específico às circunstâncias e localizado. A sucessão de sucessos e fracassos determina a maneira pela qual os agentes realizam o processo de aprendizagem. Por essa razão, trata-se de um processo cumulativo que também garante, em determinadas seqüências, rendimentos crescentes de aprendizagem.

Portanto, os agentes que utilizam e transformam as tecnologias seguem certos padrões evolutivos. Esses padrões evolutivos são chamados de trajetórias tecnológicas. Esta é definida como o conjunto de características evolucionárias e cumulativas que condicionam o desenvolvimento e as mudanças experimentadas por tecnologias quando se difundem e são utilizadas na produção e em serviços (OCDE, 1992). Esses padrões são definidos por maneiras “normais” de solucionar problemas dentro do quadro de um certo paradigma tecnológico (Dosi, 1982).

As trajetórias tecnológicas possuem características próprias, como o fato de atravessarem certos estágios evolutivos. No início de sua evolução, uma trajetória tecnológica apresenta um grande espectro de possibilidades. Nesse estágio costumam competir diversos sistemas tecnologicos, cada qual apresentando potenciais para tornar-se dominante. Existem vários caminhos possíveis, cada um deles constitui um determinado conjunto de tecnologias inter-relacionadas entre si.

Entretanto, a medida em que uma trajetória tecnológica progride, o número de sistemas tecnológicos em competição tende a reduzir-se. Apenas um tende a prevalecer sobre os demais, em virtude dos rendimentos crescentes de adoção (Arthur, 1989). De forma que a tecnologia que se beneficia de uma maior adoção no início de uma trajetória pode adquirir uma vantagem decisiva sobre as demais. A partir de um certo estágio, mesmo que ela não seja a mais eficiente, ela se torna dominante e as demais são descartadas. Esse processo de estreitamento do raio de opções à apenas uma determinada tecnologia é chamado de *lock in*. Portanto segundo essa perspectiva, o impulso inicial que é dado a uma determinada tecnologia pode explicar que ela venha a se tornar hegemônica.

O grau de incerteza que existe *ex ante* sobre a evolução das diferentes tecnologias em competição implica, como coloca corretamente B. Arthur (1989), em um importante potencial de ineficiência que dependerá de qual for a tecnologia que vier a vencer. Nesse contexto, algumas variáveis poderão desempenhar um papel importante para a escolha tecnológica tais como os interesses econômicos das organizações envolvidas no processo de inovação, o mercado, os agentes institucionais e as forças políticas.

O *lock in* em apenas um determinado sistema tecnológico pode ser considerado como um caso extremo, onde uma tecnologia ganha um avanço suficiente para eliminar as demais. Depende, como ressalta adequadamente Ruttan (1996), de que os rendimentos crescentes sejam estáveis. Entretanto, na maioria dos casos convivem vários sistemas em competição porque as economias de escala e os ganhos de adoção do sistema tecnológico líder não são suficientes para possibilitar a evicção das demais tecnologias. As possibilidades de escolha tecnológica se mantém suficientemente diversificadas, mesmo que com o amadurecimento das trajetórias ocorra uma redução da gama de opções.

A escolha entre sistemas tecnológicos, tendo em vista o caráter localizado do processo de aprendizagem, torna-se uma competição entre empresas e mesmo entre espaços econômicos, cada qual apostando no desenvolvimento de um determinado sistema tecnológico. Muitas vezes a competição de tecnologias é uma competição entre países cujos governos apoiam seus grupos empresariais nacionais, através de múltiplos mecanismos como o fomento à P&D industrial e o financiamento das primeiras séries de produção. Mas as grandes empresas multinacionais, mesmo sem o apoio de seus respectivos governos, estabelecem

acirradas competições entre si para fazer prevalecer seu próprio sistema tecnológico em escala mundial.

Que elementos irão determinar que uma tecnologia seja mais usada do que as demais em sua etapa inicial de desenvolvimento? Existem fatores determinantes que são, pelo lado da oferta, o potencial de desenvolvimento de uma determinada tecnologia. Esse potencial está relacionado às expectativas que as empresas têm do retorno de seus investimentos em inovação, as quais estão condicionadas, a sua vez, pelas oportunidades tecnológicas e pelo grau de apropriabilidade da tecnologia (Nelson, 1988). As oportunidades tecnológicas são dificilmente previsíveis com precisão, dado o grande grau de incerteza que caracteriza a atividade de busca tecnológica. Entretanto, esses fatores não são suficientes para dar conta da evolução tecnológica.

Pelo lado da demanda, existem outros elementos de ordem econômica que podem ter reflexos sobre essa escolha tais como o tamanho do mercado, a influência sobre os demais mercados e as oportunidades produtivas (acesso a preço favorável a determinados insumos). O ambiente de seleção das tecnologias tem também uma grande importância para o desfecho da competição tecnológica. Esse ambiente incorpora a influência de fatores político-institucionais. A área energética constitui uma importante ilustração da importância que os fatores político-institucionais têm para a competição tecnológica. Nessa área, onde as tecnologias usadas têm grande repercussão sobre o meio-ambiente, a mobilização da população dos países desenvolvidos contra as ameaças da tecnologia nuclear de geração elétrica frustrou as apostas que os governos desses países e grandes grupos empresariais haviam feito nesse sistema tecnológico.

Em síntese, uma grande variedade de fatores, que atuam no início de uma determinada trajetória tecnológica, podem induzir a adoção de um dado sistema tecnológico mais do que outro. Esses fatores têm uma influência muito duradoura. Eles são muito variados e dependem do contexto específico em que ocorre essa etapa de constituição de uma tecnologia. No caso que iremos analisar, veremos que a baixa do preço do petróleo no mercado mundial desde meados da década de 80 modificou fortemente o ambiente de seleção das tecnologias de produção favorecendo a adoção de inovações poupadoras de custo.

3. TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA NOS PAÍSES PERIFÉRICOS

A competição tecnológica, tal como a analisamos no item anterior, ocorre fundamentalmente entre as grandes empresas dos países desenvolvidos. Essas empresas posicionam-se na fronteira tecnológica e disputam a liderança com outras grandes empresas.

As empresas dos países periféricos se contentam em acompanhar a certa distância a evolução internacional. Isto porque não têm capacitação tecnológica e nem porte suficientes para alavancar grandes volumes de investimentos com forte

conteúdo de risco. Os governos costumam ser mais fracos e os mercados internos de menor tamanho.

