

Gestão da tecnologia e aprendizagem organizacional: evolução das práticas de uma empresa brasileira de energia na direção do desenvolvimento sustentável¹

Maria Fatima Ludovico de Almeida² & Maria Ângela Campelo de Melo³

Resumo

Traça-se um paralelo entre a evolução dos paradigmas de gestão tecnológica no mundo e os marcos das práticas de gestão da tecnologia de uma empresa brasileira de energia com atuação internacional, ao longo do período de 1974 a 2008, com o objetivo de entender a dinâmica do aprendizado organizacional nessa área. Contrasta-se a evolução dos modelos de gestão tecnológica preconizados por Roussel (1991), Rothwell (1994) e Miller (2001) com a trajetória da gestão tecnológica da empresa, segundo a perspectiva da aprendizagem organizacional (AO). Mais especificamente, explora-se a aplicação dos conceitos de aprendizagem de “ciclo simples” e de “ciclo duplo”, enunciados por Argyris e Schön (1974, 1978 e 1996) e as abordagens de planejamento adaptativo, que pressupõem o planejamento como um processo contínuo de aprendizagem, com ênfase na participação efetiva dos membros das unidades organizacionais envolvidas. Entre essas aborda-

Abstract

This article explores the parallel between the evolution of technological management paradigms and the technological management practices adopted by a Brazilian energy company, covering the period from 1974 to 2008. It aims to understand the dynamics of organizational learning in this area following a deductive guideline and using a case study as empirical evidence. The evolution of technological management models proposed by Roussel (1991), Rothwell (1994) and Miller (2001) was compared with the company's technological management trajectory, in the light of Organizational Learning (OL) conceptual approach. More specifically, this work illustrates the application of the concepts of 'single-loop learning' and 'double-loop learning' developed by Chris Argyris and Donald Schon (1974, 1978 and 1996). It also reinforces the contributions of the Innovative Planning introduced by Melo (1991, 2003) which encourages participation, ownership and cre-

1 Trabalho publicado nos Anais no XIII Seminário de Gestión Tecnológica. ALTEC 2009. Cartagena, 2009.

2 Doutora em Engenharia de Produção (PUC-Rio), professora adjunta da Programa de Pós-graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação, e consultora do CGEE e Petrobras. Email: fatima.ludovico@gmail.com.

3 Doutora em Ciências do Sistema Social (Universidade da Pensilvânia, USA), professora associada do Instituto de Administração e Gerência (IAG/PUC-Rio), e consultora do CGEE. Email: angelacampelo@iag.puc-rio.br; macm@puc-rio.br.

gens, as principais contribuições vieram do Planejamento Inovador (MELO, 1991, 2003).

Palavras-chave: Gestão da tecnologia. Empresa. Planejamento. Aprendizagem organizacional. Energia.

ativity by all those involved in an ongoing planning and management learning processes.

Keywords: *Technological management. Company. Planning. Organizational Learning. Energy.*

1. Introdução

No contexto produtivo, o conceito de desenvolvimento sustentável engloba práticas de desenvolvimento que atendem às necessidades presentes sem comprometer as condições de sustentabilidade das gerações futuras. Nos últimos anos, esse conceito vem sendo assimilado por lideranças empresariais como uma nova forma de produzir economicamente, com responsabilidade social e ambiental, estendendo-se essa cultura a todos os níveis da organização. Formalizam-se processos de identificação do impacto dos processos produtivos das empresas no meio ambiente e nos contextos socioprodutivos em que atuam, segundo uma perspectiva que alia crescimento econômico, preservação ambiental e equidade social.

Partindo-se do pressuposto de que futuras tecnologias e inovações tecnológicas impulsionarão negócios mais sustentáveis, propiciando às empresas novas opções de criação de valor, o desafio é descobrir maneiras como empresas que atuam em ambientes cada vez mais complexos possam incorporar a visão de sustentabilidade econômica, social e ambiental – igualmente complexa - em suas estratégias tecnológicas.

As tecnologias que impulsionarão negócios bem sucedidos e sustentáveis serão aquelas que incorporarem os princípios do desenvolvimento sustentável, desde a formulação da estratégia tecnológica até as etapas finais do processo de pesquisa e desenvolvimento - P&D e de inovação tecnológica. Como assegurar que a cultura da sustentabilidade faça parte do processo de P&D, desde a formulação da estratégia tecnológica? Que novas tecnologias e inovações tecnológicas deverão integrar as futuras soluções para reverter quadros econômicos e socioambientais insustentáveis? Como as empresas deverão atuar e gerenciar seus processos para que as inovações tecnológicas tenham de fato um impacto positivo sobre as tendências observadas e, ao mesmo tempo, criem valor para as partes interessadas e benefícios para a sociedade em geral?

À luz dessas questões, o presente artigo traça-se um paralelo entre a evolução dos paradigmas de gestão tecnológica no mundo e os marcos das práticas de gestão da tecnologia de uma empresa brasileira de energia com atuação internacional, ao longo do período de 1974 a 2008, com o objetivo de entender a dinâmica do aprendizado organizacional nessa área., segundo a ótica do desenvolvimento sustentável. A Petrobras é reconhecida como uma das 20 maiores compa-

nhas mundiais do segmento de petróleo e gás e uma das sete empresas brasileiras mais sustentáveis, de acordo com o Índice Dow Jones Mundial de Sustentabilidade (DJSI, 2009), que avalia os desempenhos econômico, ambiental e social de mais de 2.500 empresas em 57 setores, em todo o mundo.

