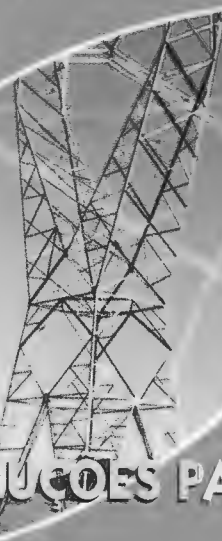


KCBE

**IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA
IV SEMINARIO LATINO-AMERICANO DE ENERGIA**



SOLUÇÕES PARA A ENERGIA NO BRASIL

**ANAIS
2002**



sbpe
Sociedade Brasileira de
Planejamento Energético

COPPE/UFRJ

CLUBE DE ENGENHARIA

ANAIS

DO IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA - CBE
IV SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE ENERGIA – SLAE



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA
IV SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE ENERGIA

SOLUÇÕES PARA A ENERGIA NO BRASIL

Volume III

Temário:

- ♦ Inovação e Capacitação Tecnológica
- ♦ Conservação e Uso Racional de Energia

2002

PROMOÇÃO:



COPPE / UFRJ

Biblioteca
Instituto de Geociências
UNICAMP



CLUBE DE ENGENHARIA

sbpe

Sociedade Brasileira de
Planejamento Energético

VOLUME III

Inovação e Capacitação Tecnológica

- ◆ **Nacionalismo e aprendizagem tecnológica**
André Tosi Furtado e outro 1001
- ◆ **Um método heurístico multi-objetivo para calcular o desempenho de redes de distribuição com geradores distribuídos**
Rade M.Ciric e outro 1010
- ◆ **Desenvolvimento de modelos matemáticos para as turbinas a gás aeroderivativas e heavy duty**
Marcelo Freire e outros 1019
- ◆ **Potencial de utilização de sistemas inteligentes nos estudos de cenários de precificação e comercialização de energia**
Antonio Luiz Fernandes dos Santos 1033
- ◆ **Atividades do centro de pesquisas da petrobras (CENPES) relacionadas a energias renováveis e desenvolvimento sustentável**
Fernando Baratelli Junior e outros 1045
- ◆ **Análise econômica de um sistema de trigeriação a gás natural**
Marco Antonio Haikal Leite 1052
- ◆ **Índices quantitativos de ciclos termodinâmicos de centrais termoeletricas de gás - vapor**
Vlassov D. e outro 1059
- ◆ **Avaliação da perda de vida e energia despendida em ciclos de carga tipicamente residenciais e comerciais**
M. A. Ravaglio e outros 1067
- ◆ **Aumento da eficiência de turbinas a gás por resfriamento do ar de admissão**
Flavio Barboza Campos e outro 1075
- ◆ **Aplicação de supressores de surtos para a proteção da entrada de consumidores**
José Mario Moraes e outros 1082
- ◆ **Avaliação da influência da fast valving no comportamento dinâmico de sistemas elétricos de potência**
Pedro Paulo de C. Mendes e outros 1090
- ◆ **Análise do fenômeno da ressonância subsíncrona em sistemas de potência com o auxílio do EMTP**
Pedro Paulo de C. Mendes e outros 1104
- ◆ **Transformação das estações de compressão em produtores independentes de energia**
Henrique Gerken de Landa e outros 1116
- ◆ **Aumento da eficiência energética e fomento ao uso do gás natural com tubo termossifão (Heat Pipe)**
Henrique Gerken de Landa e outros 1123
- ◆ **Influência do tratamento da superfície na resistência à cavitação de turbinas de hidroelétricas**
Xiaojun e outros 1132
- ◆ **Aproveitamento da cinza produzida na combustão da casca de arroz: estado da arte**
Hoffmann e outros 1138
- ◆ **Novos procedimentos em recuperação de cavitação em turbinas hidráulicas**
A. Albertazzi e outros 1144

◆ Crítica às atividades de C&T na área de gás natural do CTPETRO (Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural) Edmilson Moutinho dos Santos e outros	1154
◆ Da evolução do padrão de concorrência e da estrutura da indústria para-petrolífera no setor de exploração e produção Rafael R. Pertusier	1160
◆ Estudo de viabilidade econômica da geração distribuída com microturbinas a gás natural Eli Eber Batista Gomes e outros	1166
◆ Avaliação de dispositivos de conversão de motores a gasolina para uso de gás natural veicular Marcelo Schwob e outros	1176
◆ A gestão tecnológica da área de gás e energia da Petrobras Fernando Baratelli Júnior	1185
◆ Produção e consumo de energia na indústria de papel e celulose: P&D e o estado da arte das principais tecnologias disponíveis Marcelo Carlos Barbeli e outro	1188
◆ Metodologia para integrar a geração e avaliação de tecnologia nas áreas rurais sob o ponto de vista energético Rodolfo Dourado Maia Gomes e outro	1194
◆ Fundos setoriais como novo instrumento de política científica e tecnológica no setor petrolífero nacional: a experiência do CTPETRO edital 03/2000 Adriana Gomes de Freitas e outros	1202
◆ Análise da alocação de bancos de capacitores em uma unidade consumidora industrial considerando o efeito da ressonância - estudo de um caso real Antônio Carlos Ventura Ribeiro e outros	1210
◆ Diagnóstico, análise e indicadores energéticos da qualidade de energia elétrica em redes de distribuição compactas comparadas às redes convencionais Antônio Carlos Ventura Ribeiro e outros	1216
◆ Desenvolvimento de processos GTL na Petrobras: um processo conjunto com a academia via projetos CTPetro Eduardo Falabella Sousa-Aguilar e outro	1224
◆ A participação do setor produtivo nos projetos financiados pelo CTPETRO Fabiana Martins e outro	1230