As vantagens competitivas das empresas dos países periféricos relacionam-se ao acesso vantajoso a determinados insumos (matérias-primas, mão-de-obra) ou a mercados internos protegidos. Os países latino-américanos têm o seu processo de industrialização muito centrado na proteção do mercado interno. Em base a esse tipo de protecionismo, as empresas desenvolveram determinadas seqüências evolutivas de mudança técnica que são específicas a esses países (Katz, 1987).

O tamanho mais reduzido dos mercados, a maior dificuldade de acesso a insumos de qualidade similar aos do exterior, infra-estruturas deficientes, instabilidade macro-econômica são alguns dos principais traços que diferenciam o ambiente seletivo das empresas de países periféricos. Essas especificidades, ao mesmo tempo em que são limitantes, constituem importantes desafios tecnológicos. As empresas têm de realizar uma série de esforços tecnológicos para adaptar os produtos e processos que transferem às condições locais. As menores escalas de produção demandam importantes esforços de adaptação em matéria de engenharia de processo. O desenvolvimento da produção requer, na falta de fornecedores confiáveis, a internalização de atividades industriais que extrapolam o campo de atuação normal de uma firma em um país desenvolvido Essas atividades resultam em importantes esforços de engenharia, nas áreas de manutenção, desenho e até fabricação de bens de capital.

O ambiente competitivo específico dos países em desenvolvimento tem levado às empresas a apresentar um certo padrão de mudança técnica, que configura um estilo próprio de trajetória tecnológica. Nesse contexto, algumas empresas bem sucedidas apresentam um nível adequado de capacitação tecnológica para operar eficientemente suas plantas produtivas, adquirir e colocar em funcionamento novas plantas, e aumentar constantemente a produtividade através da introdução regular de inovações incrementais. Entretanto, essa capacitação é insuficiente para alcançar a fronteira tecnológica, sobretudo no que se relaciona à capacidade de inovar. Essas empresas conseguem apenas ser boas seguidoras, contando dificilmente com uma capacidade de inovação à altura para ocupar uma posição de liderança na fronteira tecnológica.

A rigor poderíamos afirmar que os países periféricos têm uma trajetória própria que segue a certa distância a trajetória tecnológica internacional. Esta última se desloca em função da competição entre sistemas situados na fronteira tecnológica internacional.

Ao passo que a trajetória dos países periféricos acompanha essa evolução a certa distância, a qual está determinada pelo tamanho do *gap* tecnológico que os separa dos países avançados. Nesse sentido podemos supor que a capacitação das empresas depende em grande parte do nível relativo da economia nacional ou regional. De fato, a capacitação tecnológica dessas empresas está relacionada,

em grande medida, à qualidade das interações com múltiplos agentes inovadores dentro de sistemas nacionais de inovação (Freeman, 1988; Lundvall, 1988; Nelson, 1993).

Nesse contexto, é difícil conceber que empresas e indústrias de países periféricos possam ter uma posição de destaque no plano da inovação internacional, mesmo porque a trajetória tecnológica desses países não converge com a trajetória dominante[1]. Ela se move em ambientes próprios, de economias que sofrem da escassez crônica de recursos e são pouco propensas a inovações radicais. Portanto, não se justifica que a trajetória tecnológica de uma empresa de país periférico, apoiada essencialmente em inovações incrementais, possa ter condições de sucesso à nível da fronteira tecnológica internacional.

Considerando todos esses pontos levantados pela literatura sobre mudança técnica em países periféricos, como se explica que a Petrobrás tenha logrado alcançar uma posição de liderança tecnológica internacional?

Este fato, um pouco fora do comum, deve chamar a atenção para a complexidade do tema da competição tecnológica, sobretudo quando se trata de sistemas para o setor energético. No campo da energia se travam as mais importantes competições tecnológicas deste fim de século, que têm importantes desdobramentos sócio-ambientais (Martin, 1996). A compreensão desse contexto fica ainda mais dificultada porque não existe um quadro teórico muito consolidado a respeito de como as tecnologias já estabelecidas competem com as novas. Sabe-se que as antigas tecnologias acabam deixando o frente da cena, no campo da energia, porque a partir de certo momento esgotam seu potencial de inovações e aumentam as externalidades ambientais negativas (Kemp & Soete, 1993). Em decorrência, os custos de produção e de uso tendem a aumentar significativamente. Em compensação, sabe-se menos a respeito do comportamento inverso, ou seja, quando as tecnologias antigas são regeneradas pelas novas, e têm seu período de sobrevida prolongado por essa razão. Esse período costuma ser ainda mais longo quando as tecnologias dominantes usufruem de substanciais economias de aprendizagem e de adoção.

---

[1] Katz (1976) tem refletido sobre a possibilide de empresas de países periféricos lograrem processos de *catching up*. Isto seria possível em setores maduros com poucas inovações radicais e uma baixa velocidade de deslocamento da fronteira tecnológica. Nestes, as empresas de países periféricos apoiadas em processos de aprendizagem focalizados em inovações incrementais, poderiam alcançar o nível de produtividade internacional. Entretanto é sintomático o paralelo que Katz estabelece entre maior nível de produtividade e fronteira tecnológica internacional. Temos toda a razão de pensar que a mudança técnica e a fronteira tecnológica não possam ser reduzidas à produtividade dos fatores, embora existam importantes relações. Isto porque a inovação tecnológica mais radical é de produto. Mas quando esse tipo de inovação tende a diminuir de importância, as inovações de processo redutoras de custo tendem a predominar. Nesse contexto, a produtividade dos fatores é um bom indicador.

A indústria do petróleo é tipicamente uma indústria originária da segunda revolução industrial, onde as inovações radicais ocorreram entre as últimas décadas do século passado e meados deste. Pode-se dizer que essa indústria estava sofrendo um certo fenômeno de rendimentos decrescentes no pós-guerra. Isso ocorria porque os custos não paravam de crescer sobretudo quando se tratava do petróleo marginal a ser descoberto e explorado com novos métodos de produção, o chamado petróleo de fronteira. Entretanto, a emergência de um novo paradigma técnico-econômico apoiado nas tecnologias da informação está de certa forma regenerando a trajetória tecnológica dessa indústria. Os novos petróleos, sobretudo aqueles localizados em águas profundas estão tendo um reganho de interesse muito em função dos importantes avanços que foram obtidos na tecnologia de produção (gicos alguns mais e outros menos emergentes.