Neste artigo, contrasta-se a evolução dos modelos de gestão tecnológica preconizados por Roussel (1991), Rothwell (1994) e Miller (2001) com a trajetória da gestão tecnológica da empresa, segundo a perspectiva da aprendizagem organizacional (AO). Mais especificamente, explora-se a aplicação dos conceitos de aprendizagem de “ciclo simples” e de “ciclo duplo”, enunciados por Argyris e Schön (1974, 1978 e 1996). O redesenho e a implementação do novo modelo basearam-se nas abordagens de planejamento adaptativo que tratam o planejamento como um processo contínuo de aprendizagem, especialmente o Planejamento Inovador (MELO, 1991,2003a).

A partir da visão histórica, identificam-se, para a empresa em foco oportunidades de desenvolvimento e aplicação de novas ferramentas de gestão tecnológica que tratem questões como risco tecnológico e comercial, impactos ambiental e social das tecnologias e balanceamento da carteira de P&D, pautando-se nos princípios do desenvolvimento sustentável.

2. Desenvolvimento sustentável, gestão tecnológica e aprendizagem organizacional

Conceitua-se, inicialmente, desenvolvimento sustentável na perspectiva de negócios, destacando-se o papel das inovações tecnológicas como impulsionadoras-chave de negócios sustentáveis. Apresenta-se, na sequência, a abordagem de planejamento adaptativo, que pressupõe o planejamento como um processo contínuo de aprendizagem, com ênfase na participação efetiva dos membros das unidades organizacionais envolvidas. Incluem-se nessa apresentação a aplicação dos conceitos de aprendizagem de “ciclo simples” e de “ciclo duplo” (ARGYRIS e SCHÖN, 1974, 1978 e 1996). Finalmente, discute-se a evolução dos modelos genéricos de gestão tecnológica preconizados por Roussel (1991), Rothwell (1994) e Miller (2001), sob a ótica da transição dos sistemas tecnológicos corporativos para o paradigma de desenvolvimento tecnológico sustentável.

2.1. Desenvolvimento sustentável e inovação tecnológica

O conceito de desenvolvimento sustentável tem suas raízes nas preocupações que emergiram no início dos anos 1970 com a explosão demográfica e os impactos causados pelo crescimento econômico, mais especificamente com a utilização indiscriminada dos recursos naturais. Nos anos 1980, aumentaram as pressões de diversos atores contra o avanço do processo de degra-

dação socioambiental, difundindo-se mais rapidamente a necessidade de: i) preservação ambiental e equidade social; 2) uma maior interação entre o desenvolvimento econômico e o meio ambiente; 3) adoção de práticas empresariais mais sustentáveis com a efetiva incorporação das variáveis sociais e ambientais nas estratégias empresariais.

Em 1987, por meio do Relatório Brundtland, divulgou-se amplamente o conceito de desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer as necessidades das gerações futuras” (WCED, 1987). Desenvolvimento sustentável passou a ser então considerado um novo paradigma de desenvolvimento, que busca integrar crescimento econômico, equidade social e preservação do meio ambiente natural, como elementos interdependentes de suporte ao desenvolvimento de longo prazo.

Por ser muito abrangente, o conceito de desenvolvimento sustentável ficou sujeito às mais diversas interpretações, como: uma visão de futuro; uma mudança de valores; desenvolvimento moral; reorganização social ou ainda um processo de transformação orientado para um futuro desejado ou um mundo melhor. No contexto produtivo, desenvolvimento sustentável tem sido denominado também como responsabilidade social empresarial (SER) e sustentabilidade corporativa. Autores como Hedstrom *et al.* (1998) definem sustentabilidade corporativa como uma abordagem capaz de criar prosperidade até horizontes de longo prazo, pela integração de estratégias voltadas para o crescimento econômico, a qualidade ambiental e a equidade social.

Entre as abordagens e modelos de sustentabilidade corporativa desenvolvidos a partir dos anos 1990, destacam-se: a abordagem *Triple Bottom Line* (ELKINTON, 1998; 1999); o modelo *The Natural Step* (THE NATURAL STEP, 2000); a proposta do Capitalismo Natural (HAWKEN *et al.*, 1999) e o modelo da Teoria dos Capitais (PORRITT, 2001; DYLLICK & HOCKERTS, 2002).

A abordagem tríplice de Elkington (1998; 1999) tem sido considerada pelas empresas que a utilizam como uma excelente ferramenta para compreender melhor o conceito de sustentabilidade, segundo a ótica de negócio (*business case*). De acordo com a abordagem *Triple Bottom Line*, ter sustentabilidade significa assegurar o sucesso do negócio a longo prazo e ao mesmo tempo contribuir para o desenvolvimento econômico e social da comunidade, para um meio ambiente saudável e uma sociedade estável. A sustentabilidade segundo esta abordagem abrange três amplos componentes ou dimensões, respectivamente: 1) sustentabilidade econômica, medida pela rentabilidade; acesso a mercados; economia de custos e produtividade; acesso ao capital; gestão de riscos e licença para operar; valor da marca e reputação; 2) sustentabilidade ambiental, avaliada pelo uso eficiente dos recursos naturais ou eco-eficiência; preservação do ambiente natural e melhoria ambiental dos processos, e oferta de produtos e serviços ambientalmente sustentáveis; e 3) sustentabilidade social, medida pelo bem estar das pessoas, dentro e fora da organização; gestão eficaz de recursos humanos de segurança, meio ambiente e saúde; geração de empregos.

A partir da conceituação de sustentabilidade corporativa e considerando-se que as inovações tecnológicas poderão ser impulsionadoras-chave de negócios sustentáveis, define-se desenvolvimento tecnológico sustentável como o desenvolvimento de tecnologias voltadas para atender às necessidades do presente, sem comprometer as necessidades das gerações futuras. As tecnologias desenvolvidas segundo o novo paradigma de desenvolvimento deverão ser avaliadas em relação a parâmetros econômicos, sociais e ambientais, em todo o ciclo de seu desenvolvimento, desde a formulação da estratégia tecnológica, reduzindo-se desta forma os riscos inerentes à P&D e favorecendo-se as oportunidades de negócios sustentáveis de curto, médio e longo prazos.