Conservação e Uso Racional de Energia

◆ Aplicação da experiência alemã em eficiência energética nas pequenas empresas brasileiras Ricardo W. de Faria e outro	1241
◆ Um novo enfoque na implementação de programas de combate ao desperdício de energia elétrica das concessionárias de energia elétrica: uso das redes locais promotoras de eficiência energética Wagner kaehler e outro	1250
◆ Comentários sobre eficiência energética e termos relacionados Aluisio Campos Machado	1258
◆ Avaliação econômica e técnica da efficientização energética de sistemas de iluminação de aviários Maria Hermínia Ferreira Tavares e outro	1265

◆ Estudo de retrofit do sistema de iluminação de interiores do centro Universitário do Leste de Minas Gerais – UnilesteMG Manuel Camela Rafael e outro	1274
◆ Os refrigeradores elétricos brasileiros e o uso racional de energia Dean William M. Carmeis	1281
◆ Legislação edilícia e eficiência energética. Uma discussão sobre os vãos de ventilação adotados pelo código de obras do Rio de Janeiro Gustavo Carvalho Pimenta e outro	1288
◆ Aproveitamento da energia de emissões quentes, de refinarias, automotivas e industriais para refrigeração e condicionamento de ar por sistemas de absorção Roque Luiz S. Mainardes e outros	1296
◆ Racionalização do consumo de energia elétrica com a reciclagem dos resíduos sólidos domiciliares provenientes da coleta formal e informal no município de Campinas - SP Cleci Schalemburger Streb e outros	1304
◆ Controle energético através da gestão de energia no setor industrial Claudio Elias Carvalho e outros	1313
◆ Estudos de conservação de energia para prédios da engenharia elétrica da EPUSP Marco Antônio Saidel e outros	1323
◆ Eficientização do sistema de iluminação do bercário da Unicamp Cláudio Bezerra de Carvalho e outros	1332
◆ Análise fatorial de correspondência aplicada ao gerenciamento da demanda de eletricidade Máximo Luiz Pompermayer e outros	1341
◆ “Energizando Bahia”: Educando para o exercício da cidadania e para o uso racional e eficiente da energia elétrica Sergio Manzione	1355
◆ Programa de efficientização energética no ministério da previdência e assistência social M.A.L. Castro e outros	1359
◆ A eficiência energética como ferramenta de gestão ambiental Plínio Barbosa Pires	1369
◆ Sistemas motrizes industriais eficientes: a visão do plano energia Brasil – eficiência energética George Alves Soares e outros	1376
◆ Uma experiência integrada de pesquisa e formação de pessoal em eficiência energética na região Sul-Fluminense Hamilton Moss de Souza e outro	1385
◆ A racionalização e a eficiência energética como fundamentos para a gestão do consumo de energia elétrica na indústria – estudo de caso Valdemberg Magno do Nascimento Pessoa	1391
◆ A eficiência energética no Brasil sob a ótica da inovação tecnológica Valdemberg Magno do Nascimento Pessoa e outro	1398
◆ Eficiência energética no uso de motores elétricos na indústria: cenários de conservação de energia Maurício Tiomno Tolmasquim e outro	1405
◆ Gerenciamento pelo lado da demanda: estudo de caso de um campus universitário R. C. G. Teive e outros	1414
◆ Estudo do uso da iluminação natural para um pavilhão de exposições Louise Land B. Lomardo	1422

◆ Otimização e conservação de energia através da utilização de revestimentos metálicos R. S. Cortés Paredes e outro	1428
◆ Eficiência energética em pequenas e médias empresas o caso cerâmica vermelha Ricardo Wargas e outros	1436
◆ Impactos da eficiência energética em pequenas e médias empresas o estudo de caso das empresas recauchutadoras de pneus Vilar, Sandra C. e outros	1444
◆ Eficientização de prédios públicos estudo de caso: centro administrativo Fernando Ferrari/RS Dias,S.S. e outros	1455
◆ Coleta seletiva, reciclagem e conservação de energia Luciano Basto Oliveira e outros	1461
◆ A implantação do reluz - Programa nacional de iluminação pública eficiente nas cidades brasileiras Cláudia Maria Coimbra e outros	1469
◆ A experiência brasileira pós-privatização em programas de eficiência energética e P&D: lições das iniciativas de regulação e da crise energética Gilberto De Martino Jannuzzi e outro	1477
◆ Análise energética de um forno túnel utilizado em cerâmica vermelha V. P. Nicolau e outros	1486
◆ Análise energética de um sistema compacto de cogeração baseado em microturbina Claudio Pinto Rebello Rücker e outros	1493
◆ Uso eficiente da energia: dos incentivos regulatórios recentes até a atual lei de eficiência energética Jamil haddad	1499
◆ A influência da classe de renda/consumo no retorno de capital dos programas de gerenciamento pelo lado da demanda Alvaro Afonso Furtado Leite e outros	1565
◆ Avaliação de projetos de combate ao desperdício de energia elétrica. Um estudo de caso: incentivo à venda de eletrodomésticos eficientes Regiane Monteiro de Abreu	1515
◆ Estação de medição de iluminação - medição de níveis de iluminação natural para caracterização de iluminâncias de céu e luminância de zênite Roberta Vieira Gonçalves de Souza e outro	1523