A produção de petróleo em águas profundas é tipicamente um caso de uma nova atividade industrial, para a qual ainda não há um sistema tecnológico hegemônico. É até possível que nenhum dos sistemas atualmente em competição venha ser dominante dado as características próprias da difusão tecnológica nesse setor. Em todo caso essa competição se trava entre diversos sistemas tecnológicos que representam as principais regiões produtoras. Nesse contexto, uma empresa petroleira de país periférico assume a liderança tecnológica apoiada em inovações incrementais aplicadas a um sistema existente. As grandes companhias que optaram por sistemas tecnológicos novos tiveram menos sucesso. Temos consequentemente uma maior sobrevida de um sistema existente a partir de inovações incrementais, ao passo que sistemas novos ainda não lograram desenvolver seqüências de aprendizagem suficientemente produtivas para tornarem-se dominantes.

4. A INDÚSTRIA MUNDIAL DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL OFFSHORE

O petróleo e o gás natural produzidos em águas profundas deverão ocupar um lugar importante no abastecimento energético mundial. De fato, observa-se que a produção mundial de petróleo e de gás natural manteve-se em crescimento constante, desde 1985, acompanhando o consumo energético. Projeta-se que os hidrocarbonetos são e devem continuar sendo a principal fonte de energia usada no mundo no horizonte dos próximos 25 anos. A participação destes é estimada em 56% do abastecimento energético mundial para o ano 2020 (Alazard et Montardet, 1993). Nesse contexto, o offshore desempenhará um papel cada vez mais importante na determinação do montante das reservas e da produção mundial de petróleo e gás natural, embora os hidrocarbonetos provenientes destas jazidas sejam de maior custo. Hoje, 30% da produção de petróleo é proveniente das plataformas marítimas. Explica-se, em parte, o desenvolvimento da produção offshore pelo impacto que os dois choques do petróleo provocaram na organização e no nível tecnológico da indústria do petróleo. O desenvolvimento da produção offshore se deu fora do âmbito dos grandes exportadores da OPEP,

como recurso dos países desenvolvidos importadores para reduzir sua dependência externa.

A indústria offshore nasce verdadeiramente nos anos 50 no Golfo do México. Desde então ela se expande para o Mar do Norte, que se torna a principal província petrolífera offshore. O desenvolvimento dessa indústria tem sido acompanhado pelo aumento da profundidade das láminas d'água. O descobrimento de novas jazidas em offshore está ocorrendo em águas cada vez mais profundas, nas principais zonas produtoras do Golfo do México, Mar do Norte, África, América do Sul e Ásia. Portanto, o aumento do potencial de produção de petróleo requer que se desenvolvam tecnologias capazes de produzir a grandes profundidades (Boy de la Tour et alii, 1986).

O desafio tecnológico que é colocado para a indústria do petróleo offshore encontra-se principalmente do lado do desenvolvimento de sistemas de produção que sejam adequados à valorização de jazidas localizadas em águas profundas. De fato, a tecnologia para perfuração a grandes profundidades já existe desde a década de 60, podendo em princípio alcançar 5000 metros. A mesma observação se aplica à tecnologia de levantamento geofísicos submarinos. O grande gargalo tecnológico consiste em instalar sistemas de extração, condicionamento e transporte de petróleo e gás natural que sejam confiáveis e tenham custos competitivos.

As condições desse desafio tecnológico variam de acordo com a região produtora. Mesmo o termo de águas profundas tem uma acepção variável dependendo da província geológica. No Mar do Norte, jazidas localizadas sob láminas d'água superiores a 200 metros são denominadas de águas profundas; já no Brasil e no Golfo do México, consideram-se profundidades superiores a 400 metros.

O avanço para essas áreas vem ocorrendo desde a década de 80. Entretanto, a evolução tecnológica na indústria do petróleo foi muito afetada pela evolução dos preços. Desde o início da década de 80, o volume de investimentos na exploração e desenvolvimento de petróleo sofreu uma queda substancial (Tabela 1). Esses investimentos retomaram a partir do final da década de 80, principalmente fora dos Estados-Unidos. O ambiente no qual ocorreram os investimentos desde a segunda metade da década de 80 esteve condicionado pela busca de custos de produção mais baixos. Entretanto, uma das características centrais da evolução tecnológica foi que a produção offshore continuou aumentando de 735 milhões de toneladas em 1985 para 900 milhões de toneladas, em 1992. Nesse quadro, o desenvolvimento da tecnologia em águas profundas tem prosseguido, embora outros projetos de fronteira como o xisto bituminoso ou as areias asfálticas foram praticamente paralisados (Boy de la Tour, 1994).

Tabela 1

Investimentos em Exploração e Produção da Indústria Mundial de Petróleo (bilhões de US$)

	1980	1982	1984	1986	1988	1990	1992
Estados-Unidos	37,0	52,2	48,1	24,8	24,0	24,5	18,5
Resto do Mundo	35,1	39,2	35,8	29,6	30,5	36,0	44,0
Total	72,1	91,4	83,9	54,5	54,5	60,5	62,5

Fonte: IFP, 1992

4.1 Os grandes desafios tecnológicos da indústria do petróleo após o contra-choque de 1986

A queda abrupta do preço do petróleo, em 1986, criou uma nova realidade para a indústria. As cotações que haviam alcançado 40 US$ por barril, no início da década, e vinham se mantendo em 29 US$, para o Arabian Light, no preço oficial da OPEP, despencaram naquele ano para chegar em 10 US$. A cotação voltou a subir mas se estabilizou desde então em torno de 16-20 US$, se excluirmos o curto período de explosão dos preços em 1990, quando as tropas iraquianas invadiram o Kuwait e a evolução excepcional recente (1996-97). Esse novo cenário gerou uma série de constrangimentos para as grandes companhias de petróleo que eram responsáveis pelo desenvolvimento de grande parte dos petróleos mais difíceis, situados na parte marítima da plataforma continental.

