

3

Bases conceituais para construção da grade analítica da pesquisa

A partir da definição dos objetivos da pesquisa e do entendimento amplo sobre a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável no contexto empresarial, buscou-se explorar referenciais teóricos adequados à construção de uma grade analítica que permitisse, primeiramente, conhecer e compreender o fenômeno organizacional estudado para, em seguida, desenvolver e validar um modelo conceitual capaz de preencher as lacunas identificadas na fase de problematização (Minayo, 1994; Sartori, 1997).

Apresentam-se aqui o referencial sociotécnico e as abordagens de planejamento adaptativo e de aprendizagem organizacional, bases conceituais para a construção da grade analítica que norteou o desenvolvimento e a implantação do modelo de gestão estratégica da tecnologia orientada para a sustentabilidade. Conceitua-se inovação tecnológica e ressalta-se sua importância para a sustentabilidade corporativa, destacando-se as abordagens sistêmicas evolucionista e co-evolucionista. A partir de uma revisão dos principais modelos genéricos de gestão tecnológica descritos na literatura, mostra-se que eles não enfatizam a transição dos sistemas tecnológicos corporativos para o paradigma de desenvolvimento tecnológico sustentável.

3.1

Referencial sociotécnico

Fundamentado na teoria de sistemas, o enfoque sociotécnico considera a organização como um sistema aberto e dois aspectos devem aqui ser salientados (Melo, 2002, p.278):

- a organização é um sistema composto por dois subsistemas, social e técnico, a serem otimizados conjuntamente. O subsistema social é formado pelas pessoas e suas relações, tanto ‘sociais’ como de trabalho,

formais ou informais. O técnico é composto por materiais, ferramentas, energia, equipamentos, instalações e tecnologias;

- a organização é um sistema aberto, em constante interação com as organizações, grupos e pessoas do seu ambiente. Ela deve administrar tanto um sistema interno como o ambiente externo, buscando exercer um papel ativo, por meio de uma adaptação ativa, para modificar o ambiente a seu favor.

Nesse enfoque, parte-se da premissa que a forma de inter-relacionar os sistemas técnico e social pode favorecer o desenvolvimento da flexibilidade técnico-produtiva, permitindo uma ampliação do grau de adaptação da organização às mudanças ambientais e de resposta às necessidades internas. Em síntese, a idéia de sistema aberto reforça o caráter adaptativo do sistema sociotécnico às condições do ambiente e vice-versa.

Em suas origens, o enfoque sociotécnico da organização (Emery e Trist, 1960) admitia três níveis de análise:

- sistemas primários de trabalho, ou os subsistemas da organização, como uma unidade operacional;
- o sistema organizacional, referindo-se à organização como um todo, com as fronteiras situando-se entre o conjunto de todas as unidades de trabalho e o ambiente externo;
- o sistema macrosocial, envolvendo todo o ambiente externo à empresa e compreendendo as dimensões políticas, sindicais e culturais, os diversos setores industriais, os grupos de interesse e suas mútuas interações.

Na década de 80, Trist (1981) propôs a introdução do nível intermediário de análise do ecossistema organizacional. O foco passa a ser, então, uma rede de organizações, que, de acordo com Trist (1981), apresentaria melhores condições de assimilar inovações tecnológicas e sociais.

O projeto sociotécnico é regido por um conjunto de princípios apresentados a seguir (Trist, 1981, *apud* Melo, 1997, p. 155-156):

- ‘sistema de trabalho’: compreende um conjunto de atividades que formam um todo e não a tarefa elementar taylorista;
- ‘grupo de trabalho’: constitui o foco da análise sociotécnica e é o grupo de trabalho responsável pelas atividades que formam um todo, em

harmonia com o princípio anterior. Isso requer colaboração participativa;

- ‘auto-regulação’: o grupo exerce controle sobre o trabalho e sobre o processo produtivo, cabendo à supervisão o papel de controlar as condições de fronteira;
- ‘variedade de funções’: o projeto de trabalho baseia-se na redundância de funções, não na redundância de partes. Assim, os membros do grupo devem desenvolver múltiplas habilidades, tornando-se capazes, em princípio, de desempenhar qualquer das funções do grupo;
- ‘autonomia e liberdade de ação’: a iniciativa dos membros e a autonomia do grupo são incentivadas, em vez de se seguir apenas regras prescritas;
- ‘partes complementares’: a máquina é considerada como um complemento do homem, possibilitando a ampliação de suas funções. Também a gerência e os funcionários são vistos como partes que se complementam;
- ‘diversidade’: maior flexibilidade, ampliando as possibilidades de mudança, tanto para o indivíduo como para a organização, estimulando a flexibilidade técnico-produtiva.