Inovação e Capacitação Tecnológica

NACIONALISMO E APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA

André Tosi Furtado*
Adriana Gomes Freitas**

RESUMO

O presente trabalho faz uma avaliação dos impactos econômicos que decorrem de diferentes formas aprendizado que derivaram da execução de projetos tecnológicos nacionalistas. Esses projetos visavam o domínio local de tecnologias. Toma-se como exemplo o programa de capacitação tecnológica em sistemas de produção para águas profundas da Petrobrás, o Procap 1000, promovido pela empresa estatal brasileira, a Petrobrás, entre 1986 e 1992. Apoiando-se em estudo anterior de avaliação dos impactos econômicos diretos e indiretos do programa (Furtado et alii, 1998), foi escolhida uma amostra de 7 projetos de cunho nacionalista que se caracterizam, de forma geral, por não terem sido bem sucedidos do ponto de vista comercial. O argumento central deste trabalho consiste em mostrar que, apesar do revés comercial, esses projetos estiveram na origem de importantes processos de aprendizagem na empresa, os quais redundaram em significativos impactos econômicos indiretos. Para esse fim, é feita uma descrição de cada um dos projetos e de quais foram os impactos econômicos que resultaram. Também são apresentados os dados da pesquisa referentes à amostra de projetos, os quais revelam que os impactos econômicos superaram em mais de 7 vezes os custos dos projetos. O trabalho propõe uma reflexão conceitual a respeito da natureza do processo de aprendizagem que destaca a importância da capacidade de absorção.

1. INTRODUÇÃO

Somente a partir da Segunda metade do século XX, a P&D passou a ser vista como uma atividade capaz de gerar novas riquezas econômicas. O modelo conceitual que foi aplicado para medir a contribuição dessa atividade para o crescimento econômico segue o referencial geral da teoria econômica, que representa a atividade geradoras de valores econômicos como consistindo na transformação de insumos em produtos. A atividade de P&D constitui-se num insumo que é incorporado ao processo produtivo e contribui parcialmente ao aumento da produtividade (ver por ex. Griliches, 1979 e Mansfield, 1991). Essa visão “mecanicista” e linear do processo de inovação, em que insumos são transformados em produtos através da caixa preta da função de produção, não contribui muito para o entendimento desse processo.

A execução da atividade de P&D, além de contribuir para alcançar certos objetivos científicos e tecnológicos, implica em significativo processo de aprendizagem para a organização que a suporta. Entende-se que a P&D transforma a organização que a executa de diversas maneiras: do ponto de vista tecnológico, relacional e organizacional. Esse processo de aprendizagem pode conduzir a diversas formas de impactos econômicos.

*(furtado@ige.unicamp.br)

**(adriana@ige.unicamp.br)

Departamento de Política Científica e Tecnológica
Instituto de Geociências – UNICAMP

Dentre as possíveis formas de aprendizagem que a atividade de P&D possibilita, se destaca a que conduz a reforçar a capacidade de absorção de novos conhecimentos tecnológicos externos. Essa capacidade, analisada por Cohen e Levinthal (1990), representa a propensão da empresa ou unidade econômica em absorver o estoque de conhecimentos externo para aplicá-lo em melhoras produtivas. Segundo esses autores, ela está estreitamente relacionada com o montante do esforço de P&D realizado pela empresa.

Os desdobramentos indiretos da atividade de P&D foram pouco considerados na hora de se fazer a avaliação de programas e políticas de P&D. Esse é particularmente o caso das políticas e estratégias tecnológicas desenvolvidas no Brasil nos anos 70 e 80. Foi atribuído um resultado em geral negativo a essas políticas que buscaram desenvolver a tecnologia localmente. Essas experiências foram, em geral, ou fracassadas ou abandonadas após o período de abertura.

Nosso argumento neste trabalho consiste em mostrar que, mesmo constituindo-se em insucessos tecnológicos e/ou comerciais, os esforços de domínio local de determinadas tecnologias levados a cabo dentro da estratégia nacionalista constituíram-se em importantes mecanismos de aprendizagem tecnológica, organizacional e relacional para a Petrobrás e demais participantes do programa.

Para ilustrar essa tese, este trabalho apoia-se em um estudo de avaliação de impactos econômicos de um grande programa tecnológico do período nacionalista: o programa de capacitação tecnológica em sistemas de produção para águas profundas da Petrobrás, o Procap 1000 (Furtado et alii, 1998 e 1999). Esse programa foi implementado de 1986 a 1992 com o propósito de alcançar o domínio da tecnologia necessária para operar em lâminas d'água de até 1000 metros de profundidade. Ele se situa no final, e talvez no apogeu, da estratégia tecnológica nacionalista associada ao período de substituição de importações.

O estudo de avaliação de impactos econômicos do Procap 1000 se apoiou na metodologia desenvolvida pelo BETA (Bureau d'Economie Théorique et Appliquée) da Universidade de Estrasburgo que separa os impactos econômicos de programas tecnológicos em diretos e indiretos (Bach et alii, 1992 e 1994). Enquanto que os impactos diretos decorrem da aplicação direta dos resultados dos projetos de P&D, os impactos indiretos resultam de diversas formas de aprendizagem obtidas ao longo do projeto. Entre as formas de aprendizagem, o trabalho do BETA destaca, além da aprendizagem tecnológica, a organizacional e a relacional ou comercial. Essa metodologia permitiu justamente identificar e classificar diversas formas de aprendizagem decorrentes do projeto que nos serão extremamente úteis para os propósitos deste trabalho.

Este trabalho está organizado da seguinte forma. Primeiro, faz-se um relato de cada um dos projetos. Depois, apresenta-se os resultados do estudo de avaliação de impactos econômico. Em seguida, a luz do estudo de caso, propõe-se uma lista das diversas formas de aprendizagem que resultam da capacidade de absorção. Finalmente o trabalho encerra-se com uma conclusão.

2. AMOSTRA DE PROJETOS

A análise detalhada de 7 projetos da amostra do estudo do Procap 1000, que foram destacados devido a suas características nacionalistas, possibilitou avançar um pouco mais na compreensão dessa importante dimensão do processo de aprendizagem tecnológica que seria a capacidade de absorção, pioneiramente identificada pelo estudo de Cohen e Levinthal (1990). Existem diversas formas capacidade de absorção, as quais este trabalho permite detalhar.