2.2. Planejamento tecnológico como processo contínuo de aprendizagem

O planejamento adaptativo, cujas origens remontam à década de 1960, configura-se como a proposta mais apropriada para responder aos desafios do novo paradigma da sustentabilidade, por ser dotado de propriedades que propiciam a administração da incerteza, da complexidade e da interdependência. Apresenta características ímpares (MELO, 1997): 1) extensão do processo de planejamento para abranger o nível normativo, convertendo a discussão de valores compartilhados em base para o estabelecimento de direções comuns, a serem seguidas pelas diversas partes que se envolvem nesse processo; 2) ênfase na formulação da problemática, focalizando o domínio interorganizacional e buscando entender as interrelações entre as organizações membros e o impacto causado por essas inter-relações em cada componente do domínio; 3) proposição de uma adaptação ativa, adotando a postura pró-ativa, pela qual se procura influir no ambiente de modo que esse se torne mais favorável aos propósitos da organização; 4) busca de um grau ótimo de envolvimento dos membros, os quais, por uma participação ativa, tornam-se co-responsáveis pelos resultados das ações planejadas; 5) flexibilidade, com constante apreciação dos objetivos formulados e contínua avaliação das ações implementadas, permitindo a redefinição de rumos; 6) adoção da metodologia de pesquisa-ação, que possibilita o aprendizado organizacional por meio da reflexão sobre os efeitos das ações realizadas, com a consequente identificação de novos conceitos, caminhos e métodos.

Entre as metodologias de planejamento adaptativo descritas na literatura especializada, destaca-se para efeito do presente artigo, a metodologia de planejamento inovador, introduzida por Melo em 1991 com o objetivo de caracterizar as estratégias de planejamento, processos e métodos, assim como as atitudes e posturas dos membros, apropriadas para uma organização que necessita inovar. Considerando que a necessidade de inovação tecnológica pode resultar tanto de pressões externas quanto internas, uma postura de planejamento ativa reveste-se de fundamental importância. Esse tipo de planejamento deve, necessariamente, iniciar-se no nível normativo, discutindo questões de valores para os *stakeholders*, a organização, seus membros e a comunidade em que atua (MELO, 1991).

O planejamento inovador desenvolve-se por meio de uma postura de pesquisa-ação, que propicia a antecipação e implementação das mudanças técnicas, sociais e gerenciais, capacitando a organização a buscar novas soluções tecnológicas para atender à demanda, sempre em evolução, de um ambiente turbulento. A metodologia prevê cinco estágios, que devem ser realizados de forma interativa e iterativa. São eles: 1) caracterizado o espaço de ação e o sistema de política correspondente, o agente reticulador identifica uma tarefa articuladora apropriada; 2) para garantir a manutenção e o fortalecimento do grau de reticulação atingido, especifica-se um instrumento articulador relacionado com os objetivos da tarefa articuladora; 3) mobilizam-se as partes do sistema de políticas que apresentem maior potencial para a formação do reticulado, envolvendo-as com a tarefa articuladora, por meio de seus autores-chave, que podem ser assistidos por consultores ligados ao agente reticulador; 4) gradualmente, outros componentes do sistema de política são engajados na tarefa articuladora; 5) o processo é mantido com o auxílio do instrumento articulador e os vários passos são reiterados.

A estratégia de aprendizagem, como concebida na proposta metodológica do planejamento inovador, busca facilitar processos de mudança organizacional abrangente, como a transição das empresas para o modo de gestão sustentável. Argyris e Schön (1974; 1978; 1996) definem aprendizagem organizacional como o processo de detectar e corrigir erros e distinguem dois tipos de aprendizagem: aprendizagem de ciclo simples e de ciclo duplo. As situações de aprendizagem de ciclo simples envolvem a detecção de um erro e a sua correção dentro de um certo conjunto de variáveis governantes (valores), sem modificá-las. Já os processos de aprendizagem de ciclo duplo referem-se a mudanças sobre essas variáveis, podendo acarretar mudança fundamental na direção estratégica da organização. As entidades (indivíduos ou grupos) detectam e corrigem os erros, questionando e modificando os valores, premissas e políticas que balizam suas ações.

Os autores postularam dois modelos para explicar comportamentos em um determinado sistema de aprendizagem: 1) Modelo I ou Mod-I, segundo o qual há pouca ou nenhuma aprendizagem de “ciclo duplo” relacionada aos valores e aos pressupostos que motivaram o comportamento de uma ou mais entidades da organização; 2) Modelo II ou Mod-II, caracterizado pela aprendizagem que não se limita a um ciclo simples, uma vez que inclui a aprendizagem sobre as variáveis dominantes que estão por trás de estratégias dominantes. Segundo Argyris e Schön (1974; 1978; 1996), as características do Mod-II e de seu respectivo sistema de aprendizado reforçam a prática de compartilhamento do poder com qualquer pessoa que tenha competência e que possa contribuir para melhores decisões e ações efetivas no contexto organizacional.

Analogamente ao Mod-II, no processo de planejamento inovador constrói-se um reticulado de tomadas de decisões, no qual as contribuições de cada membro são discutidas e testadas e, se novos conceitos emergem, eles são abertos para serem criticados por aqueles que irão usá-los. Nesse sentido, o método de pesquisa-ação tem sido considerado como especialmente apropriado para tratar de mudança organizacional ampla, pois apresenta a vantagem de possibilitar o estudo das ações dos participantes, enquanto a mudança está acontecendo, permitindo-se analisar e remodelar suas crenças, em face de um novo modelo que está emergindo e será consolidado pela organização.

