

Processo de Aprendizagem da Petrobrás: Programas de Capacitação Tecnológica em Sistemas de Produção Offshore

Adriana Gomes de Freitas
André Tosi Furtado

Resumo

Este trabalho mostra as alterações que ocorreram no padrão de inovação da maior empresa industrial brasileira durante a década de 1990, a partir da análise comparativa de dois de seus mais expressivos programas tecnológicos: o Procap 1000 (1986-1992) e o Procap 2000 (1993-1999). O segundo Procap foi, na verdade, uma continuidade do primeiro. O principal objetivo desses programas era capacitar a empresa para produzir petróleo e gás natural em águas profundas e ultra-profundas. O trabalho pretende demonstrar que a implementação do primeiro Procap introduziu mudanças importantes na forma de organizar o processo de inovação dentro da empresa. A Petrobrás passou a executar projetos de forma articulada através de grandes programas, onde foram criados alguns projetos multitecnológicos. Esses programas introduziram a pesquisa cooperativa, envolvendo parceiros externos, como elemento essencial da organização do processo de inovação. A estratégia endógena e nacionalista, na qual a empresa buscava absorver e dominar a tecnologia importada para depois repassá-la aos fabricantes, preferencialmente, nacionais, foi uma das principais características que distinguem o primeiro do segundo Procap. O Procap 2000 incorporou as novas formas de organização da pesquisa desenvolvidas no Procap 1000. Estas formas passaram a referenciar a estratégia global da empresa, a qual tornou-se muito mais interativa e inovativa, se comparada com o programa anterior onde prevalecia um esforço mais voltado para absorção de tecnologia com poucos parceiros tecnológicos. A estratégia da Petrobrás, acentuada no Procap 2000, apontava para o envolvimento da companhia no desenvolvimento de conhecimento de fronteira. Estes esforços, foram acompanhados pelo gradual enfraquecimento dos elos com os parceiros locais.

Palavras-chave: Petrobrás, petróleo *offshore*, programas tecnológicos.

1. Introdução

Durante a década de 90, observou-se um abandono progressivo da estratégia nacionalista da PETROBRÁS e uma crescente adoção de uma outra, muito mais voltada para a cooperação e estabelecimento de parcerias no processo de desenvolvimento tecnológico. Esse processo deve-se a diversas causas, destacando-se principalmente duas delas. Por um lado, o processo de abertura comercial da economia brasileira promoveu um significativo enfraquecimento dos elos com os fornecedores nacionais e ampliou a atuação de empresas de bens de capital estrangeiras no país. Por outro lado, houve grandes mudanças no padrão de inovação das empresas dos países centrais, principalmente a formação de redes de inovação e de alianças estratégicas nas novas tecnologias (Hagerdoorn e Schakenraad, 1994 e Hagerdoorn, 1995). Vale ressaltar que não há consenso quanto aos impactos dessas novas formas de organização nas atividades de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) nos Países em Desenvolvimento.

Este artigo pretende ilustrar a mudança da estratégia de inovação da Petrobrás, analisando comparativamente dois de seus mais expressivos programas tecnológicos: o Procap 1000 (1986-1992) e o Procap 2000 (1993-1999). Para fazer face aos desafios impostos pela Exploração & Produção (E&P) no mar, a empresa criou, em 1986, um programa de capacitação na tecnologia *offshore* - Procap 1000 - que introduziu algumas mudanças na forma de contratar externamente a pesquisa tecnológica, através da participação em consórcios de pesquisa. No final da década de 80, a empresa ampliou o número e as áreas de atuação dos contratos de cooperação tecnológica. A importância crescente dos campos de petróleo *offshore* na formação da oferta interna do país, está associada às atividades de E&P (Exploração e Produção) e aos resultados alcançados pelo Procap 1000¹. Este último fez com que a companhia criasse o segundo Procap.

Neste trabalho, ilustra-se o processo de mudança na estratégia de pesquisa da Petrobrás através da análise do segundo programa de capacitação tecnológica para o desenvolvimento de campos de petróleo em águas ultraprofundas - Procap 2000. Este último, que se estendeu de 1993 a 1999, apresenta características organizacionais singulares dentro da história da companhia. A partir do Procap 2000, o processo de inovação passou a ser mais cooperativo e a depender mais da participação de agentes externos internacionais. Ao mesmo tempo, a Petrobrás consolidou sua liderança tecnológica internacional em águas profundas.

Este artigo encontra-se dividido em seis partes. A primeira e segunda parte dedica-se à descrição da constituição e das principais características dos Procap 1000 e 2000. Na terceira parte são apresentadas as novas formas de organização da pesquisa, bem como o processo de aprendizagem decorrente do segundo programa. Nesta parte, apresentamos a importância da experiência do Procap para o redesenho de programas tecnológicos da companhia e nas mudanças gerenciais na condução dos projetos de pesquisa voltados para inovação.

Na penúltima parte, faz-se uma breve comparação entre o primeiro e o segundo Procap. Neste caso, apresenta-se alguns aspectos que distinguem estes programas tecnológicos, ilustrando os distintos agentes tecnológicos participantes dos esforços realizados pelo Procap 2000.

Na sexta parte, são elaboradas algumas considerações sobre o novo espaço estratégico, no qual se insere a companhia, e enfatiza-se as principais implicações da “nova” forma de organização da pesquisa tecnológica para a Petrobrás.