Esses 7 projetos tinham por objetivo o domínio local e a posterior adaptação de novos conceitos para produção offshore. Tais iniciativas, quase sempre, envolviam a engenharia básica da Petrobrás junto, às vezes, com empresas e universidades nacionais. Em alguns casos, as empresas estrangeiras foram contratadas para repassar a tecnologia à Petrobrás. Desses 7 projetos, dois eram de plataformas (TLP e Vitória Régia) e cinco de equipamentos. O nível de envolvimento dos participantes nas diversas etapas do processo de inovação variou bastante (Quadro 1).

Quadro 1: Amostra de Projetos Nacionalistas do Procap 1000

Projeto	Grau de Aplicação do novo Conhecimento				Participação Externa
	Conceito Básico	Detalhamento	Protótipo	Fabricação	
Bombeio Submarino	X	X	X		
TLP	X				TT(*) Universidade
ANM	X	X	X	X	TT(*)
Manifold	X	X			TT(*)
Octos 1000	X	X			Universidade
Vitória Régia	X				TT(*)
ROV	X	X	X	X	Empresa Nacional

(*) Transferência de Tecnologia de Empresa Estrangeira

Fonte: Pesquisa da Unicamp, 1998

2.1 Bombeio Submarino com Separador

Trata-se de tecnologia com grande potencial inovador cuja promessa principal é de antecipar e aumentar a produção de petróleo e gás natural em águas profundas. No intuito de se consolidar nesse novo campo tecnológico, a Petrobrás propôs-se desenvolver um projeto de novo equipamento de bombeamento e separação submarina. Embora, essa fosse uma tecnologia de fronteira em meados da década de 80, a Petrobrás se dispôs a desenvolver um conceito próprio (separação em poço falso com gás). Essa tecnologia já havia sido patenteada - vindo a se chamar de Petroboost - e a empresa planeou, no Procap 1000, desenvolvê-la em escala piloto, construindo um protótipo. A confecção desse artefato foi uma excelente escola para que a equipe do projeto tirasse o conceito do papel e o aplicasse em escala real.

A construção do protótipo do Petroboost foi um sucesso tecnológico. Os testes mostraram que o protótipo funcionava satisfatoriamente, atendendo aos requisitos técnicos. Porém, no momento de passar à escala comercial, esse conceito não logrou vencer a barreira da avaliação técnico-econômica. O projeto, que foi conduzido de forma bastante isolada pela Petrobrás, enfrentou sérias dificuldades no momento de ser transferido aos fabricantes. As empresas nacionais não conseguiram se adequar às especificações técnicas da Petrobrás. As estrangeiras, em compensação, embora fossem mais capacitadas tecnicamente, não se interessaram e apresentaram orçamentos muito caros para a sua construção.

O grande ganho do projeto do bombeio com separador foi de possibilitar um aumento da capacidade de absorção e de negociação da Petrobrás relacionada a novos conhecimentos. Com isto a empresa logrou escapar do "lock-in" da própria tecnologia do Petroboost. A estratégia desenvolvida pela empresa, a partir de então, foi sempre de manter uma certa pluralidade tecnológica, através da participação em consórcios de desenvolvimento de novos conceitos. De forma que a capacitação tecnológica constituída com o Petroboost pode migrar para um novo conceito de maior potencial, chamado de VASP, através da participação em consórcios (Furtado e Freitas, 2000).

2.2 A Plataforma TLP (Tension Leg Platform)

A TLP é um tipo de plataforma que pode operar em grandes profundidades, cuja tecnologia a Petrobrás não dominava à época. Em função das potencialidades dessa tecnologia, a Petrobrás decidiu, a partir de um contrato de transferência de tecnologia, desenvolver um desenho próprio de TLP capaz de operar em lâmina d'água de até 1000 de profundidade. Foram contratadas duas empresas, uma americana e outra sueca, para desenvolver o projeto da TLP para a Petrobrás. Esse projeto foi posteriormente adaptado pela equipe técnica da estatal para operar até 1000 metros. Esse esforço levou à introdução de importantes novidades, no que diz respeito ao sistema de amarração, as quais resultaram no depósito de uma patente.

O projeto não foi aplicado, porque a Petrobrás até hoje não optou por essa tecnologia em nenhum de seus desenvolvimentos em offshore. Entretanto, o projeto possibilitou que se gerasse na empresa uma importante capacitação em desenvolver sistemas de produção apoiados em TLP ou em Spar Buoy.

A UFRJ envolveu-se diretamente com esse projeto. Adaptou-se um software, incorporando um conjunto de rotinas, para que se pudesse tratar a aleatoriedade dos movimentos do mar. Esse conhecimento da Universidade não só foi útil para consolidar a capacitação para projetar TLP, mas foi também aplicado a sistemas submersíveis convencionais e no desenvolvimento de um novo sistema de amarração de plataformas semisubmersíveis por sucção (Tautleg).

2.3 Árvore de Natal Molhada

A Árvore de Natal Molhada (ANM) é um equipamento que fica na cabeça do poço, no fundo do mar, cuja função consiste em controlar a produção de hidrocarbonetos. A Petrobrás estabeleceu como meta desenvolver um equipamento que fosse capaz de operar até 1000 metros de lâmina d'água. Havia na época, alguns fabricantes nacionais familiarizados na produção desses equipamentos sob licença estrangeira. Os preços eram altos, ademais inexistiam equipamentos operados a essas profundidades. A Petrobrás decidiu montar uma equipe, localizada no Cenpes, capaz de fazer o projeto básico e de detalhe. O projeto foi bem sucedido tecnologicamente. Chegou-se a construir um protótipo. Mas a produção comercial em larga escala não se concretizou.