De forma geral, tanto para o offshore como para o onshore, a indústria do petróleo foi impelida a buscar novas soluções que resultassem em cortes dos custos de exploração e produção. Esse novo ambiente de seleção das inovações foi certamente redirecionando as trajetórias tecnológicas na indústria para a busca de soluções mais econômicas.
As novas tecnologias desempenharam um importante papel na introdução de inovações poupadoras de custos. As inovações que mais impactaram a atividade do setor foram a sísmica 3D (três dimensões), a qual melhorou consideravelmente a eficácia dos levantamentos sísmicos na detecção de reservas, reduzindo as necessidades de perfuração e melhorando o conhecimento do subsolo, e a perfuração horizontal, que melhorou o aproveitamento dos reservatórios e reduziu também a necessidade de perfuração (Boy de la Tour, 1994). É importante ressaltar que a primeira inovação derivou fundamentalmente do desenvolvimento e aplicação de novos instrumentos e métodos informáticos à indústria de prospecção geológica.

Do lado dos sistemas de produção marítimos, as inovações começaram a ser pautadas pela necessidade de redução de custos. O custo desses sistemas costuma variar entre centenas de milhões e bilhões de dólares. A plataforma Hibernia, que está prevista para entrar em operação durante o ano de 1997 no Mar Ártico, deverá custar entre US$ 5 e 6 bilhões, incluindo-se o desenvolvimento dos poços. De forma que um dos principais objetivos das inovações introduzidas nos sistemas de produção passa a ser a redução de custos. Em todo mundo, presenciou-se a emergência de novos conceitos de plataformas mais econômicas, como as plataformas sem tripulação (*unmanned*), que são completamente automatizadas e podem ser controladas a distância. Em águas profundas tenderam a predominar dois tipos de conceitos como veremos a seguir.

4.2 Os conceitos de sistemas de produção offshore

O desenvolvimento da produção offshore fez-se, em grande medida, a partir de plataformas fixas. Essa tecnologia foi desenvolvida entre as décadas de 30 e 50, primeiro na Venezuela e depois no Golfo do México. Ela consiste em grandes estruturas metálicas que repousam sobre o subsolo marinho. Nesse sistema, a árvore de natal (conjunto de válvulas que controla a produção do poço) e as unidades de processamento da produção estão posicionados sobre a plataforma: é a chamada completação seca.

· A Coflexip, que constituiu uma joint-venture com o Bradesco chamada de Brasflex, iniciou suas atividades na usina de Vitória, em 1984.[2]

---

[2]. O que a empresa desenvolveu, durante a primeira metade da década de 80, em *hardware*, em associação com os estaleiros navais nacionais, foi a capacidade de reconverter as sondas semi-submersíveis em plataformas de produção.

O Procap representou, de fato, uma solução de continuidade com a trajetória tecnológica que a Petrobrás adotara. A estratégia desse programa consistia essencialmente em esticar a trajetória tecnológica dos SPF para profundidades cada vez maiores. Contudo, para adequar os SPF às condições muito mais difíceis das águas profundas, era necessário alcançar um domínio muito maior sobre essa tecnologia, tanto em *hardware* como em *software*. Em *hardware*, a estratégia do programa consistia em absorver a tecnologia existente internacionalmente para depois redesenhá-la, adicionando melhoramentos e modificações que permitissem adaptá-la às novas condições de produção. De modo que o projeto básico das plataformas semi-submersíveis, aptas a operar nos campos gigantes de Marlim e Albacora, foi adquirido de uma firma estrangeira. A Divisão de projetos básicos de explotação coordenou um programa de transferência de tecnologia, junto à empresa de engenharia sueca Gotaverken Arendal, para desenvolver uma plataforma semi-submersível de grande porte (100.000 bbl/dia). Dado que essa plataforma fora concebida originalmente para a perfuração, os técnicos da Petrobrás precisaram adaptar o projeto básico, dando origem a plataforma Petrobrás XVIII. Em decorrência do domínio adquirido, novas modificações foram introduzidas que permitiram definir um novo projeto próprio de plataforma concebida para operar nas condições específicas da Bacia Campos. Esse processo de adaptação e aprimoramento possibilitou um corte da ordem de 30% dos custos (Gomes Freitas, 1993). Todavia, essa nova plataforma 100% Petrobrás, chamada de “Vitória Régia”, ficou em nível de conceito básico sem aplicações.

Nessa mesma linha, no quadro do Procap, a Petrobrás redesenhou e aperfeiçoou um conjunto de equipamentos complementares que foram adaptados para atuar em lâminas d’água de até 1000 metros. Entre esses se destacam as ANM, os templates manifolds, os sistemas de ancoragem e de risers flexíveis, as monoboias, etc. O desenvolvimento das principais tecnologias de hardware foi realizado pela própria empresa, embora em certos casos empresas nacionais ou estrangeiras participassem de alguns dos projetos do Procap. O VOR (veículo de operação remota), um robô submarino concebido e fabricado pela empresa de engenharia carioca Consub para operar sob 1000 metros, foi o único equipamento de porte desenvolvido por uma empresa nacional.

Alguns desses desenvolvimentos conceituais não foram comercializados posteriormente, como nos casos da plataforma semi-submersível, da ANM, do Octos 1000

· A Petrobrás desenvolveu um projeto original de template manifold para atuar em águas profundas e em terrenos arenosos: o Octos 1000.[3]

---

[3] ou do VOR. Entretanto, os conhecimentos adquiridos pelos projetos foram decisivos para que a Petrobrás enfrentasse o desafio das águas profundas. Esses conhecimentos foram repassados aos fabricantes de bens de capital ou incorporados em novos projetos conceituais que foram posteriormente implantados.

Ao mesmo tempo, dentro do quadro do Procap, a estatal brasileira adquiriu uma importante capacitação tecnológica em serviços complementares (*software*), que talvez seja um dos seus mais importantes trunfos na atualidade. Assim, o Cenpes desenvolveu junto ao departamento de produção a capacidade de instalar ANM, templates manifolds e risers sem o recurso de mergulhadores, em grandes profundidades. Normalmente, usam-se mergulhadores para instalar cabos-guias que possibilitam a descida das partes desse equipamento com precisão até o local de produção. Como o mergulho está limitado operacionalmente em até 400 metros, torna-se extremamente difícil instalar ANM em profundidades superiores a essa. Com tal propósito, a Petrobrás desenvolveu um conhecimento operacional que é praticamente único no mundo de instalar ANM a grandes profundidades. O mesmo ocorreu com a instalação de dutos. Esse *know-how* foi o objeto da outorgação do prêmio da OTC (Offshore Technology Conference), em 1992. Os recordes premiados foram os de instalação de ANM, monobóias e de dutos a grandes profundidades.