2. Características Gerais do Primeiro Programa de Capacitação Tecnológica em Sistemas de Produção para Águas Profundas: Procap 1000

Em meados da década de 80, a Petrobrás descobriu grandes acumulações de óleo e gás natural na Bacia de Campos (Albacora e Marlim) e em regiões de elevada profundidade. A descoberta desses reservatórios possibilitou que a oferta interna do país, que sempre foi inferior à demanda local de derivados de petróleo, pudesse se ampliar consideravelmente. O desafio colocado por essa importante descoberta implicou na intensificação dos esforços tecnológicos realizados pelos departamentos da companhia, particularmente pelo seu Centro de Pesquisa (Cenpes). De fato, até aquele presente momento não existia nenhum sistema de produção *offshore* que ultrapassasse 300 metros de profundidade.

As ações realizadas pelos vários departamentos da Petrobrás e Cenpes permitiram identificar possíveis problemas técnicos e sistematizaram recomendações que subsidiaram a criação do Programa de Capacitação Tecnológica em Sistemas de Exploração para Águas Profundas - Procap 1000. Este programa de pesquisa orientou a política de capacitação tecnológica da companhia em sistemas de produção *offshore* para atuar em grandes profundidades, abrangendo os mais variados campos do conhecimento, a saber: reservatórios marinhos, meteorologia e oceanografia da região, equipamentos/componentes submarinos, sistemas e subsistemas da plataforma semi-submersível, veículo de operação remota, novos processos e sistemas de produção submarinos, navios de processo e áreas interdisciplinares.

O Procap 1000 apresentava uma visível divisão entre projetos que envolviam desenvolvimento em base tecnológica existente e aqueles projetos relacionados com novos campos de conhecimento. Neste sentido, o programa tem uma característica híbrida, com esforços voltados preferencialmente para os projetos de pesquisa em campos do conhecimento mais tradicionais e, em segundo plano, os projetos voltados para áreas que envolviam novo saber, como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos Esforços Tecnológicos do Procap 1000

Melhoramento tecnológico	Novo conhecimento tecnológico
<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento de componentes e de sistemas convencionais de produção Sistema flutuante com semi-submersível (entre 400 e 1500 metros) Sistema flutuante com navio aplicando monobóia, <i>Turrel</i> e posicionamento dinâmico 	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento de novos sistemas de produção Plataformas de pernas atirantadas (entre 600 e 1500 metros) Sistemas submarinos de bombeamento multifásico (entre 400 e 1500 metros) Sistemas de separação e bombeamento submarino (entre 400 e 600 metros) Sistemas flutuante com semi-submersível utilizando completação seca (entre 600 e 1500 metros) Sistema de separação e bombeamento submarino (entre 1000 e 1500 metros) Torre complacente

Fonte: PROCAP 1000, Relatório final, PETROBRÁS, MIMEO, 1991.

O processo de aprendizagem tecnológica resultante do uso de plataformas semi-submersíveis como sistemas de produção remonta à década de 70. Durante o programa, esse conceito foi melhorado e aperfeiçoado para tornar viável sua aplicação até 1000 metros. Os sistemas semisubmersíveis tiveram maior apreciação nos projetos do Procap 1000 e a companhia atingiu uma alta competência técnica com relação a: I) otimização do peso do casco da plataforma e da planta de facilidades de produção; II) sistemas de ancoragem e posicionamento dinâmico em plataforma semi-submersíveis; III) capacitação em projeto conceitual, básico e detalhe de equipamentos de completação e produção, tais como ANM, *template/manifold*, linhas submarinas, *risers* rígidos e flexíveis; IV) definição de sistema de supervisão e controle dos equipamentos de produção submarina; V) técnicas de instalação, inspeção e manutenção de equipamentos marítimos.

A experiência bem sucedida do primeiro Procap e o cenário de aplicação promissor, assegurados pelos reservatórios submarinos gigantes da Bacia de Campos, fizeram com que a companhia tomasse por bem manter seus esforços para águas profundas, criando um outro programa estratégico voltado a capacitar a companhia a atuar de 1000 até 2000 metros de LDA - o Procap 2000. Vários projetos do Procap 1000 migraram para este novo programa de capacitação. Ademais, este programa herdou uma série de características e transcendeu ao primeiro Procap.

3. Características Gerais do Programa de Capacitação Tecnológica em Sistemas de Produção para Águas (Ultra)Profundas: Procap 2000

O Procap 2000 foi concebido para ser um instrumento relevante na execução da pesquisa, dando continuidade ao desenvolvimento tecnológico *offshore* inaugurado pelo primeiro. Quando foi criado, o segundo programa apresentou uma orientação que pode ser sintetizada pelas seguintes recomendações: I) dominar as tecnologias essenciais para viabilizar o aproveitamento econômico de campos localizados em águas (ultra)profundas (entre 1000 e 2000 metros); II) investir em projetos de pesquisa que proporcionassem inovações tecnológicas e que acelerassem a redução dos custos operacionais das atividades de E&P; III) aumentar as parcerias como forma de proporcionar a utilização eficiente dos recursos materiais e humanos existentes no país e no exterior, e otimizar o dispêndio com a Pesquisa, Desenvolvimento & Engenharia Básica (P,D&EB); IV) realizar o monitoramento internacional contínuo do *estado da arte* do conhecimento *offshore*. Procap (Freitas, 1993).

As recomendações revelam a linha que seria adotada para a seleção de projetos de pesquisa a serem incorporados ao programa estratégico de E&P em águas profundas da companhia. Analisando essas recomendações pode-se tecer algumas considerações. A primeira relaciona-se ao(s) critério(s) de seleção de projetos de produção de petróleo e/ou gás natural considerados inovadores, que devem tornar-se alternativas técnico-econômicas se comparados aos sistemas convencionais utilizados pela empresa. Novas concepções de E&P só serão desenvolvidas se apresentarem potencial para concorrer com as tradicionais, principalmente na redução de custos operacionais e melhoria dos seus procedimentos técnicos para realização da rotina operacional.