O novo conceito enfrentou diversos problemas de transferência e aplicação em escala industrial. Primeiro, não encontrou muito interesse por parte dos fabricantes, que não quiseram licenciá-lo. Ademais, em função demora, o próprio conceito da nova ANM acabou se tornando obsoleto.

Mesmo assim, o projeto permitiu que a Petrobrás realizasse um aprendizado significativo, que resultou em importantes impactos econômicos. O fato da Petrobrás, que era o principal cliente mundial desse equipamento, dispor de um conceito próprio levou as empresas estrangeiras detentoras dessa tecnologia a baratear o preço de venda de forma significativa. Ademais, os conhecimentos adquiridos na concepção de ANM serviram bastante nas próximas encomendas. Com efeito, graças a esse conhecimento, a Petrobrás passou a padronizar esses equipamentos, os quais antes costumavam ser diferentes entre si, mesmo quando eram fabricados por uma mesma empresa. Essa padronização reduziu o tempo de instalação e de manutenção das ANM.

2.4 Manifold

O manifold localizado no fundo do mar é um equipamento que serve para interligar a plataforma semisubmersível com os poços submarinos. No Procap 1000, a Petrobrás decidiu desenvolver um projeto de manifold que fosse capaz de operar até 1000 metros de lâmina d'água. Esse projeto foi um importante marco para o desenvolvimento da capacitação do seu laboratório de pesquisas - o Cenpes - em engenharia submarina. Inicialmente, o projeto emanou de uma demanda do Departamento de Produção da Petrobrás. Porém, o Cenpes aproveitou-se dessa demanda para propor o desenvolvimento de um novo conceito. O objetivo era fazer um manifold que pudesse ser instalado sem a ajuda de mergulhadores - "diverless" - para operar em águas profundas. O Cenpes decidiu introduzir uma novidade, criando um manifold que embutia cabeças de poços (4 ao todo), sob a alegação de poupar linhas flexíveis. O manifold podia também ser conectado a ANMs (Árvores de Natal Molhadas) separadas.

O projeto envolveu um importante esforço de engenharia do Cenpes, que realizou a parte conceitual e o detalhamento do projeto. Foi feito inicialmente um desenho preliminar. Posteriormente, contratou-se uma empresa americana, para aperfeiçoar esse conceito básico. Essa empresa introduziu modificações e atualizou a parte conceitual. Em seguida, a equipe do Cenpes detalhou o desenho, especificou os equipamentos e o ROV a serem usados na instalação, elaborando 5 manuais.

O projeto era interessante. Custava US\$ 25 a 30 milhões. Depois de pronto, o Departamento de Produção não se interessou pelo conceito, o qual não convergia com a sua cultura operacional que era a de usar ANMs separadas do manifold. A Petrobrás acabou descartando o equipamento.

O projeto gerou um importante aprendizado. Foram depositadas quatro patentes. A equipe da Petrobrás adquiriu domínio sobre o detalhamento de projetos de manifolds. Esse conhecimento foi muito útil na hora de fazer novos projetos. Primeiro, ele serviu no detalhamento do Octos 1000, que será apresentado a seguir.

Posteriormente, ele foi usado quando a empresa encomendou os manifolds a fabricantes nacionais. Em função de uma maior adaptação dos projetos conceituais aos campos da Petrobrás, logrou-se reduzir substancialmente os custos desses manifolds.

2.5 Octos 1000

Trata-se de um projeto original em sua concepção, por não haver emanado diretamente do Cenpes. A idéia de um novo manifold, que fosse adequado para operar até 1000 metros de lâmina d'água, surgiu no Departamento de Perfuração da Petrobrás, que logo decidiu mobilizar uma equipe para desenvolvê-lo. Esse projeto correu em paralelo ao do Cenpes, que foi visto no item anterior. Ele contou com a colaboração de um fabricante de equipamentos nacional, que desenvolveu a parte de engenharia do projeto. Em 1988, o projeto conceitual ficou pronto, obtendo imediatamente aceitação internacional. Por isso foi incorporado ao Procap 1000. Em seguida, todas as equipes da Petrobrás, inclusive a do Cenpes, envolveram-se no desenvolvimento desse conceito (projeto básico + projeto de detalhe). Chegou-se a fazer um estudo de viabilidade técnico-econômico e o projeto foi logo aprovado. Um campo inteiro deveria operar com vários Octos. A grande vantagem do Octos consistia em poder operar em terrenos arenosos.

A Unicap foi chamada a participar dessa parte desse projeto fazendo o dimensionamento e o cálculo estrutural. A engenharia de detalhe ficou a cargo do fabricante nacional. O detalhamento do projeto foi relativamente demorado. Mas o problema maior consistiu na própria incerteza do processo de inovação que conduziu a mudanças de rota nas decisões de investimento da empresa. A perfuração de um poço seco em Albacora levou a empresa a rever seu projeto inicial de desenvolvimento do campo. Quando o novo projeto foi elaborado, a alternativa do Octos 1000 terminou sendo descartada por ser muito cara.

Embora o conceito do Octos 1000 tenha sido descartado pela companhia, houve importante aprendizagem na Petrobrás. Graças a esse projeto, essa empresa adquiriu o domínio de certas técnicas de instalação de equipamentos de produção no fundo do mar que passaram a ser incorporadas em novos projetos, possibilitando importantes ganhos econômicos. Esse ganho foi tecnológico, mas também organizacional. O projeto possibilitou que técnicos de diferentes departamentos da Petrobrás passassem a trabalhar juntos; também permitiu a formação de recursos humanos (equipes e competências) nos participantes externos (Fornecedor e Universidade). O fornecedor se capacitou a desenhar e fabricar manifolds, campo em que não atuava anteriormente.