A explicação mais lógica para que a Petrobrás tenha adotado uma estratégia tecnológica, baseada em inovações incrementais, é o seu menor custo e risco. Entretanto, a empresa não desconsiderou a perspectiva da descontinuidade tecnológica. Com efeito, sempre houveram dúvidas quanto às possibilidades de esticar a tecnologia dos SPF para profundidades superiores a 1000 metros.

Os pontos críticos dos SPF são a questão da segurança associada a instalação e operação de equipamentos como as ANM, que se tornam cada vez mais caros a medida em que aumenta a profundidade. O risco de explosões na cabeça do poço (*blow-out*), constitui um importante desafio. Por outro lado, há o problema das conexões entre a cabeça de poço e a plataforma, principalmente, dos risers flexíveis. Estes, além de serem cada vez mais caros, a medida em que a profundidade aumenta, colocam o problema do peso que pode ser tão grande a ponto de “afundar” a plataforma semi-submersível. Uma das mais importantes soluções desenvolvidas pela empresa, no quadro do Procap, foram os sistemas híbridos que permitem o uso de conexões rígidas apoiadas no solo até uma certa altura, a partir da qual são ligadas às plataformas por risers flexíveis. Eles representam uma solução de continuidade para a estratégia de esticar a tecnologia dos SPF.

Pressintindo o esgotamento da tecnologia dos SPF, a Petrobrás começou a pensar em termos de descontinuidade tecnológica. No contexto do Procap, a empresa buscou dominar, em nível de projeto, tecnologias como as da TLP e do bombeio multifásico. A TLP, como mencionamos anteriormente, é uma tecnologia já operada em alguns locais, competindo em profundidade com a da Petrobrás. A Petrobrás ciente desses desenvolvimentos, realizou no contexto do Procap um contrato de transferência de tecnologia com a joint-venture americano-norueguesa Fluor-GVA. Posteriormente, os técnicos do Cenpes desenvolveram o projeto conceitual de uma TLP para operar nas condições da Bacia de Campos, em profundidades de até 1000 metros.

A tecnologia do Bombeio Multifásico, como vimos anteriormente, ainda se encontra em estágio experimental. A Petrobrás participa de contratos de cooperativos que servem para financiar a P&D executada nesse campo por determinadas empresas e centros de pesquisa. Esses contratos coperativos permitem a Petrobrás ter acesso aos conhecimentos obtidos com os desenvolvimentos dessa tecnologia.

A estratégia tecnológica da Petrobrás teve até o momento fortes traços de empresa de país periférico, uma vez que, ao invés de optar por um sistema tecnológico novo, mais ousado, escolheu aperfeiçoar a base técnica que já dominava, baseada nos sistemas flutuantes de produção (SPF), mesmo que esse sistema ainda não operasse em águas profundas. Mesmo assim, essa estratégia não ignorou a possibilidade de descontinuidade, mantendo em permanência um monitaremento das principais evoluções tecnológicas da indústria. Esse tipo de estratégia tem sido muito bem sucedida e permitiu que a empresa mantivesse a liderança mundial em águas profundas.

5.3 Tendências recentes na década de 90

Para desenvolver os novos conceitos tecnológicos gerados pelo PROCAP 1000, a Petrobrás teve que superar uma série de dificuldades externas, dentre as quais sobressaiu-se a sua realidade financeira. Os planos elaborados pela empresa demandavam investimentos anuais da ordem de US$ 4 bilhões. Entretanto, apenas a metade desses recursos foram executados nos últimos anos, colocando a empresa numa situação difícil de ter que rever seus planos iniciais (Furtado e Muller, 1994).

A realidade financeira da empresa, que veio se agravando desde a segunda metade da década de 80, não era condizente com essas metas de investimento. O faturamento da empresa caiu aproximadamente da metade, em termos reais, durante a década de 80, comprometendo fortemente sua capacidade de investimento. Note-se que essa queda não teve origem na retração da produção mas, sim, no valor das tarifas fixadas pelo governo.

Frente a esse quadro relativamente desfavorável, a empresa foi levada a dar continuidade a sua estratégia incrementalista na década 90, somente que desta vez alinhando-se com a evolução da indústria internacional. Nesse contexto, até mesmo a estratégia tecnológica elaborada no quadro do Procap 1000 está sendo revista. Os planos de industrializar conceitos próprios de plataformas semi-submersíveis, como a Vitória Régia, para valorizar campos de águas profundas estão sendo paulatinamente deixados de lado, à espera de dias melhores. Aparentemente a Petrobrás XVIII terá sido a única plataforma nova encomendada pela empresa. Agora a empresa está partindo para soluções mais econômicas.

As novas iniciativas voltadas para o desenvolvimento da produção em águas profundas têm se caracterizado pela escolha de soluções mais modestas. De fato, a terceira unidade, a ser instalada no campo de Marlim, com capacidade de produção de 100.000 bbl/dia, deverá ser uma plataforma semi-submersível de perfuração transformada pelo estaleiro nacional Verolme Ishibrás. O custo do empreendimento está sendo avaliado em US$ 165,5 milhões, o qual é bem inferior ao da Petrobrás XVIII que foi de US$ 272 milhões.

Entretanto, as mudanças na estratégia da empresa são ainda mais radicais, já que ela vêm manifestando interesse em abandonar o conceito das plataformas semi-submersíveis para aproximar-se daquele dos FPSO. A Petrobrás está acelerando a transformação de navios petroleiros usados nessas unidades. Os custos estimados situam-se na faixa dos US$ 100 a 160 milhões (Gazeta Mercantil, 8/11/95). Está sendo prevista a instalação de um FPSO no campo de Barracuda que será recorde mundial de profundidade em 840 metros de lámina d'água (OGJ, 8/5/95).