No nível da organização, Melo (2002) aponta os princípios sociotécnicos mais relevantes, segundo a visão de Cherno (1976):

- ‘compatibilidade’: para se obter um sistema capaz de se modificar, utilizando as capacidades das pessoas, é necessária uma organização participativa;
- ‘mínima especificação crítica’: este princípio estabelece que apenas a especificação crítica mínima necessária para os objetivos, os papéis, as tarefas e o trabalho de cada unidade devem ser explicitados pela unidade que a coordena;
- ‘critério sociotécnico’: a variância, se não puder ser eliminada, deve ser controlada em sua origem, cabendo a cada um o controle de seu próprio trabalho e o aprendizado com as falhas. Em consequência, reduzem-se os elos de comunicação entre fronteiras departamentais e os níveis de controle e supervisão;
- ‘princípio multifuncional – organismo *versus* mecanismo’: repete-se, aqui, o princípio da redundância das funções, estimulando o

desenvolvimento de múltiplas tarefas para o indivíduo e aumentando o aprendizado do grupo sobre o processo;

- ‘delimitação’: o controle de cada unidade cabe a seus membros, devendo os papéis dos supervisores e dos gerentes concentrarem-se em atividades de fronteiras, assegurando os recursos adequados e coordenando sua atuação com outras unidades. Os grupos de trabalho podem atingir um alto grau de autonomia, gerenciando suas próprias fronteiras;
- ‘fluxo de informações’: os grupos de trabalho devem receber a informação necessária para a realização do seu trabalho e o *feedback* que permita o aprendizado e o controle das variâncias dos processos desenvolvidos;
- ‘congruência das atividades de suporte’: os sistemas de suporte social (recompensas, promoções etc.) devem ser alinhados com os objetivos da instituição. Assim, esses sistemas devem ser projetados de modo a reforçarem e serem congruentes com os objetivos organizacionais e com sua estrutura, assim como a filosofia e a ação administrativas devem ser consistentes;
- ‘incompletude’: revisões e modificações à luz das conseqüências de cada projeto implantado têm que ser realizadas. Deve haver um processo de renovação contínua.

Os conceitos e princípios sociotécnicos aqui descritos propiciam a formulação de estratégias voltadas para um desenvolvimento integrado de uma organização e a conseqüente melhoria de desempenho, partindo-se do pressuposto de que a empresa é um sistema aberto, composto por subsistemas técnico e social que devem ser otimizados de forma conjunta.

A partir desta base conceitual, “é possível desenhar-se estruturas organizacionais flexíveis, que facilitem a comunicação e sejam compatíveis com métodos gerenciais inovadores e tarefas com conteúdo estimulante. Isso propicia, além do crescimento pessoal e organizacional, o maior compromisso das pessoas, facilitando o aprendizado e desenvolvendo a habilidade para mudança” (Melo, 2002, p.278).

Do ponto de vista de sua aplicação na construção da grade analítica da pesquisa, entende-se o sistema tecnológico da empresa como um sistema aberto que se inter-relaciona com seu ambiente externo, composto pelas comunidades de

C&T local e internacional, agências governamentais de fomento tecnológico, órgãos reguladores fornecedores e demais partes interessadas. A produção desse sistema, inovações tecnológicas geradas no modo sustentável, deve ser resultante da otimização conjunta do sistema social e do técnico, um dos aspectos-chave do enfoque sociotécnico.

Um modelo de gestão estratégica da tecnologia com base sociotécnica permite explicitar estratégias tecnológicas e diretrizes de gestão apropriadas para o desenvolvimento integrado do sistema tecnológico da empresa, promovendo-se um inter-relacionamento mais efetivo de suas unidades, que o leva a obter melhorias significativas de desempenho.