O Procap 2000 manteve a mesma sistemática de gestão tecnológica do primeiro programa (Procap 1000), onde a Comissão Interdepartamental para Águas Profundas (CIAP) era responsável pela definição dos objetivos estratégicos, e uma subcomissão operacional designada por esta Comissão acompanhava a implementação do programa. Essa subcomissão era formada pelos departamentos que participavam da execução dos projetos de pesquisa do programa.

Os procedimentos aplicados no segundo Procap foram os mesmos do primeiro programa. Nas reuniões anuais de reavaliação, os coordenadores dos projetos apresentavam à comunidade técnica interdepartamental *offshore* da empresa os resultados parciais, a evolução do cronograma físico dos projetos e as principais metas a serem alcançadas. Nestas reuniões de reavaliação, era possível obter as seguintes informações sobre os esforços em águas profundas da empresa: I) conhecimento dos trabalhos realizados e do plano de ação de cada projeto deste programa; II) conhecimento do desenvolvimento até então alcançado na pesquisa; III) realização de análise individual de cada projeto²; IV) análise da introdução de novos projetos de pesquisa no Procap 2000; e V) recomendações gerenciais sobre o estágio de desenvolvimento geral do programa para a CIAP, que seria encaminhado à direção da companhia.

Outro aspecto herdado pelo Procap 2000 foram as equipes mistas de pesquisa, formadas por técnicos das áreas gerenciais, operacionais de E&P e do Centro de P&D da empresa. Estas equipes são fundamentais para permitir a implementação de projetos de pesquisa interdisciplinares. (Freitas, 1999).

Em 1993, quando o Procap 2000 foi implementado, ele contava com 11 projetos de pesquisa que tinham o propósito de reforçar a capacitação da companhia em águas ultra profundas. No Quadro 2

encontra-se uma classificação das linhas de pesquisa dos projetos do segundo programa por área de conhecimento envolvida.

Quadro 2: Classificação das Linhas de Projetos do PROCAP 2000

Área de conhecimento envolvida	Projetos do PROCAP 2000
Novas tecnologias e procedimentos em poços e reservatório	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos e execução de poços de grande afastamento horizontal (EWR) em água profundas com pequena espessura • Técnicas especiais de perfuração de poços em lâminas d'água profundas e ultra-profundas.
Equipamentos submarinos	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos submarinos para águas profundas
Novos sistemas marítimos de E&P	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização do Sistema de Bombeamento Centrífugo Submerso em poços submarinos (SBCS) • Sistemas de Separação Submarina (SSS) • Sistemas de Bombeamento Multifásico Submarino (SBMS) e medição multifásica submarina
Novas tecnologias e escoamento de fluxo multifásico	<ul style="list-style-type: none"> • Garantia de escoamento II • Tecnologia para produção, escoamento e transporte de óleos pesados em águas profundas
Geração de banco de dados ambientais	<ul style="list-style-type: none"> • Coleta e tratamento de dados geofísicos, geológicos, geotécnicos, oceanográficos e meteorológicos
Instalação de produção <i>offshore</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades estacionárias de produção com completação seca • Sistema de ancoragem • Dutos submarinos de coletas, exportação e controle

Fonte: CENPES, PETROBRAS, 6º Relatório de Reavaliação do PROCAP 2000, 1998.

No próximo item serão feitas algumas comparações entre os dois programas (Procap 1000 e 2000) para mostrar a evolução da capacitação tecnológica voltada para águas profundas, e também as mudanças introduzidas na organização da P&D na companhia.

4. Novas Formas de Organização da Inovação e o Processo de Aprendizagem Organizacional no Procap 2000

Como pôde ser observado, o Procap 2000 foi formado por várias linhas sistêmicas de pesquisa em áreas consideradas relevantes para o aproveitamento de reservatórios em águas profundas. Suas 12 linhas de investigação envolveram pouco mais de 40 projetos sobre temas necessários para águas profundas. Uma das principais diferenças entre os dois programas (Procap 1000 e Procap 2000) consiste no caráter mais seletivo da inclusão de projetos no segundo programa. Fez parte do processo de aprendizagem da empresa a definição de critérios utilizados na seleção de projetos mais relevantes para tornar viáveis as atividades E&P profundo.

A maior seletividade do Procap 2000 se reflete no menor volume de projetos e áreas tecnológicas. Comparando-se os dois programas, verifica-se que, enquanto o primeiro Procap tinha cerca de 116 projetos, o segundo programa foi formado apenas por 11 projetos sistêmicos. Cada projeto

de pesquisa do segundo Procap tem características interdisciplinares, envolvendo uma série de tecnologias associadas ao conhecimento técnico essencial. A maior seletividade demonstra um aprendizado importante na capacidade de coordenar esforços de inovação. Um dos aspectos essenciais que estiveram presentes na cultura do primeiro Procap esteve relacionada com a constituição de projetos que tratavam das iniciativas de desenvolvimento de pesquisas de forma integrada e sistêmica.

O papel do gerente de projeto constituiu-se em uma experiência bem sucedida presente em alguns dos projetos do Procap 1000, que foi incorporada pelo Procap 2000. No primeiro programa foram implementados alguns projetos guarda-chuva, em que várias tecnologias concorrentes eram estudadas dentro de um mesmo projeto. Esse tipo de projeto acabou demandando uma pessoa específica apta para analisar o desenvolvimento de todas as tecnologias pesquisadas. Nesse sentido buscou-se a transformação do técnico, que desempenhava algumas funções gerenciais, em técnico-gerente de projetos. Essa tendência foi inaugurada em alguns projetos do primeiro programa, mas apenas consolidou-se no segundo Procap. A importância desta mudança esteve relacionada à necessidade de uma visão imparcial do gerente de projetos tecnológicos, a qual tem permitido ao programa conhecer e explorar uma maior variedade de tecnologias, conseqüentemente diminuindo o risco de escolhas mal sucedidas.