Acredita-se que as organizações social e ambientalmente responsáveis devem direcionar ou re-direcionar suas estratégias para oportunidades potenciais de negócios, produtos e serviços sustentáveis e, ao mesmo tempo, aprender a reduzir e evitar custos e riscos associados a tais oportunidades. Para isto, torna-se fundamental a busca de equilíbrio apropriado entre a exploração de competências e tecnologias e a exploração de novas alternativas (MARCH, 1991). A essência da exploração é o aprimoramento e ampliação de competências e tecnologias existentes em um processo adaptativo. Seus retornos são positivos, previsíveis e acumulativos, como nos casos de inovação incremental. Já a exploração envolve a experimentação de novas alternativas, envolvendo iniciativas de alto risco e de recompensa incerta (ALMEIDA, 2006).

Analogamente, considerando-se os conceitos de aprendizagem de “ciclo simples” e de ciclo duplo, essas empresas deverão aumentar sua capacidade para aprendizagem de do segundo tipo e balancear o uso dos dois processos de acordo com as circunstâncias.

2.3. Evolução dos modelos de gestão tecnológica na direção do desenvolvimento sustentável

O desafio de descobrir como as empresas que atuam em ambientes cada vez mais complexos possam incorporar a visão de sustentabilidade econômica, social e ambiental em suas estratégias tecnológicas fez que com que se analisasse o estado-da-arte dos modelos de gestão tecnológica e as práticas vigentes nas empresas. O Quadro 1 mostra de forma esquemática a evolução desses modelos desde os anos 60, baseando-se na grade analítica apresentada por Roussel *et al.* (1991), com uma expansão para o modo Sustentável, caracterizado a partir da pesquisa-ação realizada na Empresa.

Quadro 1. Evolução dos modelos de gestão tecnológica

Descrição	Modelo de 1ª Geração	Modelo de 2ª Geração	Modelo de 3ª Geração	Perspectiva de desenvolvimento sustentável
Período	1960 - 1974	1975 - 1990	1990 – 1999	2000
Modo	Intuitivo	Sistemático	Estratégico e Intencional	Sustentável
Ênfase	Fomento	Rentabilidade	Rentabilidade e crescimento	Rentabilidade, crescimento, responsabilidade social e ambiental
Estratégia tecnológica	Estratégia tecnológica não explícita	Transição para o alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio	Forte alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio, com foco na rentabilidade	Alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio e espaço estratégico para P&D de alto risco e alta recompensa, de mais longo prazo. Foco na sustentabilidade e visão de longo prazo
Ligação entre P&D e o planejamento estratégico corporativo	Sem ligação	Realimentação não explícita. Normalmente ocorre via conhecimento tácito	P&D influencia o planejamento estratégico das áreas de negócio. Utilização de <i>roadmappings</i> tecnológicos	P&D contribui para o planejamento estratégico corporativo, pela construção de cenários tecnológicos de negócios e <i>technological forecasting</i>
Planejamento tecnológico	Capacitação e infraestrutura	Planejamento, avaliação e controle de projetos	Planejamento estratégico da tecnologia, incorporando as análises de maturidade tecnológica e de impacto competitivo	Planejamento estratégico da tecnologia incorporando as análises de maturidade tecnológica e de impactos competitivo, social e ambiental

Fonte: Almeida (2006). Baseado em Roussel et al. (1992)

Autores que criticam o modelo de 3ª geração, como Miller (1995, 2001), Christensen e Overdorf (2000) e Hart e Christensen (2002) apontam para a necessidade de se dispor imediatamente de novas ferramentas que ajudem os gestores a planejar o desenvolvimento tecnológico para horizontes mais longos, além dos horizontes demarcados pelos planos de negócio. Tal mudança de postura estimularia o surgimento de novas plataformas tecnológicas e novas capacidades dinâmicas, assim como reforçaria o necessário balanceamento entre P&D incremental e radical. Embora todas as questões abordadas sejam de extrema importância para a perspectiva de sustentabilidade corporativa, observam-se nos referidos trabalhos lacunas referentes à inserção das variáveis sociais e ambientais no processo decisório de opções tecnológicas.

Já os trabalhos de Vergragt e Jansen (1993), Green e Vergragt (2002) e Moors e Vergragt (2002) e de Partidario e Vergragt (2002) ressaltam a importância da avaliação dos impactos ambientais e sociais das tecnologias, mas não focalizam a problemática empresarial e sim os desenvolvimentos regional e setorial.

3. Gestão tecnológica e aprendizagem organizacional: evolução das práticas de uma empresa brasileira de energia

Destacam-se, a seguir, os marcos institucionais da trajetória da gestão tecnológica da Petrobras e seus respectivos ciclos de aprendizado, abrangendo-se o período de 1970 até 2008, passando pelos modos intuitivo e sistemático das gerações de P&D até o modo sustentável. Ressaltam-se os ciclos de aprendizagem identificados no período de 2003-2005, quando a empresa decidiu redesenhar seu processo de gestão estratégica de tecnologia, à luz das diretrizes corporativas de aumentar a capacidade de inovação e direcionar os desenvolvimentos tecnológicos com foco na sustentabilidade econômica, ambiental e social (ELKINGTON, 1997).

3.1. Ciclo 1973 – 1988: Modo Intuitivo

Na década de 1970, a Petrobras experimentou o chamado modelo de primeira geração, em que as lideranças de seu centro de pesquisas cativo definiam a carteira de projetos de P&D da empresa, baseando-se nas necessidades de capacitação e de infra-estruturar e nas demandas tecnológicas específicas das unidades organizacionais voltadas para suas atividades-fim. Em 1980, criaram-se os Comitês Tecnológicos, que tinham como objetivo assessorar o planejamento e acompanhamento das atividades anuais, de curto prazo.