Reforça-se aqui a necessidade da criação de grupos semi-autônomos, que incorporem os princípios acima identificados. No caso específico do sistema tecnológico, compreendem redes tecnico-econômicas com a participação de representantes das diversas partes interessadas no desenvolvimento de tecnologias no modo sustentável ou redes interfuncionais no âmbito da empresa, cujos membros, interagindo com o ambiente externo, consideram as necessidades e interesses dos demais grupos em seus processos de decisão e produção.

Finalmente, é importante destacar a convergência entre os princípios do projeto sociotécnico (Cherns, 1976) e as características do sistema de aprendizagem organizacional do modelo Mod O-II de Argyris e Schön (1974; 1978; 1996), como será discutido na Seção 3.3.

3.2

Planejamento adaptativo

Para efeito da análise de aplicabilidade do planejamento adaptativo conduzida no decorrer da presente pesquisa, buscou-se situar tal abordagem dentre as estratégias contingenciais de mudanças, sob o enfoque sociotécnico e conforme a tipologia proposta por Pava (1980), apresentada na Figura 10.

Como pode ser observado na Figura 10, as diversas abordagens de planejamento são classificadas segundo duas dimensões: grau de complexidade no sistema social e grau de complexidade no sistema técnico.

Nos anos cinquenta, o planejamento foi difundido segundo uma visão racional compreensiva, cujas características eram centralização, rigidez e

processo seqüencial, incluindo a elaboração de projeções que levavam a recomendações que deveriam ser implementadas pelas unidades executivas. Os planejadores previam a possível repetição de todo o ciclo e os subseqüentes benefícios do *feedback* da implementação e dependiam de informação abrangente e rigorosa. Do ponto de vista da complexidade social, esse planejamento pressupunha uma complexidade baixa, sem grandes mudanças nos ambientes interno e externo à organização (Melo, 1987).

Complexidade do sistema social	Alta	Não-planejamento incremental <i>Incrementalismo disjunto</i> <i>(Lindblom, 1959)</i>	Mudança não sinóptica dos sistemas <ul style="list-style-type: none"> • <i>Abordagem da escolha estratégica (Friend e Jessop, 1969)</i> • <i>Incrementalismo Articulado (Melo, 1977)</i> • <i>Incrementalismo Lógico (Quinn, 1977)</i> • <i>Incrementalismo Normativo (Pava, 1980)</i> • <i>Intervenção Estratégica (Cohen, 1983)</i> • <i>Planejamento Interorganizacional (Melo, 1985)</i> • <i>Planejamento Inovador (Melo, 1991)</i>
	Baixa	Planejamento mestre <i>Racional compreensivo</i>	Redesenho normativo <ul style="list-style-type: none"> • <i>Planejamento Interativo (Ackoff, 1970)</i> • <i>Planejamento Normativo (Ozbekhan, 1973)</i> • <i>Metodologia de Sistemas Dinâmicos (Checkland, 1984)</i>
		Baixa	Alta
Complexidade do sistema técnico			

Figura 10 - Tipologia das estratégias contingenciais de mudança
Fonte: Adaptação de Pava (1980)

À medida que a percepção da complexidade nos sistemas sociais foi aumentando, começaram a surgir críticas ao Planejamento Racional Compreensivo, que o consideraram inadequado e artificial, dada a impossibilidade de se obter e analisar toda a informação necessária para o processo, devido à dicotomia entre fatos e valores e pela própria limitação da racionalidade humana (Melo, 1987).

Lindblom (1959) apresenta uma proposta de planejamento chamada Incrementalismo Disjunto, que se baseia no pressuposto de que toda mudança

social deve surgir de forma espontânea. Assim, dever-se-ia buscar melhorias incrementais. As críticas a essa proposta mostram que as mudanças seriam implementadas de forma fragmentada e visariam mitigar males desconexos, dado ser impossível definir *a priori* um estado ou situação futura desejada (Melo, 1987).

Conforme Melo (1987), as críticas de Emery e Trist (1965) a Lindblom centraram-se na falta de uma base definida de valores, ou seja, uma base que se estabelecesse uma direção geral. O Incrementalismo Disjunto não era uma proposta de planejamento *per se*. Segundo seus críticos, o Incrementalismo Disjunto constituía a antítese da primeira abordagem.