Outro aspecto crítico, associado ao segundo programa, consiste na importância que a empresa passou a dar para os novos sistemas de produção, considerados inovações radicais na indústria petrolífera. No Procap 1000, esses esforços eram dispersos e estavam sendo acompanhados através de contratos multiclientes. No Procap 2000, pouco mais de 40% dos recursos humanos e materiais do programa relacionavam-se aos novos sistemas de E&P. No novo Procap, a empresa não só participou de contratos multiclientes como desenvolveu a coordenação e execução de atividades de P&D.

Comparando os dois programas e a própria continuidade dos esforços realizados pela empresa no mar, observou-se uma mudança no comportamento inovador da empresa que se traduziu por sua maior inserção no processo de desenvolvimento tecnológico *offshore* internacional. As atividades de Pesquisa, Desenvolvimento & Engenharia Básica (P,D&EB) da companhia passaram a acompanhar sistematicamente o *estado da arte* do conhecimento *offshore*, prática que se consolidou no segundo programa.

O monitoramento da fronteira tecnológica dos sistemas de E&P marítimos se tornou uma das variáveis estratégicas na construção do cenário futuro da companhia. Fazer o acompanhamento das principais iniciativas tecnológicas internacionais, se de um lado, permitiu a companhia antecipar-se, adotando novas soluções técnicas, por outro lado, contribuiu para que ela viesse a participar ativamente das atividades de P&D, tornando-a um agente mais efetivo no processo de inovação do conhecimento *offshore* situado na fronteira.

Conforme mencionado acima, os novos projetos foram introduzidos e alterou-se a composição do programa. No primeiro programa predominam as iniciativas de inovação incrementais relacionadas aos sistemas de produção existentes, particularmente os sistemas flutuantes de produção (SFP), enquanto no Procap 2000 são reforçadas as tentativas de inovação tecnológica mais radicais.

Comparando-se o Procap 1000 com o Procap 2000, verificou-se a passagem gradual da natureza do esforço tecnológico concentrado na absorção de conhecimento e na adaptação e/ou desenvolvimento tecnológico incremental para uma postura mais ativa e inovativa. Vale ressaltar que essa mudança envolveu uma alteração na estratégia da empresa, que até então buscava realizar o processo de aprendizagem tecnológica direcionado para a absorção, domínio, adaptação e nacionalização da fabricação. Agora, a forma apropriada de organizar a pesquisa passou a ser mais cooperativa, envolvendo um número maior de agentes no processo de inovação.

A expressiva adesão aos contratos multiclientes e aos acordos de cooperação tecnológica favoreceu o acesso da Petrobrás ao novo conhecimento e a sua participação no processo de desenvolvimento tecnológico mundial. Este fato revela uma mudança no comportamento da empresa face à inovação. O novo arranjo institucional das atividades de P,D&EB onde os consórcios multiclientes têm uma participação expressiva, tornou-se fundamental para o progresso técnico *offshore* da companhia. Isto se justifica, em parte, pelos elevados custos do processo de desenvolvimento tecnológico e, por outra parte, pela significativa incerteza e risco associados ao próprio processo de inovação.

A estratégia nacionalista de desenvolvimento tecnológico se traduziu na adoção de mecanismos tradicionais de aquisição de novos conhecimentos externos, tais como programas de transferência tecnológica e licenciamento de patentes. No estágio posterior, a empresa passou a estabelecer novas formas de acesso ao conhecimento em sua fase exploratória (pré-competitiva) apoiadas na pesquisa cooperativa. Uma das maiores vantagens desse acesso foi de ter proporcionado maior capacidade de revisão estratégica em seus projetos de investimento *offshore*. Outrossim, as companhias petrolíferas têm procurado, através do dispêndio em P&D, aumentar a racionalização dos custos das suas atividades

como forma de acompanhar a evolução atual dos preços dos hidrocarbonetos, profundamente marcados por uma retração gradual se comparados aos preços que prevaleciam até a primeira metade da década de 80.

Estas mudanças na forma de organização da pesquisa e seus desdobramentos se refletiram nos recursos financeiros e humanos da empresa, bem como na participação de agentes externos no desenvolvimento tecnológico da Petrobrás. No item seguinte será investigada a dimensão financeira, os recursos humanos, a participação externa e as diversas modalidades de contratação da pesquisa presentes no segundo Procap.

5. Recursos Mobilizados e Interação Externa dos Programas Tecnológicos

Quanto aos recursos financeiros aplicados nos programas, o primeiro Procap desembolsou US\$ 68 milhões (1991), enquanto o segundo programa, até 1998, alocou aproximadamente US\$ 90 milhões. Com relação à mão de obra, o primeiro programa alocou 480.296 homens/hora, enquanto o Procap 2000 consumiu cerca de 487.760 homens/hora (até meados de 1998) (Tabela 1).

Analisando estes dados, percebe-se que a companhia aumentou o volume de recursos alocados ao desenvolvimento tecnológico em águas profundas. Comparando o gasto do primeiro programa com os do segundo, verificamos que o orçamento da companhia nessa área foi ampliado no Procap 2000.