Passados cinco anos, o Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes), reconheceu a importância de melhorar o planejamento de suas atividades, tanto de curto, médio, como, principalmente, de longo prazo. No decorrer do período, a demanda por conhecimentos tecnológicos por parte das unidades clientes aumentou de forma acentuada, bem como o avanço do processo de aprendizado tecnológico na Petrobras, levando a uma identificação mais clara de inúmeras oportunidades de inovações radicais ou de caráter incremental. Por essas razões, o Cenpes buscou ampliar a visão de planejamento tecnológico para horizontes mais longos, elaborando seu primeiro Plano Estratégico em 1985 e propondo um Sistema de Planejamento e Administração Tecnológica, que redefinia os Comitês Tecnológicos como instrumentos de gestão e de integração formal com os demais órgãos da Empresa envolvidos com pesquisa, desenvolvimento, engenharia, adaptação e uso da tecnologia (STOLLENWERK *et al.*, 1994).

Embora tivessem importância marcante no Sistema de Planejamento que estava sendo implantado, os Comitês funcionaram nos dois primeiros anos com algumas dificuldades, por terem atribuições mais voltadas para o nível operacional, enquanto sua composição era mais estratégica. Com o objetivo de atualizar os Comitês para as novas conjunturas vividas na época e corrigir dissonâncias observadas na utilização prática desses instrumentos, o Cenpes redesenhou o Sistema de Planejamento em 1988, reorganizando os Comitês Tecnológicos em dois níveis e com

funções diferenciadas: Comitês Tecnológicos Estratégicos (CTEs), com a função de propor diretrizes tecnológicas e de gestão, e Comitês Tecnológicos Operacionais (CTOs), responsáveis pela seleção e priorização de projetos de P&D e de suporte nos diversos segmentos e respectivas áreas tecnológicas. Buscava-se, com essa iniciativa, uma visão integrada e global da gestão de todo o processo da função tecnologia na Empresa (PETROBRAS, 1989).

A implantação do Sistema de Comitês Tecnológicos e a institucionalização dos processos de formulação da estratégia tecnológica e de seleção e priorização de projetos de P&D constituíram marcos que fizeram com que a Empresa pudesse caminhar incrementalmente na direção do modo sistemático de gestão tecnológica.

3.2. Ciclo 1989 – 1995: Modo Sistemático

O Sistema de Comitês e o processo de planejamento tecnológico apoiaram-se conceitualmente nos princípios da administração estratégica preconizados por Ansoff (1983), entre os quais se destacam o processo participativo e a monitoração constante do ambiente no qual a organização atua. Planejamento tecnológico foi entendido na época como “o conjunto de eventos e atividades que passam desde o momento em que é identificada uma necessidade ou oportunidade tecnológica da Petrobras, até que os conhecimentos desenvolvidos para esse fim sejam utilizados e avaliados” (PETROBRAS, 1989, p.1). Estabeleceu-se como premissa básica a co-participação dos órgãos que atuam na pesquisa, desenvolvimento, aperfeiçoamento e adaptação no planejamento e gestão da tecnologia para atender as demandas das atividades-fim da Empresa, além da necessidade de monitoração e prospecção permanentes dos ambientes de negócios e tecnológico.

Nesse ciclo, o Sistema Tecnológico Petrobras passou efetivamente para o modo sistemático, experimentando um aprendizado de ciclo duplo, no qual as práticas e valores adotados nos anos 1970 e início dos anos 1980, fortemente centrados na capacitação e na criação da infra-estrutura de laboratórios e instalações piloto, evoluíram para práticas inovadoras na época, fundamentadas em princípios como visão sistêmica, visão estratégica de longo prazo, processo participativo e monitoração do ambiente externo.

Em 1992, os Comitês foram novamente reorganizados e passaram a enfatizar a atuação matricial e a multidisciplinaridade, a fim de aumentar a integração entre o Cenpes e as demais unidades do Sistema Tecnológico, bem como orientar melhor as atividades tecnológicas para os objetivos e metas da Empresa. Tais proposições vinham sendo implementadas, quando em 1993, a então Superintendência de Pesquisa Industrial do Cenpes, hoje Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento do Abastecimento (PDAB), reuniu representantes das demais unidades dessa área para discutir o modelo de gestão tecnológica e criar laços de comprometimento e parcerias (Cenpes e unidades), propondo-se melhorias que seriam implantadas de comum acordo. O foco das dis-

cussões foi o Sistema de Comitês Tecnológicos e as conclusões e recomendações apontaram para necessidade de modelagem e sistematização dos CTEs e CTOs. Essas proposições foram implantadas no decorrer de 1994-1995, como descrito a seguir.

A institucionalização dos dois processos-chave – a formulação da estratégia, pelos Comitês Tecnológicos Estratégicos e a seleção e priorização de projetos de P&D, pelos Comitês Tecnológicos Operacionais – pode ser caracterizada por um aprendizado de ciclo duplo, uma vez que uma das variáveis dominantes mudou: a visão de curto para longo prazo. Esse aprendizado, por sua vez, gerou inúmeros ciclos de aprendizado do tipo simples na fase de institucionalização propriamente dita, todos, porém dentro do Mod-II, como comentado na Seção 2.2.