A síntese dessas visões surgiu com o planejamento adaptativo, cujas origens remontam à década de 60 e 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. O planejamento adaptativo apresenta essas características ímpares (Melo, 2002, p. 286):

- 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;
- ênfase na formulação da problemática, focalizando o domínio interorganizacional e buscando entender as inter-relações entre as organizações membros e o impacto causado por essas inter-relações em cada componente do domínio;
- 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;
- busca de um grau ótimo de envolvimento dos membros, os quais, por uma participação ativa, tornam-se co-responsáveis pelos resultados das ações planejadas;
- flexibilidade, com constante apreciação dos objetivos formulados e contínua avaliação das ações implementadas, permitindo a redefinição de rumos;
- adoção da metodologia de pesquisa-ação, que possibilita o aprendizado organizacional por meio da reflexão sobre os efeitos das ações

realizadas, com a conseqüente identificação de novos conceitos, caminhos e métodos.

- transformação radical do sistema, tentando torná-lo sempre mais compatível com seu domínio.

De acordo com Pava (1980), o planejamento adaptativo pode ser subdividido em duas vertentes com características próprias: i. o redesenho normativo de sistemas, abrangendo dentre outros os trabalhos de Ackoff (1969, 1974); Ozbekhan (1973) e Checkland (1981; 1984); e ii. as abordagens não-sinópticas de planejamento, destacando-se as metodologias de Chevalier (1969); Friend e Jessop (1969); Melo (1977); Quinn (1977); Pava (1980).

O que diferencia essas vertentes é que, enquanto a primeira busca, já de início, propor um estado desejado para o sistema, a segunda, embora visando também modificar o todo, propõe uma mudança incremental, identificando nódulos de transformação que possibilitem a disseminação gradual da mudança por todo o sistema (Melo, 1985).

O Planejamento Normativo proposto por Ozbekhan, membro do Clube de Roma, constituiu uma tendência emergente na década de 70 nos Estados Unidos. Corresponha não só a um planejamento em que havia um processo de antecipação de decisões, mas sim a uma mudança controlada no sistema. Essa mudança conferiu aos planejadores e decisores uma visão sistêmica da realidade, chamando a atenção para idéias como a problemática, o projeto e a intervenção. Desenvolvido na Wharton School, o Planejamento Normativo de Ozbekhan, compreende três níveis de planejamento: normativo, estratégico e operacional ou tático.

O nível 'normativo' refere-se ao conjunto de ações que devem ser executadas sob determinadas circunstâncias e com base em fatores conhecidos e desconhecidos. O processo decisório que representa deve permitir reconsiderações sobre o conjunto de valores envolvidos em cada decisão. A principal atividade neste nível de planejamento é a definição dos fins à luz da análise das conseqüências e seus impactos, as quais podem ser determinadas como resultados prováveis da ação que se está considerando. Neste nível, as decisões são dirigidas para o que 'deve ser feito', sendo o planejamento orientado a partir dessas bases, de forma a que todos os fins, objetivos e metas do sistema estejam a elas subordinados.

O nível ‘estratégico’ compreende procedimentos de escolha que permitem que sejam visualizadas as diferenças entre as opções conhecidas e suas possíveis conseqüências. Nesse nível de planejamento, o plano estratégico define o que pode ser feito dado o horizonte de tempo e o contexto da situação. Deve-se ressaltar que, idealmente, as ações passíveis de serem realizadas fazem parte do conjunto das ações que devem ser realizadas, conjunto esse definido no nível normativo. A principal função do planejamento estratégico é a busca e o estabelecimento de metas para o sistema, que envolve: i. a seleção de metas com relação a opções conhecidas e disponíveis; e ii. a seleção e estudo de meios para que essas metas sejam atingidas, que podem envolver diretrizes e controles operacionais, alocação de recursos etc. Dessa forma, as decisões estratégicas são aquelas que definem o que ‘pode ser feito’, balizadas pelo que ‘deve ser feito’ e levando-se em consideração as restrições existentes e os meios disponíveis para tanto.

O terceiro nível – ‘operacional ou tático’ – tem como função principal a implementação das decisões que foram tomadas em níveis mais altos. Nesse nível, há uma estrutura de ação – ‘o que vai ser feito’, que se utiliza de um planejamento operacional, ou seja, o ‘que será feito por quem, onde, quando e como’.