2.6 Vitória Régia

A Vitória Régia foi o projeto da Petrobrás de plataforma semisubmersível para produzir em águas profundas. No contexto da estratégia nacionalista do Procap 1000, o primeiro passo do processo de aprendizagem consistiu em adquirir, de fornecedores estrangeiros, o projeto conceitual de uma plataforma semisubmersível de perfuração (mais freqüentes na indústria internacional) para águas rasas (menos de 400 metros). No contrato de transferência, incluiu-se uma cláusula que exigia a transferência dos conhecimentos básicos para os técnicos da Petrobrás. Após seu domínio, houve adaptação desses conceitos para a produção e operação em águas profundas. Esse processo levou à construção da P-XVIII, que é a primeira plataforma de produção nova para águas profundas encomendada pela Petrobrás.

O projeto da Vitória Régia constituiu-se no ápice desse processo de aprendizagem tecnológica, em matéria de plataformas semisubmersíveis, realizado na Petrobrás. O projeto consistia no desenvolvimento de um novo conceito de plataforma semisubmersível mais apropriado ao ambiente operacional da Bacia de Campos e capaz de operar até 1000 metros de lâmina d'água. Esse novo conceito implicaria numa redução de custo fixo de em torno de 30%.

O projeto básico desenvolvido pelo Cenpes foi concluído com sucesso, sendo certificado. Entretanto, a Vitória Régia enfrentou sérios obstáculos que inviabilizaram a sua efetiva aplicação comercial. Houve desencontros entre o Cenpes e o seu principal cliente que era o Departamento de Produção. Este queria uma plataforma com capacidade de conter um maior peso em equipamentos (geração e compressores). A adaptação do projeto às necessidades do cliente tornou-se inviável operacionalmente. Por outro lado, a Petrobrás alterou sua estratégia em termos de plataformas semisubmersíveis. A empresa decidiu adotar a solução mais barata de reconverter as plataformas de perfuração, as quais sobravam à época no mercado internacional em função dos baixos preços do petróleo, no lugar de encomendar plataformas novas de produção.

Mesmo sem aplicação comercial, o projeto da Vitória Régia foi um importante marco na consolidação da capacitação tecnológica em engenharia de plataformas no país. Os conhecimentos adquiridos com a redução de peso da plataforma e a compactação dos equipamentos foram aplicados nos projetos de reconversão de plataformas da Petrobrás, permitindo importantes ganhos econômicos.

2.7 Robô de Operação Remota (ROV)

O projeto é singular, pois contrariamente aos demais que foram, em grande medida, esforços internos da Petrobrás, o desenvolvimento do ROV foi encomendado a um fabricante nacional. Esse projeto consistiu numa encomenda do Departamento de Perfuração de dois robôs de observação capazes de operar até 1000 metros de lâmina d'água.

Desde o início, essa empreitada enfrentou sérias dificuldades. A escolha de desenvolver robôs de observação não foi apropriada, pois a tendência da indústria era de robôs versáteis capazes de observar e intervir simultaneamente. Também, a equipe da Petrobrás, que monitorava o projeto, não soube introduzir as mudanças de curso necessárias.

O elevado índice de nacionalização do projeto (94%) obrigou ao fabricante nacional a contratar quatro fabricantes e quatro Institutos de Pesquisa nacionais para desenvolver e construir partes do equipamento. Era a primeira vez que uma empresa nacional fabricava um robô submarino, com esse índice de nacionalização e operando a 1000 metros de lâmina d'água. Tratava-se de uma proeza em nível internacional.

O resultado desse grande esforço foram dois ROV que não lograram operar adequadamente. O fabricante foi chamado para introduzir reparos, havendo uma melhora de desempenho. Porém, os equipamentos acabaram sendo abandonados (um perdeu-se e outro não funcionou). Não houve continuidade nas operações porque a Petrobrás mudou a política de compra e passou a alugar os robôs ao invés de adquiri-los.

O ROV não chegou a ser um fracasso tecnológico, porém foi certamente um fracasso comercial. Contudo, esse projeto possibilitou um importante processo de aprendizagem por parte do fabricante nacional e da Petrobrás.

O fabricante graças ao projeto capacitou-se para atuar no mercado de operação/ aluguel de robôs. Essa maior capacitação do fabricante nacional teve um importante impacto concorrencial que beneficiou a Petrobrás, ao baixar o aluguel de robôs no mercado nacional.

Em função do conhecimento adquirido na construção de robôs, o fabricante desenvolveu novos equipamentos. Também formaram-se importantes competências em recursos humanos no fabricante nacional e na Petrobrás.

3. IMPACTOS ECONÔMICOS

A avaliação de impactos econômicos do Procap 1000 (Furtado et alii, 1998) tornou possível uma visão mais concreta da importância relativa das diferentes formas de aprendizagem obtida a partir dos 7 projetos nacionalistas. A primeira constatação é de que os projetos nacionalistas, apesar de não terem sido aplicados comercialmente, geraram importantes impactos econômicos nos participantes, os quais somados foram muito superiores ao custo total dos projetos. Ao todo, a relação impacto/custo foi de 7,19, sendo maior para as entidades de pesquisa (9,64), seguida da Petrobrás (7,46) e dos fabricantes nacionais (6,06) (Ver Tabela 1).

Embora a maior parte dos impactos tenha ocorrido na Petrobrás, os fornecedores que participaram dos projetos da Petrobrás obtiveram ganhos substanciais (17,5% dos impactos). Como os projetos nacionalistas não tiveram aplicação comercial direta, os impactos diretos foram pouco significativos (7,6%), ao passo que a maior parte dos impactos foram indiretos, ou seja, resultaram de aplicações não previstas inicialmente nos projetos. Entre os impactos indiretos, os tecnológicos foram os mais importantes (50,8%), sendo seguidos dos comerciais (22,2%), em recursos humanos (13,4%) e organizacionais (6%).