3.3. Ciclo 1996 – 2002: Modo Estratégico e Intencional

O processo de gestão estratégica da tecnologia foi redesenhado e sistematizado no final de 1995, por um grupo de trabalho sob a coordenação do Cenpes, que envolveu a participação de dez representantes das diversas gerências do Centro de Pesquisas e dezessete representantes das demais unidades do Sistema Tecnológico Petrobras. A partir de 1996, todas as unidades desse Sistema passaram a adotar os conceitos-chave do modelo de terceira geração de Roussel *et al.* (1991): 1) maturidade tecnológica; 2) impacto competitivo da tecnologia; 3) posicionamento tecnológico atual e futuro frente aos concorrentes; e 4) *portfolio* tecnológico estratégico – atual e futuro.

Dentre as inovações organizacionais implantadas durante a condução dos dois Comitês Tecnológicos Estratégicos da época (Comep e Corep) destacam-se: 1) a ampliação da abrangência das diretrizes tecnológicas do âmbito do Cenpes para todo o Sistema Tecnológico Petrobras, direcionadas exclusivamente para as atividades tecnológicas do Cenpes, nos ciclos anteriores; 2) o envolvimento dos clientes em todas as fases do processo CTE e a validação pelos gerentes funcionais dos resultados das etapas-chave; 3) a introdução ou o aperfeiçoamento das metodologias de análise do ambiente tecnológico externo; 4) a análise das tecnologias quanto à maturidade tecnológica e ao impacto competitivo e a construção de dois *portfolios* estratégicos – atual e futuro - nos quais se baseava a definição das diretrizes tecnológicas e de gestão; 5) a redução da subjetividade em todo o processo, em função da aplicação de critérios objetivos de análise e de decisão; 6) a introdução do conceito de “posturas estratégicas”, com o objetivo de refinar a proposição de diretrizes tecnológicas e, por conseqüência, aperfeiçoar o desdobramento e operacionalização das diretrizes nas ocasiões da seleção e priorização dos projetos de P&D pelos Comitês Tecnológicos Operacionais; 7) a priorização das diretrizes, realizada de forma objetiva, em função do grau de impacto competitivo das tecnologias, objetos das análises estratégicas.

Observa-se, neste ciclo, que o modo sistemático iniciado no ciclo anterior só se consolidou, de fato, a partir do esforço conjunto de sistematização dos dois processos-chave, com o envolvi-

mento de 27 gerentes das diversas unidades do Sistema Tecnológico Petrobras e o apoio metodológico desta pesquisadora, que na época trabalhava na antiga Divisão de Planejamento Tecnológico do Cenpes, hoje Gerência de Gestão Tecnológica.

A consolidação das práticas de gestão tecnológica no modo sistemático fez com que o Sistema Tecnológico experimentasse mais uma vez um aprendizado de ciclo duplo, na qual as práticas e valores adotados até então foram revistos à luz dos conceitos de Porter (1989) e do modelo de terceira geração de Roussel *et al.* (1991). Inovações tecnológicas e organizacionais significativas ocorreram nesse ciclo, bem como a efetiva incorporação dos novos conceitos na cultura da comunidade de gestão tecnológica da Empresa, frutos de uma série de ciclos de aprendizado dos tipos simples e duplo, conforme o Mod –II.

No início de 2003, a Petrobras verificou que o modo sistemático poderia limitar a atividade tecnológica a seus negócios atuais e metas de curto e médio prazos, gerando, portanto, uma estratégia tecnológica conservadora e carteiras de P&D cada vez mais direcionadas para P&D incremental. Adicionalmente, surgiram novos desafios empresariais e tecnológicos vinculados a energias renováveis e à responsabilidade social e ambiental. Como consequência, já em 2003, a empresa passa a rever seu processo de gestão estratégica de tecnologia, em busca do modo sustentável, como será descrito a seguir.

3.4. Ciclo 2003 – 2008: Modo Sustentável

O Sistema Tecnológico experimentou neste ciclo intensas mudanças organizacionais, como a transição para o modo sustentável de gestão em 2003-2005 e a formação de redes temáticas e núcleos regionais, fortalecendo-se de forma significativa a articulação externa com entidades acadêmicas e governamentais, em resposta a mudanças no marco regulatório de inovação do país, ocorridas no período. Por limitações de espaço, focalizam-se no presente trabalho apenas os principais resultados obtidos com cinco experimentos sociotécnicos realizados no período 2003-2005 com o objetivo de desenhar e implementar um novo modelo de gestão tecnológica baseado no modo sustentável. Os experimentos seguiram a metodologia de Planejamento Inovador (Seção 2.2), tendo como “tarefas articuladoras” a formulação da estratégia tecnológica no modo sustentável e o projeto de pesquisa-ação relacionado a essa proposição. Nesses experimentos, as variáveis ambientais e sociais, além das econômicas, foram incorporadas ao modelo de gestão estratégica da tecnologia na Petrobras e as contribuições das abordagens de planejamento adaptativo e de aprendizagem organizacional foram percebidas pelos participantes do processo como fundamentais para que o modo sustentável de gerenciar tecnologia, como preconizado no início dos experimentos, se tornasse uma realidade na prática atual de gestão tecnológica da empresa (ALMEIDA e MELO, 2004).

Os experimentos sociotécnicos foram conduzidos na seguinte sequência:

- Experimento 1: Formulação da estratégia tecnológica de gás e energia;
- Experimento 2: Formulação da estratégia tecnológica de exploração e produção;
- Experimento 3: Formulação da estratégia tecnológica do abastecimento;
- Experimento 4: revisão da estratégia tecnológica de gás e energia, à luz da revisão do Plano Estratégico Petrobras e da Estratégia de Gás e Energia;
- Experimento 5: Formulação da estratégia tecnológica do Fator Tecnológico 4 – Transformação química do gás natural da área de gás e energia.