Essa mudança de postura frente à inovação está alterando a natureza dos programas tecnológicos da empresa. O Procap 2000, que é continuação do programa homônimo, pretende permitir que a empresa alcance profundidades de produção de até 2000 metros, posssibilitando a valorização de todo o potencial de reservas existentes na Bacia de Campos, estimado em torno de 8 bilhões de barris. Os projetos desse programa, ao todo onze, podem ser reagrupados em duas categorias importantes: os projetos que são destinados a melhorar o desempenho dos SPF (perfuração e estabilidade de poços horizontais e alta inclinação; controle de blow-outs, de escoamento da produção, etc.); e aqueles destinados a trabalhar com conceitos completamente novos (sistema de separação submarina, bombeio multifásico, bombeio centrifugo, novos conceitos de plataformas com completação seca e molhada). Os esforços destinados ao desenvolvimento de novos componentes dos SPF como ANM, template, risers e plataformas e as técnicas de colocação desses sistemas, que foram tão importantes para o Procap 1000, estão curiosamente ausentes desse programa.

6. CONCLUSÃO SOBRE A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA PETROBRÁS

A Petrobrás é reconhecidamente uma empresa que se encontra na fronteira tecnológica internacional, no que diz respeito à exploração e produção de petróleo e gás natural em águas profundas. E o que talvez seja mais importante, ela é considerada como sendo a empresa líder nesse campo. Este fato é atualmente matéria de consenso em todos os foros internacionais que trabalham sobre o tema. Os maiores recordes de produção em águas profundas são detidos por essa empresa e não existe perspectiva de que esse processo seja revertido no curto prazo.

O fato que uma empresa de um país em desenvolvimento assuma a liderança, por um período bastante longo superior a dez anos, em um campo de vanguarda do avanço tecnológico, é, sem duvida, um fenômeno singular em toda a história do petróleo. Essa observação se torna ainda mais contundente se levarmos em consideração que a trajetória tecnológica dessa empresa se apoia em inovações incrementais.

De fato, como tratamos de demonstrar ao longo desse artigo, quando a Petrobrás enfrentou o desafio de produzir em águas cada vez mais profundas, ao invés de apostar em inovações radicais, ou seja, no desenvolvimento e na adoção de sistemas verdadeiramente novos, ela, ao contrário, optou por uma estratégia tecnológica de natureza incrementalista, a qual consistia no melhoramento e aperfeiçoamento do sistema de produção que ela dominava: o SPF.

Essa estratégia conformou uma trajetória tecnológica que se enquadra nos moldes que foram descritos por certos autores sobre a mudança técnica em países em desenvolvimento (Katz, 1976 e 1987; Bell, 1984; Lall, 1982; Fransman, 1986). De certa forma a empresa brasileira adotou essa trajetória tecnológica por falta de escolha. Os escassos recursos financeiros e tecnológicos, associados ao imperativo de aumentar a produção interna de petróleo, não ofereciam outra opção a não ser a de buscar aperfeiçoar o sistema que já operava.

Causa certa perplexidade que a Petrobrás tenha alcançado a liderança tecnológica, através uma trajetória tecnológica apoiada em inovações incrementais, em um campo de tão grande importância como o offshore profundo, no qual competem as grandes empresas de países líderes. Na realidade, essa indagação não tem uma resposta simples. Combinaram-se, por um lado, importantes oportunidades e, por outro, escolhas tecnológicas que resultaram ser adequadas.

As oportunidades surgiram principalmente no campo da geologia. As descobertas que foram feitas pela Petrobrás resultaram ser, na segunda metade da década de 80, as maiores realizadas até então nessas profundidades. Elas de certa forma justificaram que a empresa se empenhasse pioneiramente em desenvolver os

sistemas de produção. Para se ter uma ordem de grandeza, as descobertas feitas nos campos de Marlim e Albacora eram da ordem de vários bilhões de barris, enquanto os campos em águas profundas no Golfo do México correspondiam, na época, apenas a centenas de milhões de barris. O campo de Auger apresenta reservas estimadas de 220 milhões de bep.

Essa situação atualmente já está evoluindo consideravelmente a medida em que a produção em águas profundas torna-se cada vez mais factível. Já existem 3 a 4 bilhões de bep descobertos no Golfo do México. Estima-se que esse potencial chegue entre 9 a 15 bilhões de bep (Bourgeois, Abril 1995). Na zona de águas profundas situadas no oeste das Ilhas Shetland, as estimativas variam de 4 a 8 bilhões de bbl (Beckman, agosto 1995).

Entretanto, as oportunidades geológicas não constituem uma razão suficiente para explicar o sucesso da trajetória tecnológica da Petrobrás, mesmo que, no caso brasileiro, houvesse uma necessidade imperiosa de aumentar a produção para atender a demanda interna. Na realidade, as principais razões desse sucesso foram a escolha apropriada do sistema de produção e uma estratégia de desenvolvimento tecnológico coerente, de caráter incrementalista. De fato, ao não apostar em novos sistemas e ao apoiar seus desenvolvimentos em melhoramentos do SPF, a Petrobrás fez, pioneiramente, a opção tecnológica que acabaria vingando em toda indústria.

A razão, que fez com que a trajetória tecnológica dominante na indústria do petróleo convergisse com a da Petrobrás, reside essencialmente na alteração do ambiente de seleção das tecnologias a partir do contra-choque do petróleo. As estratégias de busca para desenvolver a produção em águas profundas, que predominavam nessa indústria até então, apelavam para inovações radicais. As expectativas que foram colocadas nos novos sistemas de produção acabaram não se confirmando frente ao quadro relativamente deprimido dos investimentos que caracterizou a indústria desde o contra-choque. Entretanto, a indústria do petróleo esteve longe de ficar estagnada tecnologicamente. Ao contrário, sob o impulso das novas tecnologias introduziram-se uma série de inovações que permitiram redinamizar a base tecnológica existente. Essa evolução acabou sancionando a opção tecnológica da Petrobrás, a qual foi determinada pela sua posição de empresa de país periférico.

Como a aprendizagem tecnológica é um processo de natureza cumulativa, a vantagem inicial adquirida pela empresa brasileira, foi se consolidando a medida em que novas descobertas geológicas foram sendo feitas e em que novos conceitos foram sendo implantados. Vimos, no início deste artigo, que os sistemas tecnológicos com um avanço inicial sobre os demais podem tornar-se hegemônicos, devido aos rendimentos crescentes de adoção. Entretanto, para que o processo aprendizagem tecnológica da empresa brasileira fosse bem

sucedido, ela teve que adotar uma atitude cada vez mais ativa frente à inovação, a qual se traduziu no lançamento de importantes programas tecnológicos.