Dentre as abordagens de planejamento adaptativo, a estratégia de Incrementalismo Articulado, proposta por Melo (1977), é definida como uma estratégia incremental por considerar mudanças incrementais com implicações radicais com ênfase no processo de planejamento; e articulada por estabelecer uma direção geral que dê coerência às ações empreendidas, estabelecendo-se critérios para avaliação dessas ações. A estratégia é desenvolvida tanto na dimensão organizacional, promovendo-se a articulação gradual das partes com o todo, quanto na dimensão do processo.

São elementos básicos do Incrementalismo Articulado (Melo, 1986):

- ‘tarefa articuladora’: consiste em mobilizar os membros da organização e promover o questionamento, em um nível adequado de análise, de seus objetivos e funções, levando à definição de seu papel no conjunto. Essa tarefa deve permitir uma profunda reflexão sobre os aspectos mencionados e pode se constituir em coadjuvante efetivo do ‘processo

de articulação’, desde que acompanhada de um ‘instrumento articulador’ (Melo, 1986, p.699);

- ‘instrumento articulador’: intrinsicamente ligado aos objetivos da tarefa, tem a função de consolidar os canais de comunicação criados com o desenvolvimento da tarefa (Melo, 1986, p.700).

Essa metodologia compreende cinco estádios, que devem ser realizados de forma interativa e iterativa. São eles:

- identifica-se uma tarefa articuladora;
- para garantir a manutenção e o fortalecimento do grau de articulação atingido, especifica-se um ‘instrumento articulador’ relacionado com os objetivos da tarefa articuladora.
- mobilizam-se as partes que apresentem maior potencial para a formação da multi-organização, envolvendo-as com a tarefa articuladora’, por meio de seus atores-chave, que podem ser assistidos por consultores;
- gradualmente, outros componentes do sistema são engajados na ‘tarefa articuladora’;
- o processo é mantido com o auxílio do ‘instrumento articulador’ e os vários passos são reiterados.

Posteriormente, o conceito de Planejamento Inovador, baseado na estratégia de Incrementalismo Articulado, foi introduzido por Melo (1991), visando a 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 diversos públicos de interesse, a organização e seus membros.

Para um melhor entendimento e utilização do Planejamento Inovador na presente pesquisa, introduzem-se aqui alguns conceitos básicos:

- ‘sistema de políticas e espaço de ação’: formado pelos atores, organizacionais ou pessoais, responsáveis por um ‘espaço de ação’, o qual abrange o campo total de decisões de uma área (Friend, Power e Yewlett, 1974);

- ‘reticulado’: rede integrada de agentes com responsabilidade compartilhada em relação a uma problemática comum (Melo, 1982);
- ‘processo de reticulação’: consiste no projeto e implementação de canais apropriados de comunicação e de mecanismos que propiciem a melhor interação entre os componentes do reticulado. Mantém-se a interação por um processo de apreciação, desenvolvido conjuntamente pelos interessados, o qual consiste em um conjunto de julgamentos de fato e de valor que levam a decisões sobre as ações a serem implementadas (Vickers, 1965);
- ‘agente reticulador’: constituído por uma organização voltada para os interesses comuns ou mesmo por uma unidade organizacional, cujo propósito primeiro seja desenvolver redes de planejamento interativo, capazes de estabelecer e atingir objetivos de interesse comum aos membros do ‘reticulado’ (Burns, 1981). Esse agente deverá decidir que ligações devem ser ativadas no ‘reticulado’, “mobilizando as redes de decisão de uma maneira inteligentemente seletiva”, com base na “apreciação da estrutura da situação problemática e das relações políticas e organizacionais que as cercam (Friend, Power e Yewlett, 1974, p.364);

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 (Melo, 1991). Essa metodologia, adotada no projeto de pesquisa-ação desta pesquisa, compreende também cinco estádios, análogos aos do Incrementalismo Articulado, do qual constitui uma variante. São eles:

- caracterizado o ‘espaço de ação’ e o ‘sistema de políticas’ correspondente, o ‘agente reticulador’ identifica uma ‘tarefa articuladora’ apropriada;
- define-se um ‘instrumento articulador’ relacionado com os objetivos da ‘tarefa articuladora’, tendo em vista a manutenção e o fortalecimento do grau de reticulação atingido;

- promove-se a mobilização das partes do sistema de políticas que apresentem maior potencial para a formação do ‘reticulado’, em torno da ‘tarefa articuladora’;
- engajam-se, gradualmente, outros componentes do ‘sistema de políticas’ na ‘tarefa articuladora’;
- mantém-se o processo, por meio do ‘instrumento articulador’, reiterando-se os vários passos do processo.