A Figura 1 apresenta sinteticamente os saltos qualitativos ocorridos na base de conhecimento da empresa em gestão tecnológica, devido aos resultados obtidos no período 2003-2005.

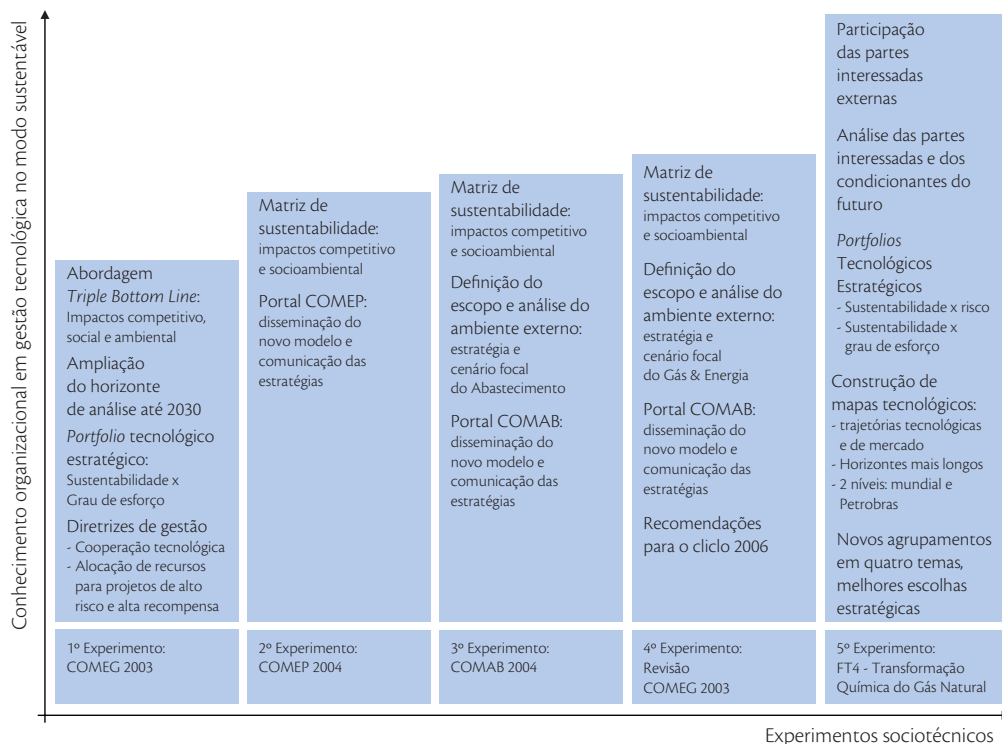


Figura 1. Conhecimento Organizacional da Petrobras em Gestão Tecnológica no Modo Sustentável

A implantação do modelo de desenvolvimento tecnológico sustentável no âmbito do Sistema Tecnológico Petrobras resultou na proposição e na incorporação de importantes avanços metodológicos, reconhecidos como diferenciais em relação às práticas adotadas em ciclos anteriores da gestão tecnológica da empresa: 1) mobilização de redes tecnológicas por área de negócio, com substancial redução dos tempos de análise praticados e maior integração dos participantes; 2) análise da sustentabilidade de 44 agrupamentos tecnológicos, incluindo o impacto ambiental e a contribuição social das tecnologias associadas, além da avaliação do impacto competitivo, que já vinha sendo praticada em todo o Sistema Tecnológico Petrobras, desde 1996; 3) análise da criticidade de cerca de 600 tecnologias, pela análise do alinhamento tecnológico ao Plano Estratégico da empresa, e do grau de esforço que será necessário para desenvolvê-las.

4. Considerações finais

Ao longo dos experimentos do Ciclo 2003-2008, houve aportes significativos das abordagens de planejamento adaptativo e de aprendizagem organizacional para a implantação, na Petrobras, do modelo de gestão tecnológica no modo sustentável. Observaram-se diferentes combinações de ciclo simples e duplo de aprendizagem, conforme os modelos de aprendizagem organizacional de Argyris e Schön (1974; 1978; 1996).

A escolha da metodologia de planejamento foi de fundamental importância para o sucesso do projeto de pesquisa-ação, pela complexidade dos temas envolvidos e do ambiente organizacional no qual o modelo foi implantado. Entre as abordagens estudadas, as principais contribuições originaram-se do planejamento adaptativo, que trata o planejamento como um processo contínuo de aprendizagem, especialmente do Planejamento Inovador (MELO, 1991).

A análise dos ciclos da gestão tecnológica na Petrobras mostra que esses ciclos correspondem às fases de evolução dos modelos genéricos de Gestão Tecnológica identificados na literatura, nos seus. Modos “intuitivo”, “sistemático”, “estratégico/intencional”, tendo-se acrescentado, em decorrência do estudo realizado, o último modo, aqui denominado de “sustentável”.

Os elementos organizacionais “liderança”, “alinhamento tecnológico”, “aprendizagem contínua” e “cultura organizacional” foram determinantes dos processos de mudança requeridos no Sistema Tecnológico da Petrobras. Esses elementos continuam sendo essenciais para as atuais práticas de gestão tecnológica da Empresa e reforçam as premissas básicas do modelo de gestão tecnológica no modo sustentável, propiciando sua disseminação como melhores práticas para outras empresas que desejarem implantar um modelo de gestão estratégica da tecnologia segundo essa perspectiva.