Deve-se salientar que a postura de organizar e lançar grandes programas tecnológicos com a finalidade de desenvolver tecnologia para águas profundas é quase única no contexto da indústria do petróleo, na qual predomina um certo recuo dos investimentos em P&D das grandes empresas, principalmente durante a década de 90 (Economides, 1995). O Procap é o único programa tecnológico de âmbito internacional para águas profundas junto com o *Deepstar*. Este é um programa apoiado por um consórcio de companhias petroleiras encabeçado pela Texaco que tem por finalidade desenvolver tecnologia de águas profundas a custo acessível no Golfo do México. A Petrobrás, através do Procap, tem assumido uma posição de liderança institucional ao ter promovido pioneiramente projetos industriais associados. Essa formula assume uma importância crescente nos desenvolvimentos futuros da indústria do petróleo (Mercier, 1995).

Entretanto, o avanço tecnológico adquirido pela empresa estatal não foi suficiente para que o Brasil lograsse se tornar um exportador de tecnologia, de equipamentos ou de serviços na indústria offshore. A relativa fraqueza do *spill over* da atividade inovativa da Petrobrás para os fornecedores nacionais se deve a certas particularidades da trajetória tecnológica setorial. De fato, as operadoras (companhias petroleiras) detém parcialmente o controle da tecnologia que usam, a outra parte estando em mãos de fornecedores. Como os mais importantes fornecedores são empresas multinacionais e a indústria nacional de bens de capital carece cruelmente de capacitação tecnológica em produto, não propiciou-se um ambiente favorável ao desenvolvimento de um pólo exportador.

Não resta dúvida que esses fornecedores estrangeiros estão realizando um importante aprendizado operando junto a Petrobrás em águas profundas. Nesse caso, se destaca a empresa francesa Coflexip que recebeu o prêmio *Distinguished Achievement Award* da Offshore Technology Conference de 1995 pela produção de tubos flexíveis e sobretudo pela colocação desses tubos em grandes profundidades (JTP, abril 1995). Ora, a maioria dos métodos de colocação de tubos a grandes profundidades, como a instalação de risers flexíveis sem mergulhadores e os métodos de colocação vertical de sistemas de conexão em forma de “jota” previamente amarrados à ANM, na realidade, foram desenvolvidos em estreita colaboração com a Petrobrás e foram patenteados por esta empresa. Portanto, em grande parte, o mérito da Coflexip incumbe à empresa brasileira. Esses métodos estão sendo aplicados com sucesso por Coflexip em outras zonas produtoras como as do Mar do Norte.

A empresa brasileira, cada vez mais consciente da fraqueza tecnológica dos fornecedores nacionais e da generalização dos SPF como sistema tecnológico dominante, agora na forma de FPSO, preocupa-se menos em desenvolver os seus componentes, deixando essa incumbência para os fornecedores

internacionais, como demonstra a análise que fizemos da carteira de projetos do Procap 2000.

Certamente a experiência bem sucedida da Petrobrás demonstra que estratégias tecnológicas apoiadas em inovações incrementais têm alguma chance de serem bem sucedidas e mesmo de alcançarem a fronteira tecnológica. O fato que a evolução econômica recente tenha sancionado inovações poupadoras de custo, ao invés de inovações mais radicais de produto, certamente influiu nesse quadro. Entretanto, não pode se deixar de reconhecer que a indústria do petróleo apresenta melhores chances de sucesso para as empresas de países em desenvolvimento, ao se comportar como uma indústria tecnologicamente madura. Com um coeficiente de gasto em P&D sobre o faturamento de 0,8% nos Estados-Unidos em 1993, ela se coloca muito abaixo de outras indústrias como a de saúde (10,6%), automobilística (4%), eletro-eletrônica (5,5%), química (4%), informática (8%), aéro-espacial (4,2%) (BusinessWeek, 27/6/94). Nesse contexto, os gastos de P&D no campo da exploração e produção realizados pela Petrobrás ocupam uma respeitável posição dentro do cenário internacional. Com um gasto de US$ 45 milhões a empresa brasileira está em sexto lugar no ranking internacional, perdendo apenas, em ordem de importância, para Schlumberger (270), Arco (118), Halliburton (100), Elf (100) e o Instituto Francês do Petróleo (92) das instituições que responderam ao PetroResearch do Journal of Petroleum Technology (JPT, abril e maio 1994). Certamente estão ausentes importantes empresas como a Royal Dutsch Shell, Exxon, Mobil e Texaco que realizam gastos provavelmente superiores aos da empresa brasileira. Entretanto, o volume do dispêndio realizado por essa empresa, que é sem dúvida o maior entre os países em desenvolvimento, associado a um tamanho relativo que a coloca entre as grandes, mostra como puderam se criar condições para que ela alcançasse a fronteira tecnológica em determinadas atividades.

Comparativamente aos demais setores industriais, os setores maduros, onde existem importantes empresas nos países em desenvolvimento, oferecem maiores oportunidades a processos de *catching up* e até mesmo de *leapfrogging*. Mesmo assim, esses fatores estruturais não podem de forma alguma ocultar a importância das trajetórias tecnológicas das empresas nesses processos.

BIBLIOGRAFIA

ABBOTT, P.A. D'SOUZA, R.B. SOLBERG, I.C. & ERIKSEN, K. Evaluating deepwater development concepts. *Journal of Petroleum Technology*, p. 314-321, April 1995

ALAZARD, N. et MONTARDET, L. Ressources pétrolières pour le XXI siècle: quel avenir?. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, v.48, n.1, janvier-février, p. 69-82, 1993

ALVARENGA, M. M. Produção de petróleo no Brasil: evolução e perspectivas in LÈBRE LA ROVÈRE, E. PINGUELLI ROSA, L. e RODRIGUES, A. P.(eds) Economia & tecnologia da energia. Rio de Janeiro: Finep-Ed. Marco Zero, 1985

ARTHUR, B. Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *The Economic Journal*, n.99, March, p. 116-131, 1989

BECKMAN, J. Action in dormant areas spurring revival of european E&P. *Offshore*, p. 31 e 80, August 1995

BELL, R. M. Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries in FRANSMAN, M. & KING, K. Technological Capability in the Third World. London: Macmillan, 1984