Para os recursos humanos, o avanço é ainda mais significativo, pois o volume de alocação da mão de obra no Procap 2000 superou, antes do término, o homem/hora gasto no primeiro programa. Este dado ilustra a prioridade dada à capacitação tecnológica em águas profundas pela empresa, visto que o segundo programa foi composto por um conjunto menor de projetos. Vale ressaltar que a alocação de recursos humanos nos projetos do Procap 2000 pode ser considerada muito maior se for mencionadas as instituições envolvidas no processo de desenvolvimento tecnológico em águas profundas. Considerando esses dois programas, a companhia já gastou aproximadamente US\$ 150 milhões nesses esforços, utilizando 968.056 homens/hora.

Tabela 1: Análise dos Recursos Financeiros e Humanos Alocados nos Procap

	Recursos Financeiros US\$ mil	Recursos Humanos Homens/hora	Percentual %
Procap 1000	68.000	480.296	49,61
Procap 2000	90.000	487.760	50,39
Total	148.000	968.056	100,00

Fonte: PETROBRAS/CENPES, Relatório de Reavaliação do Procap 1000 e do Procap 2000, 1992 e 1998.

As linhas de pesquisa do Procap 2000 podem ser classificadas da seguinte maneira, segundo a demanda homens/hora (acumuladas até junho de 1998):

- I. inovações envolvendo os sistemas de bombeamento multifásico (*boosting*), que são os sistema de bombeamento multifásico (SBMS), sistema de separação submarina (SSS) e o sistema de bombeamento centrífugo submarino (SBCS);
- II. inovações relacionadas com infra-estrutura, procedimentos de manutenção e/ou prevenção de equipamentos e coleta, e mapeamento das áreas marítimas;
- III. inovações relativas aos procedimentos de perfuração;
- IV. inovações envolvendo sistemas flutuantes.

Na Tabela 2, pode-se observar a importância de cada um desses esforços no conjunto do Procap 2000.

Tabela 2: Classificação dos Projetos do Procap 2000

Classificação	Homens/hora	
	Total	Porcentagem %
Sistema de bombeamento	212.508	43,57
Infra-estrutura, manutenção e/ou prevenção de equipamentos e coleta de dados ambientais	210.648	43,18
Procedimentos e tecnologias de perfuração	38.315	7,86
Unidades estacionárias de produção e sistemas de amarração	26.052	5,34
Total	487.760	100,00

Fonte: Relatório do PROCAP 2000, 1993-1998.

A partir da Tabela 2 pode-se tecer algumas considerações. No segundo Procap, os sistemas de bombeio, que são considerados como inovações radicais em nível internacional, ganharam maior espaço nas atividades de P&D da empresa. No primeiro Procap³, as iniciativas relacionadas a esses sistemas de produção, exceto o sistema de separação submarina, voltaram-se muito mais para o monitoramento do *estado da arte*, através de contratos multiclientes. Nesta fase, a empresa mostrou-se capaz de acompanhar e participar da rede de inovação destes novos conceitos. O segundo Procap ilustra uma nova fase do processo de aprendizagem da empresa, na medida em que esta torna-se um agente fomentador de uma das redes de inovação relacionadas aos sistemas de bombeamento. Essa evolução, no processo de aprendizagem da empresa, apoiou-se na alocação de recursos materiais e humanos para o desenvolvimento desses sistemas de produção.

Os esforços relacionados à infra-estrutura de produção e técnicas de perfuração constituem um outro ponto crítico presente no segundo Procap. Essa linha de pesquisa ocupava também um espaço importante no primeiro programa, ratificando a necessidade de solucionar gargalos técnicos nestas áreas para o melhor aproveitamento dos reservatórios *offshore*. As tecnologias relacionadas com estas áreas também têm forte conteúdo radical, pois muitas delas ainda encontram-se em fase exploratória e/ou foram ainda pouco testadas no cenário internacional.

Com relação às unidades estacionárias de produção (UEP), a companhia vem realizando esforços com o objetivo de acompanhar alguns conceitos de produção, adequando-os, no nível conceitual, aos campos marítimos do país. Como existe uma real possibilidade de que algumas dessas tecnologias entrem nos estudos de viabilidade dos campos *offshore* da Bacia de Campos, a companhia monitora o desenvolvimento internacional desses sistemas. Ademais, conforme já foi mencionado, uma das principais características do Procap foi dar espaço à pluralidade de sistemas marítimos de produção, desta forma incorporando a incerteza à sua estratégia de desenvolvimento tecnológico.

Outra mudança representativa, percebida no segundo programa, foi o crescimento da participação de atores externos internacionais. As instituições científicas e tecnológicas constituíram-se em os interlocutores mais importantes do processo de desenvolvimento do novo conhecimento no âmbito do Procap 2000. No intervalo analisado, entre 1993 e 1998, a participação dessas instituições foi significativamente ampliada, passando de 6 para 20 instituições. Se bem as universidades nacionais cresceram substancialmente no início do programa, sua participação cai, a partir de 1996, conforme se deduz da Tabela 3.

Tabela 3: Participação de Instituições Científicas e Tecnológicas nos Projetos do Procap 1000 e do Procap 2000

Instituições Científicas e Tecnológicas	Procap 1000	Procap 2000					
	1991	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Universidade e/ou Centros de P&D Nacionais	15	5	7	11	10	13	12
Universidade e/ou Centros de P&D Internacionais	13	6	7	8	7	11	20
Total	28	11	14	19	17	24	32

Fonte: PETROBRAS/CENPES, Relatórios de Reavaliação do Procap 1000 e 2000.

A maior presença das universidades e/ou centros de P&D estrangeiros está relacionada à opção de fazer com que os projetos do Procap 2000 participassem de um ou mais contratos multiclientes. Essa

opção aumentou a participação externa internacional nas iniciativas do programa. Ademais, os esforços do segundo programa estavam muito mais identificados com o novo conhecimento, que requer o monitoramento das rotas tecnológicas de fronteira.