A implantação do modelo, segundo a metodologia de Planejamento Inovador e de acordo com a abordagem *Triple Bottom Line*, permitiu a antecipação e implementação de importantes mudanças técnicas, sociais e gerenciais, refletidos nos saltos qualitativos na base de conhecimento da Petrobras em gestão tecnológica, sumariados no item 3.4. Essa capacitação possibilita que o Sistema Tecnológico Petrobras gere soluções tecnológicas inovadoras capazes de impulsionar negócios mais sustentáveis. Em consequência, oferece à empresa novas opções de criação de valor para as partes legitimamente interessadas no desenvolvimento tecnológico orientado para a sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Referências

- ALMEIDA, M.F.L. **Sustentabilidade Corporativa, Inovação Tecnológica e Planejamento Adaptativo: dos princípios à ação.** 2006. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2006.
- ALMEIDA, M.F.L.; MELO, M.A.C. Implementing sustainable technology development: an integrative and learning-by-doing strategy. In: ICSTM - INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS THINKING IN MANAGEMENT, 3., 2004, Philadelphia. **Proceedings...** Philadelphia: ACASA, 2004. p. 156-168.
- ARGYRIS, C.; SCHON, D.A. **Theory in practice: increasing professional effectiveness.** San Francisco: Jossey Bass, 1974.
- _____. **Organizational learning: a theory of action perspective.** Reading, Mass: Addison Wesley, 1978.
- _____. **Organizational learning II: theory, method and practice.** Reading, Mass: Addison Wesley, 1996.
- CHRISTENSEN, C.M.; OVERDORF, M. Meeting the challenge of disruptive change. **Harvard Business Review**, Mar-Apr., p. 66-76. 2000.
- DJSI. **Dow Jones Sustainability Group Indexes.** Disponível em: <<http://www.sustainability-indexes.com>>. Acesso em: 10 jun 2009.
- DYLLICK; HOCKERTS, Beyond the business case for corporate sustainability. **Business strategy and the environment**, v. 11, n. 2, p. 130 - 141. 2002.
- ELKINGTON, J. **Cannibals with forks; The triple bottom line of 21st century business.** Oxford, U.K.: Capstone Publishing Limited, 1997.
- GREEN, K.; VERGRAGT, P.J. Towards sustainable households: a methodology for developing sustainable technological and social innovations. **Futures**, v. 34, n.5, p. 381-400, 2002.
- HART, S.L.; CHRISTENSEN, C. **The great leap: driving innovation from the base of the pyramid.** MIT Sloan Management Review, v.44, n.1, p. 51-56, 2002.
- HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, H. **Natural Capitalism: creating the next industrial revolution.** New York: Little Brown, 1999, 416 p.
- HEDSTROM, G.; POLTORZYCKI, S.; STROH, P. Sustainable development: the next generation - how real, how soon and who's doing what? **Prism - The Arthur D. Little Journal** v. 4, p.5 -19, 1998.
- MARCH, J. G. Exploration and exploitation in organizational learning. **Organizational Science**, v.2, n.1, feb. 1991.
- MELO, M.A.C. **Articulated incrementalism – a strategy for planning** (with special reference to the design of an information system as an articulated task). 1977. 250 p. (PhD) Dissertation. Wharton School, University of Pennsylvania. Philadelphia. 1977.

- _____. Innovatory planning: anticipating social and technological Innovation. Res. In: CONGRÉS INTERNATIONAL IN FRANCE: LE GÉNIE INDUSTRIEL: FACTEUR DE COMPETITIVITÉ DÉS ENTERPRISES, 3. 1991, Tours. **Analles...** Tours: Groupement de Génie Industriel-GGI, 1991.
- _____. O processo de planejamento e as inovações tecnológicas e sociais: uma perspectiva socioecológica. In: SEMINÁRIO DE MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA, 5. Recife. **Anais...** Recife: FUNDAJ, 1997.
- _____. Innovatory planning: methods and techniques. In: GBATA - Global Business Administration and Technology Association, Budapeste, 2003. **Proceedings...** Budapeste: 2003.
- _____. Inovação e modernização tecnológica e organizacional nas MPME: um referencial socioecológico. In: LASTRES, H.M.M.; CASSIOLATO, J.E.; MACIEL, M.L. (eds.). **Pequena Empresa: cooperação e desenvolvimento local**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.
- MILLER, W.L.A Broader mission for R&D. **Research Technology Management**. Nov. – Dec., p. 21-36. 1995.
- _____. Innovation for business growth. **Research Technology Management**, Sep. – Oct., p. 26- 41. 2001.
- MOORS, E.H.M.; VERGRAGT, P.J. Technology choices for sustainable industrial production: transitions in metal making. **International Journal of Innovation Management** v. 6, n.3, Sep., p. 277-299. 2002.
- PARTIDARIO, P.J.; VERGRAGT, P. Planning of strategic innovation aimed at environmental sustainability: actor-networks, scenario acceptance and backcasting analysis within a polymeric coating chain. **Futures**, v.34, p.841-861, 2002.
- PORRITT, J. **The World in context: beyond the business case for sustainable development**. Cambridge: HBR: The Prince of Walles' Business and Environmental Programme for Industry.,2001.
- ROTHWELL, R. Success industrial innovation: critical factors for the 1990s. **R&D Management**, v.22, n.3, p.221-239, 1992.
- _____. Towards a fifth-generation process innovation. **International Marketing Review**, v. 11, n.1, p. 7-31, 1994.
- ROUSSEL, P.A.; SAAD, K.N; BOHLIN, N. **Third generation R&D: managing the link to corporate strategy** Boston: Mass: Harvard Business School Press, 1991. 224 p.
- THE NATURAL STEP. **The Natural Step framework guidebook**. 2000. 14 p.
- VERGRAGT, P.L.; JANSEN, L. Sustainable technological development: the making of a long-term oriented technology programme. **Project Appraisal**, v.8 n.3 p. 134-140, 1993.
- WCED – World Commission on Environment and Development. **Our common future**, Oxford: Oxford University Press, 1987.