Tabela 1: Custo e Impactos Diretos e Indiretos dos Projetos (em mil R\$ de Nov. 1996)

	Petrobrás	Universidades	Fornecedor	Total (%)	
CUSTO	12.680	132	3.343	16.155	
IMPACTOS					
DIRETOS	8.722			8.722	7,6
INDIRETOS	85.785	1.277	20.257	107.320	92,4
<i>Tecnológicos</i>					
Produto	40.346	181	18.491	59.018	50,8
Processo		181	1.979	2.160	1,9
Serviço	40.326			40.326	34,7
Patentes			16.512	16.512	14,2
<i>Organizacional</i>					
Mudança Organizacional	6.980			6.980	6,0
Comercial	6.980			6.980	6,0
Novos Projetos	25.767			25.767	22,2
Concorrencial	1.006			1.006	0,9
<i>Recursos Humanos</i>					
Massa Crítica	24.761			24.761	21,3
Formação de RH	12.693	1.097	1.766	15.556	13,4
	12.351	476	1.766	14.593	12,6
	342	621		963	0,8
TOTAL IMPACTOS	94.557	1.277	20.257	116.092	100,0
IMPACTOS/CUSTOS	7,46	9,64	6,06	7,19	

Fonte: Furtado et alii (1998)

Os impactos tecnológicos em processo foram muito importantes para a Petrobrás porque os novos conhecimentos, adquiridos através dos projetos, permitiram aprimorar os processos de extração de hidrocarbonetos. O segundo ganho mais importante dos projetos nacionalistas consistiu em melhorar a capacidade de negociação da empresa, repercutindo favoravelmente nos preço de equipamentos adquiridos. Um ganho semelhante pode ser comprovado com o lançamento da Central Telefônica Trópico, desenvolvida pelo CPqD da Telebrás. O preço das Centrais dos concorrentes estrangeiros caiu substancialmente no mercado brasileiro (Cruz, 2000). Em terceiro lugar, vem os impactos na formação de massa crítica e em quarto de mudança organizacional. A mudança organizacional foi um importante aspecto da aprendizagem tecnológica obtida através dos projetos nacionalistas. Através destes logrou-se estreitar os canais de comunicação, anteriormente muito falhos, entre o Departamento de P&D (Cenpes) e os Departamentos operacionais.

Os fornecedores obtiveram também significativos impactos indiretos, sobretudo através da abertura de novos mercados (serviços e produtos). Mas a participação nos projetos foi uma excelente oportunidade para consolidar as equipes de engenharia com competências chaves dentro dessas empresas (massa crítica).

As Universidades, como era de se esperar, obtiveram impactos econômicos em recursos humanos. Porém esses ganhos se deram, em maior proporção, na qualificação de recursos humanos (formação de RH), do que propriamente na constituição de equipes (massa crítica).

4. AS DIFERENTES FORMAS DE CAPACIDADE DE ABSORÇÃO

Embora exista uma grande variedade de formas de aprendizagem associadas aos projetos nacionalistas, pode-se considerar que a capacidade de absorção foi uma das principais formas de competências reforçadas por esses projetos. Para entender melhor como os projetos agiram sobre a capacidade de absorção dos participantes, convém aprofundar a análise sobre os processos de aprendizagem tecnológica resultantes dos projetos.

Com efeito, não há ainda uma noção bem clara do que venham a ser as diferentes formas de aprendizagem (tecnológica, organizacional, relacional) e como elas podem vir a resultar em ganhos econômicos. Como postulam Cohen e Levinthal (1990), a P&D possui uma dupla face. É um tipo de atividade que quando bem conduzida pode levar a importantes formas de aprendizado, além de produtos que podem emanar dela. A primeira questão seria de entender porque a P&D é um tipo de atividade que gera tanto aprendizado. A resposta proposta pelos autores deste trabalho é de que a P&D não é uma atividade rotineira. De forma que muito freqüentemente ela traz novos conhecimentos de como fazer coisas que podem ser úteis em situações distintas.

Em geral, a atividade de P&D se estrutura em torno a objetivos concreto. Os produtos do projeto são concebidos para atender a necessidades estabelecidas nos objetivos. Porém de que forma emanam os impactos indiretos ou os *spin offs*. O projeto, além de se propor a alcançar determinados objetivos, contribui para aumentar o estoque de conhecimentos da empresa e, também, contribui para melhorar a sua aptidão em fazer uso desse estoque para outras finalidades. Essa aptidão também serve para fazer uso, ou até filtrar melhor, o estoque de conhecimentos externo.

A capacidade de lidar com os conhecimentos internos para encontrar novos usos a esse conhecimento pode resultar em *spin offs* de diversos tipos: tecnológicos, organizacionais ou relacionais.

A capacidade, obtida através da P&D, de absorver os conhecimentos externos pode ser considerada como outra modalidade de aprendizado que resulta, também, em diversos tipos de *spin offs*: tecnológicos, organizacionais e relacionais. Em nosso estudo de avaliação essas duas capacidades de lidar tanto com o conhecimento interno quanto externo foram consideradas simultaneamente.