No Procap 2000, o número de empresas de engenharia e consultoria envolvidas nos esforços de desenvolvimento *offshore* passou de 4 para 26 de 1993 a 1998. Esse número cresceu muito em função da entrada de empresas estrangeiras. A fraca presença das firmas de engenharia nacional revela as limitações da capacitação técnica dessas empresas para acompanhar o desenvolvimento tecnológico *offshore* de fronteira. O maior envolvimento da Petrobrás com empresas de engenharia e/ou consultoria estrangeiras também esteve relacionado à filiação em contratos multiclientes. Ademais, outra explicação para o aumento da participação estrangeira relaciona-se ao processo de transferência das atividades de engenharia (conceitual e básica) da Petrobrás para os fornecedores internacionais (Tabela 4).

Tabela 4: Participação das Empresas de Engenharia e/ou Consultoria nos Projetos do Procap 1000 e no Procap 2000

Empresas de engenharia e consultoria	Procap 1000	Procap 2000					
	1991	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nacional	22	2	1	1	3	1	--
Internacional	23	2	7	6	8	23	26
Total	45	4	8	7	11	24	26

Fonte: PETROBRAS/CENPES, Relatórios de Reavaliação do Procap 1000 e Procap 2000.

A participação externa mais representativa no Procap 2000 vem ocorrendo através das empresas fornecedoras de equipamentos. Entre 1993 e 1998 o envolvimento das indústrias apresentou uma elevação de 4 para 69 instituições, predominando a participação externa internacional. No primeiro programa a indústria estrangeira já era maior e acentuou-se no segundo Procap (Tabela 5). A principal mudança do primeiro para o segundo Procap consistiu na alteração do padrão de relacionamento estabelecido com os agentes externos. Conforme mencionado anteriormente, no primeiro programa a empresa realizava praticamente toda a engenharia (conceitual, básica e de detalhamento) dos equipamentos *offshore*, para, posteriormente, repassar esse conhecimento para a indústria nacional, o que permitia sua fabricação no país.

No começo dos anos 90, a Petrobrás realizou profundas transformações em sua política de investimentos, o que comprometeu a fabricação de vários equipamentos *offshore* idealizados pelas equipes do Procap 1000. Em paralelo, também ocorreram mudanças na estratégia da companhia. Essas transformações estão presentes, entre outros aspectos, no novo arranjo institucional do segundo Procap. A estratégia do Procap 1000 envolveu principalmente fabricantes nacionais, pois estes funcionavam como absorvedores da tecnologia gerada pela Petrobrás. O Procap 2000 é muito mais interativo e não estabeleceu como prioridade o pleno controle sobre as partes da tecnologia, muito menos o envolvimento de empresas nacionais na fabricação dos equipamentos dos sistemas de E&P. Neste sentido, a estatal, assim como vem fazendo com relação às empresas de engenharia e consultoria, tem delegado boa parte dos esforços tecnológicos para as indústrias de bens de capital internacional. No segundo Procap, a empresa procurou adquirir apenas um determinado nível de conhecimento que permitisse a definição do *layout* do sistema de produção *offshore* e fazer a especificação geral do equipamento, de forma a garantir poder de compra e a seleção de fornecedores alternativos.

Tabela 5: Evolução do Número de Participantes das Indústrias Fabricantes de Equipamentos em Projetos do Procap 1000 e Procap 2000

Origem do Fabricante	Procap 1000	Procap 2000					
	1991	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Número de Fabricantes Nacionais	41	1	6	7	9	11	9
Número de Fabricantes Internacionais	11	3	11	15	23	29	60
Total	52	4	17	22	32	40	69

Fonte: PETROBRAS/CENPES, Relatórios de Reavaliação do Procap 1000 e Procap 2000.

As companhias petrolíferas internacionais também participaram de várias formas dos esforços do Procap 2000. No segundo programa, acentuou-se o envolvimento de operadoras estrangeiras, principalmente através de acordos de cooperação tecnológica e projetos multiclientes. A filiação a consórcios de pesquisa tem permitido o estreitamento das relações entre as empresas petrolíferas e a Petrobrás. Essas parcerias se ampliaram, principalmente nas áreas onde ocorrem inovações tipicamente radicais na indústria de petróleo, como é o caso dos sistemas de bombeamento submarino. Outro aspecto relevante, relacionado à participação das companhias petrolíferas internacionais, consiste na importância da troca de informações técnicas durante a definição do protótipo dos equipamentos *offshore*. O processo de aprendizagem da Petrobrás em águas profundas, enquanto usuária de equipamentos, permitiu melhorar as aplicações dos mesmos e tem sido um dos argumentos da estatal para interferir na fronteira do conhecimento, tornando-a um dos principais interlocutores do setor petrolífero internacional em águas profundas (Ver Tabela 6).

Tabela 6: Evolução das Participações das Empresas Petrolíferas nos Projetos do Procap 2000

Empresas estrangeiras de petróleo	Procap 1000	Procap 2000					
	1991	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Número de empresas	3	3	5	5	5	6	21

Fonte: PETROBRAS/CENPES, Relatórios de Reavaliação do Procap 1000 e Procap 2000.

No Procap 2000 foram estabelecidas várias parcerias para troca de informações e de experiências técnicas, através da realização da pesquisa conjunta, do desenvolvimento de equipamentos, entre outros, com empresas estrangeiras de petróleo. Até a reavaliação de 1998, foram firmados 24 acordos de cooperação tecnológica e filiação em 24 projetos multiclientes.