BELL, R.M. et OLDHAM, C. H. G. Oil companies and the implementation of technical change in off shore operations: experience in development drilling and the design and operation of production facilities in the North Sea. SPRU: report n.2, April 1988

BOURGEOIS, T. M. Brief: Auger Tension-leg Platform: conquering the deepwater Gulf of Mexico. *Journal of Petroleum Tecnology*, p. 312-313, April 1995

BOY de la TOUR, X. GADON, J-L. et LACOUR. J.-J. Nouveaux pétroles: quel avenir?. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, v.41, n.4, p. 1-20, juillet-août 1986

BOY de la TOUR, X. Technologies pétrolières: les nouvelles frontières. *Revue de l'Energie*, n. 456, p.105-112, février 1994

BUSINESS WEEK What's the word in the lab? Collaborate, p. 78, june 27, 1994

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and direction of technical change. *Research Policy*, v.11, p. 147-162. 1982

DUQUE DUTRA, L. E. Evolution technologique, structure industrielle et trajectoire des entreprises: revision théorique et études des activités de prospection et d'exploration pétrolière. Tese de Doutorado, Universidade de Paris-Nord, 1993

ECONOMIDES, M. J. The state of r&d in petroleum industry. *Journal of Petroleum Technolgy*, p. 586-588, July 1995

ENOS, J.L. Invention and innovation in the petroleum industry, in The rate and direction of inventive activity: economic and social factors. Princeton University Press for National Bureau of Economic Research, Princeton, New Jersey, 1962

FRANSMAN, M. Technology and economic development. Great Britain: Wheatshead Books, 1986

FRAZER, F. Atlantic corridor likely hotspot for FPSO development. *Offshore*, p. 36, August 1995

FREEMAN, C. Japan: a new national system of innovation?"1988, in DOSI G. et alii (eds) Technical Change and Economic Theory. Pinter Publishers, 1990

FREIRE, W. Exploração e produção em aguas profundas. *Brasil Mineral*, n. 36, p. 63-86, Novembro 1986

FURTADO, A. e MULLER, N. Competitividade da indústria de extração e refino de petróleo. Nota técnica setorial do complexo químico. IE/UNICAMP-IEI/UFRJ-FDC-FUNCEX, Campinas, 92 p. 1994

GAZETA MERCANTIL, Velhos navios explorarão petróleo. p. C-1, 8 de novembro 1995

GEORGE, D. Offshore's own publication: recording the events (1954-1994). *Offshore*, p. 34-56, April 1994

GIRAUD, A. e BOY DE LA TOUR, X. Géopolitique du pétrole e du gaz. Paris: Ed. Technip, 1987

GOMES de FREITAS, A. Capacitação tecnológica em sistemas de produção para águas profundas. Campinas: Tese de Mestrado: DPCT-Unicamp, julho de 1993

HOLLANDER, S. The sources of increased efficiency. MIT University Press, 1965

INSTITUT FRANÇAIS du PETROLE. L'industrie parapétrolière française - Résultats de l'enquête 1992. Séminaire annuel COPREP-CEP&M, 32 p. Paris: 21 octobre 1992

JOURNAL OF PETROLEUM TECNOLOGY, 1994 Petroresearch Survey Reports on R&D Worldwide, April 1994

JOURNAL OF PETROLEUM TECNOLOGY, 1994 Petroresearch Survey Tracks Petroleum Budgets. Plan, May 1994

JOURNAL OF PETROLEUM TECNOLOGY, Weidler, Coflexip receive OTC Achievement Awards. p. 269, April 1995

KATZ, J. Domestic technology generation in LDCs: A review of research findings in KATZ, J.(ed) Technology generation in latin-american manufacturing Industries. London: Macmillan, p. 13-55, 1987

KATZ, J. Importación de tecnologia, aprendizage e Industrialización dependiente. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1976

KEMP, R. & SOETE, L. The greening of technological progress, an evolutionary perspective. *Futures*, v. 24, n.5, p. 437-457,1992

LALL, S. Technological learning in the third world: some implications of technology exports in STEWART, F. & JAMES, J. (eds) The economics of new technologies in developing countries. London: Frances Pinter, p. 157-179, 1982

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. *World Development*, v. 20, n.2, p. 165-186, 1992

LEBLANC, L. Deep draft hulls key to production in ultra-deepwater. *Offshore*, p. 26, August 1995

LUNDVALL, B. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation, in DOSI, G. et alii (eds) Technical change and economic theory.London e New York: Pinter Publishers 1988

MARTIN, J-M. Energy technologies: systemic aspects, technological trajectories, and institutional frameworks. *Technological Forecasting and Social Change*, v.53, n.1, p. 81-95, september 1996

MERCIER, J.A. Forecast '95 - Positive, negative features in technology transfer. *Offshore,* p. 26-29, December 1994

NELSON, R. R. (ed). National innovation systems. A comparative analysis. New York and Oxford: Oxford University Press, 1993

NELSON, R.R. Institutions supporting technical change in the United States. (1988), in G. DOSI et alii (eds) Technical change and economic theory, Pinter Publishers, 1990

NELSON, R.R. e WINTER. S. An evolutionary theory of economic change. Cambridge, Mass: Harvard University Press,1982

OCDE Technology and Economy. The key relationships. OCDE, Paris, 1992

OFFSHORE, Subsea production technology. Subsea processing - Can it happen? *Offshore,* p.35-41, December 1994

OIL & GAS JOURNAL, OTC presentation highlight spread of subsea technology. *Oil & Gas Journal,* p. 19-22, May 8 1995

ROSENBERG, N. Perspectives on Technology. London: Cambridge University Press,1976

RUTTAN, V. Induced innovation and path dependence: a reassessment with respect to agricultural development and the environment. *Technological Forecasting and Social Change*, v.53, n.1, p. 41-59, 1996

SAHAL, D. Alternative conceptions of technology. *Research Policy*, v.10, n.1, p.2-24,1982

SALOMON, J.J. Le destin technologique. Paris:, Collection Folio/Actuel Gallimard, 1992

SERPLAN - PETROBRÁS, Situação atual e perspectivas. Dezembro 1992

SUSBIELLES, G. Les ouvrages pétroliers en mer. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, v. XXXV, n.4, p.621-684, Juillet-Août 1980