A capacidade de absorção é uma categoria bastante ampla que embute várias habilidades da empresa em fazer uso do estoque de conhecimentos externos. Neste estudo, pode-se identificar algumas formas específicas através das quais a capacidade de absorção se traduz em impactos econômicos, que futuramente poderão ser objeto de uma atenção particular:

1. Capacidade de Negociação: através da experiência adquirida com o projeto, uma organização pode obter melhores conhecimentos sobre os verdadeiros custos da tecnologia de um fornecedor. Esse novo conhecimento sobre o hardware pode ajudar também na busca de fornecedores alternativos que tenham capacidade para fornecer competitivamente os equipamentos.
2. Especificação de Conhecimento Crítico sobre Novos Equipamentos: o conhecimento adquirido com o desenvolvimento, construção e teste de um protótipo pode ser de grande valia para conhecer a fundo os seus componentes e partes. Esse conhecimento pode ser reutilizado como especificação técnica da encomenda de um equipamento distinto. Isto permite que o fornecedor tenha acesso a um importante conhecimento do comprador, que a sua vez se beneficia com um novo fluxo de tecnologia.
3. Capacidade de Acompanhar os Avanços Internacionais: o projeto, nesse caso, volta-se para o monitoramento e o desenvolvimento de tecnologias de fronteira, em nível internacional. Em função da experiência adquirida no projeto, a empresa consegue acompanhar as novas evoluções tecnológicas internacionais.
4. Flexibilidade (escapar ao *lock in*): o projeto se destina desenvolver conceitos próprios em tecnologia de fronteira. Mesmo que o conhecimento desenvolvido no projeto não chegue ao mercado, a empresa adquire uma capacitação tecnológica suficiente que lhe permite migrar para conceitos mais promissores.
5. Capacidade de Adaptação: o projeto, que se apoia na transferência e adaptação de conhecimentos externos, gera uma capacitação específica de adaptar conhecimentos externos. Essa capacidade de adaptação é posteriormente usada em novos conceitos adquiridos externamente.
6. Capacidade de Uso de Novas Tecnologias: o projeto possibilita à empresa que o desenvolve (fabricante) dominar não apenas a tecnologia de fabricação de um novo equipamento, mas também de operação e de manutenção. Com isto a empresa se habilita a ser um usuário qualificado desse equipamento, podendo resultar em uma nova atividade econômica.

O Quadro 2 apresenta quais foram as principais formas de capacidade de absorção que resultaram dos projetos nacionalistas da Petrobrás. As capacidades de especificar conhecimentos críticos (2) e capacidade de adaptação (5) foram as formas mais frequentes de aprendizado tecnológico que repercutiram favoravelmente na capacidade de absorção das organizações envolvidas nos projetos.

Os projetos voltados a tecnologias de fronteira tiveram importantes desdobramentos nas capacitações 3, 4 e 6 (acompanhamento da fronteira tecnológica, flexibilidade e uso de novas tecnologias).

Quadro 2 : Formas de Capacidade de Absorção Adquiridas pelos Projetos Nacionalistas do Procap 1000

	1	2	3	4	5	6
Bombeio Submarino				x		
TLP			x			
ANM	x	x				
Manifold		x			X	
Octos 1000		x				
Vitória Regia					X	
ROV						x

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo principal demonstrar a importância do aprendizado tecnológico, organizacional e relacional no processo de inovação. Utilizou-se o caso de projetos tecnológicos nacionalistas do Programa de Águas Profundas da Petrobrás (Procap 1000), que se estendeu de 1986 a 1992, para ilustrar a tese de que, mesmo em caso de projetos com insucesso comercial, as atividades de P&D, quando bem conduzidas, podem gerar importantes impactos econômicos. Os dados obtidos pelo estudo de avaliação econômica permitiram elucidar que os ganhos econômicos foram significativos para o conjunto dos participantes em 7 projetos nacionalistas. Os impactos indiretos foram muito significativos porque os projetos nacionalistas exigiram um importante esforço tecnológico tanto na parte de concepção como de detalhamento de projeto e de construção de protótipo.

Por outro lado, buscou-se ressaltar que as diversas formas de aprendizado derivadas da execução dos projetos estão relacionadas ao aumento da capacidade de absorção dos participantes. Identificou-se, através da análise dos casos 6 formas de aprendizado vinculadas com a capacidade de absorção. Uma dessas formas, que foi definida como capacidade de negociação, já havia sido identificada em outro importante programa tecnológico brasileiro, o programa Trópico da Telebrás.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BACH L., MOLIST N.C., LEDOUX M.J., MATT M. & SCHAEFFER V.(1994) , "Evaluation of the Economic Effects of Brite-Euram Programs on the European Industry", *Anais do Eunetics Conference: Evolutionary Economics of Technical Change: Assessment of results and new frontiers*, Strasbourg, October 6-7-8, pp.971-996.
- BACH, L. COHENDET, P., LAMBERT, G. et LEDOUX, M. (1992) "Measuring and Managing Spinoffs: The Case of Spinoffs Generated by ESA programs", *Space Economics*, 144, pp. 171-206.
- COHEN W.M. & D.A. LEVINTHAL (1990), "Absorptive Capacity : A New Perspective on Learning and Innovation", *Administrative Science Quarterly*, 35, pp. 128-152.
- CRUZ, A. B. (2000), "A Universidade, a Empresa e a Pesquisa que o país precisa", *Parcerias Estratégicas*, 8, maio, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília.
- FURTADO, A. e FREITAS, A. G. (2000), Adriana Gomes de Freitas "The Catch-up Strategy of Petrobrás Through Cooperative R&D", *Journal of Technology Transfer*, 25, pp. 23-36.
- FURTADO, A.; PEREIRA, N. M., SUSLICK, S., FREITAS, A. G., FURTADO, R., e BACH, L. (1998), Avaliação de Grandes Programas Tecnológicos : o Procap 1000 (FASE II: Estudo Abrangente do Programa), Relatório Final, Campinas, Dezembro de 1998.
- FURTADO, A.; PEREIRA, N. M., SUSLICK, S., FREITAS, A. G., FURTADO, R., e BACH, L. (1999) "Assessment of direct and indirect effects of large technological programmes: Petrobrás Deepwater Programme in Brazil", *Research Evaluation*, 8(3), December, pp. 155-163.
- GRILICHES, Z. (1979), "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth", *Bell Journal of Economics*, 10, pp. 92-116.
- MANSFIELD, E. (1991), "Academic research and industrial innovation" *Research Policy*, vol. 20, pp. 1-12.