Comparando as modalidades de articulação externa formal firmadas nos dois programas, percebeu-se que no segundo Procap não apareceu nenhum acordo de transferência tecnológica, o que revela uma significativa evolução na forma de relacionamento entre a companhia petrolífera nacional e setor *offshore* internacional. Parte do conhecimento, sobre o qual a empresa não tinha domínio, foi absorvido no primeiro Procap. Atualmente, a empresa tornou-se uma referência internacional nos esforços tecnológicos voltados para E&P em águas profundas. Outro aspecto a ser destacado na evolução alcançada no segundo programa está relacionada aos consórcios de pesquisa. A empresa se filiou a 29 multiclientes no Procap 1000, que continha 116 projetos de pesquisa. No segundo Procap a empresa esteve ligada a 24 consórcios em uma agenda de aproximadamente 50 projetos. (Ver Tabela 7).

Tabela 7: Formas de Contratação de Conhecimento Tecnológico nos Projetos do Procap 1000 e no Procap 2000

Formas de aquisição de conhecimento	PROCAP 1000 Total	PROCAP 1000 Percentual %	PROCAP 2000 Total	PROCAP 2000 Percentual %
Participação em projetos multiclientes	29	35	24	50
Acordos de cooperação tecnológica	22	27	24	50
Programas de transferência tecnológica	10	12	--	--
Programas de estágio no exterior	6	7	--	--
Total	82	100,00	24	100,00

Fonte: PETROBRAS/CENPES, Relatórios Final do PROCAP 1000 e Relatórios de Reavaliação do PROCAP 2000, 1993-1998.

A companhia ampliou sua adesão aos consórcios de pesquisa no segundo Procap, como forma de reduzir os custos da inovação. Ademais, a maior participação desses consórcios reflete uma tendência, freqüente na indústria petrolífera internacional, de otimizar o uso de recursos materiais e humanos, aumentando o processo de aprendizagem coletiva e reduzindo a relação custo/benefício associada à incerteza no desenvolvimento da inovação.

Outro fato relevante, consiste no processo de aprendizagem logrado pela companhia nos acordos multiclientes. A empresa tem deixado de ser apenas um participante do consórcio de pesquisa (multicliente) para torna-se um agente de inovação mais ativo, interferindo no processo de desenvolvimento de tecnologias críticas do setor petrolífero internacional. A título de ilustração aponto o sistema de bombeamento submarino multifásico, em que a Petrobrás executa um dos contratos multiclientes responsáveis pelo desenvolvimento de um sistema de bombeamento multifásico, o SBMS-500 (Furtado e Freitas, 1999).

6. Comentários Finais

O Procap 2000 pode ser considerado, em certa medida, como a continuação do primeiro programa e reflete a estratégia de longo prazo da empresa, que consiste em intensificar sua capacitação tecnológica em sistemas de produção em águas (ultra)profundas, principal cenário de expansão da companhia. Nesse sentido, o segundo programa também ilustra a importância da tecnologia *offshore* como variável decisiva para as atividades presentes e futuras da empresa. Esse tipo de esforço é incentivado pelas reservas gigantes existentes e por aquelas que ainda estão sendo mapeadas na Bacia de Campos.

As atividades de P,D&EB com vistas ao *offshore* profundo foram mantidas na passagem do primeiro para o segundo Procap. Algumas características inovadoras presentes no primeiro programa foram acentuadas pelo segundo, principalmente a montagem de uma complexa rede de inovação com agentes preferencialmente externos e internacionais, como indústrias e empresas de engenharia e/ou consultoria. Esse maior envolvimento de instituições estrangeiras tem sido mais expressivo no segundo do que no primeiro Procap, apontando para a tendência mundial de internacionalização das atividades de P&D cooperada. Hoje, a empresa participa, com uma postura muito mais ativa, do processo de inovação *offshore*, na medida em que se apresenta como parceira ativa das iniciativas destinadas a desenvolver sistemas de produção considerados como inovações radicais.

O processo de aprendizagem apresentado pelo segundo programa sinaliza para algumas mudanças estruturais na forma de organizar a pesquisa tecnológica na empresa. Uma lição fundamental que se extrai do programa está relacionada à sua organização em linhas de pesquisa sistêmicas. Estas linhas abrigam esforços voltados para várias tecnologias complementares e/ou concorrentes dentro do mesmo projeto ou entre projetos. Isto seria uma forma de permitir o desenvolvimento de uma maior variedade de tecnologias, reduzindo os riscos de uma alocação inadequada dos recursos. Ademais, a experiência das linhas sistêmicas tem demandado o surgimento de uma figura nova: o gerente-engenheiro (ou pesquisador) encarregado de acompanhar o projeto sistêmico. As vantagens desse novo modelo gerencial seriam as seguintes: I) possibilitar um melhor conhecimento do encaminhamento do projeto, II) melhorar alocação de recursos materiais e humanos, III) tornar o encaminhamento do projeto mais gerencial. No sistema anterior, cada técnico tendia a defender seu projeto como o mais importante, pois parte da memória técnica desse ator está relacionada com a sua experiência e a sua vida profissional. Enquanto o novo sistema, apoiado no gerente de linha temática, apresentou-se como um recurso eficiente que vem contribuindo para dar maior racionalidade às decisões associadas ao desenvolvimento do projeto de pesquisa.

A aprendizagem da Petrobrás no Procap 2000 está relacionada ao estabelecimento de parcerias e ao advento da estratégia de desenvolvimento tecnológico cooperativo. A companhia compreendeu os benefícios dessa nova forma de realizar a P&D para ter acesso ao novo conhecimento. Neste sentido, a empresa vem aprendendo a trabalhar com os mais diversos agentes de inovação, como universidades, empresas de engenharia, indústria de bens de capital, entre outros. Ademais, a estatal também tem aprendido a dividir seu conhecimento até mesmo com empresas petrolíferas internacionais. Nesse sentido, a consolidação da nova estratégia de inovação interativa tem seu embrião no Procap 1000, e encontra maior espaço no segundo programa.

A emergência das universidades brasileiras como expressivos interlocutores e colaboradores no processo de aprendizagem da empresa é um fato notável. As universidades passaram a ser os mais importantes parceiros locais da Petrobrás no desenvolvimento tecnológico *offshore*. Isto se deve a que, sem dúvida nenhuma, boa parte da capacitação de pesquisa do país está localizada nessas instituições. Se as universidades mostraram ter maior capacidade de rearticulação e/ou adaptação, o mesmo não ocorreu com os fabricantes nacionais de equipamento e as empresas de engenharia que perderam muito espaço no segundo Procap. No conjunto, vale ressaltar que os atores nacionais perderam espaço para os estrangeiros na nova estratégia de inovação da Petrobrás.

A mudança do papel da Petrobrás nos contratos multiclientes mostra que ocorreu um significativo processo de aprendizagem tecnológica. No primeiro Procap, a companhia era uma participante passiva dos contratos multiclientes, enquanto no segundo programa, a empresa assumiu

uma postura mais ativa nesses consórcios, sendo responsável em vários deles pelo desenvolvimento de tecnologias *offshore* de fronteira consideradas fundamentais. Ademais, a empresa vem liderando contratos multiclientes envolvendo novos sistemas marítimos de produção pelo seu conhecimento acumulado e pela sua capacidade de testar tais conhecimentos no seu principal laboratório de testes, a Bacia de Campos.

Os programas tecnológicos ilustram uma mudança na estratégia de inovação da empresa. No primeiro programa, a orientação da empresa e a forma como se organizava a pesquisa envolvia poucos agentes e era fortemente orientada para o projeto de desenvolvimento tecnológico-fabril nacionalista (a chamada estratégia endógena). No segundo programa, a pesquisa reorientou-se para a constituição de redes de inovação e o processo de desenvolvimento partilhado, estabelecendo maior pluralidade de relações com firmas de engenharia e fabricantes internacionais.

6. Referências Bibliográficas

- Freitas, A. G. de (1993). Capacitação tecnológica em Sistemas de Produção para Águas Profundas: o caso da PETROBRÁS. Campinas: UNICAMP, 1993. (Dissertação de Mestrado). 180p.
- Freitas, A. G. de (1999). Processo de Aprendizagem da PETROBRÁS: programas de capacitação tecnológica em sistemas de produção offshore. Tese de doutorado, Campinas, UNICAMP, São Paulo, 1999.
- Freeman C. e Hagerdoorn, J. (1994). "Catching up and Falling Behind: Pattern in International Interfirm Technology Partnering", *World Development*, 22 (5), pp. 771-780.
- Furtado, A. T. (1996). "A Trajetória Tecnológica da Petrobrás na Produção Offshore", *Anais do XIX Simpósio de Gestão Tecnológica*, 22-25 de outubro, São Paulo, Vol. 2, pp. 813-832.
- Furtado, A. T. e Freitas, A. G. de (1999). "A estratégia de Catch Up da Petrobrás através da P&D cooperativa", *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Energia – CBE*, Rio de Janeiro, Vol. II, pp. 915-930.
- Hagerdoorn, J. e Schakenraad, J. (1990). "Inter-firm Partnerships and Co-operative Strategies in Core Technologies", in C. Freeman and L. Soete (eds), *New Explorations in the Economics of Technical Change*, London: Pinter Publishers.
- Hagerdoorn, J. (1995). "Strategic Technology Partnering in the 1980s: Trends, Networks, and Corporate Patterns in Non-core Technologies", *Research Policy*, 24, pp. 207-231.
- PETROBRÁS. *Relatório de Atividades*. 1986-1992. Rio de Janeiro.
- _____. *Relatórios de Reavaliação do PROCAP 1000*. Rio de Janeiro, 1991. (mimeo).
- _____. *Relatórios de Reavaliação do PROCAP 2000*. Rio de Janeiro, 1997. (mimeo).
- Vonortas, N. S. (1998). "Strategic Alliances in Information Technology and Developing Countries Firms: Policy Perspectives", *Science, Technology & Society*, Vol. 3, n. 1, pp. 181-205.

¹ Uma descrição mais detalhada dos avanços tecnológicos obtidos durante o primeiro Procap e seus desdobramentos sobre o desempenho da Petrobrás em matéria de produção em águas profundas pode ser visto em Furtado (1996).

² Esta ação tanto permitia uma possível reorientação e/ou recomendações aos esforços realizados pela equipe do projeto, como poderia questionar a própria continuidade do projeto, segundo as prioridades estabelecidas para este programa tecnológico.

³ As linhas de pesquisa do Procap 1000 podem ser divididas em: 27 projetos de desenvolvimento de equipamentos e componentes submarinos (22,50%), 16 projetos de subsistemas de plataformas (13,80%), 13 projetos sobre veículos/ferramentas de operação remota (11,20%), 3 projetos de navios de processo (2,50%), 34 projetos de pesquisa em áreas interdisciplinares e multidisciplinares e estudos de poços e reservatórios (29,42%), pesquisas sobre novos processos e inovação (12,22%) e 9 projetos de pesquisa sobre plataformas fixas (8,10%). Para maiores detalhes ver Petrobrás (1991)