Considerando que o principal problema no estudo das mudanças é o aumento de complexidade do contexto em que elas existem, Emery e Trist (1965) procuram identificar a textura causal dos ambientes organizacionais, isto é, os processos pelos quais os componentes do ambiente se relacionam entre si. Os autores distinguem quatro ‘tipos ideais’ de ambiente que coexistem no mundo real da maior parte das organizações em proporções variadas e aos quais correspondem respostas organizacionais diferentes. São eles: ambiente plácido aleatório; ambiente plácido agregado; ambiente reativo conturbado e ambiente turbulento.

O conceito de ambiente turbulento torna-se especialmente útil para uma melhor identificação de estratégias tecnológicas adequadas para assegurar a sustentabilidade de uma empresa em um ambiente caracterizado por alto grau de complexidade, incerteza e interdependência. Na concepção de seus autores, um ambiente turbulento é caracterizado por um forte dinamismo que provém tanto da interação entre seus componentes, quanto do ambiente em si. A turbulência resulta da complexidade e do caráter múltiplo das interconexões causais. As organizações individuais, mesmo grandes, não podem adaptar-se com sucesso só pelas interações diretas. A incerteza aumenta e as ações desencadeadas podem ser contrariadas por forças externas emergentes. Destaca-se a importância de valores, vistos como uma resposta básica para as organizações que atuam em ambientes caracterizados por um alto grau de complexidade, incerteza e interdependência (Emery e Trist, 1965).

Considera-se um foco organizador apropriado para o processo apreciativo e para processos de decisões colaborativos aquele constituído por elementos do ‘espaço de ação’ que representa um tipo de domínio interorganizacional (Trist, 1976, *apud* Melo, 1986), o qual se refere a “uma imagem ou perspectiva de um problema relevante para os interesses operacionais de algum conjunto de atores

da comunidade e também de importância para a comunidade como um todo” (Burns, 1981, p.22 *apud* Melo, 1986, p.699). Trist (1976) considera a formação do domínio como um processo complexo, como descreve: “isso exige alguma modelação social abrangente em relação a limites e tamanho, às organizações que devem ser incluídas, à heterogeneidade e à homogeneidade, etc. Ao lado disso, há uma estrutura interna para acomodar seus interesses parcialmente conflitantes ao tempo em que assegura sua base comum” (Trist,1976, p.12).

A complexidade da Empresa em que é desenvolvido e aplicado o modelo objeto da presente pesquisa é alta, tanto no sistema social quanto técnico. A questão da complexidade no sistema social da Petrobras é intensificada pela diversidade regional – a Empresa atua em todas as regiões do Brasil e atualmente amplia, de forma seletiva, sua atuação internacional. A complexidade técnica pode ser traduzida pelos grandes desafios que a Empresa enfrenta, como a prospecção de petróleo em águas ultra-profundas e o processamento de petróleos pesados e com alto teor de enxofre e nitrogênio para gerar derivados com qualidade elevada e que atendam à legislação ambiental, além da geração de energias renováveis.

Vale destacar que a Empresa encontra-se no regime de transição para a sustentabilidade, atuando como empresa de óleo, gás e energia, nos mercados nacional e internacional. De fato, na revisão do Plano Estratégico da Empresa, concluída em 2004, a alta administração reforçou para os investidores e os acionistas, na Visão 2015, que a Empresa atuaria segundo propósitos e valores de uma empresa competitiva (critérios de rentabilidade e crescimento), com responsabilidade social e ambiental (critérios sociais e ambientais).

As abordagens de planejamento adaptativo, mais especificamente a estratégia de Incrementalismo Articulado e a metodologia de Planejamento Inovador propostos por Melo (1977; 1991), constituem alternativas viáveis para o planejamento de organizações como o Sistema Tecnológico Petrobras, uma vez que:

- consideram uma apreciação objetiva do fato e subjetiva quanto aos valores e conseqüências;
- pressupõem que as organizações sejam adaptativas;

- possuem propriedades que propiciam a administração da incerteza, da complexidade e da interdependência;
 - permitem uma integração ao referencial teórico de aprendizagem organizacional, que será discutida a seguir.

3.3

Aprendizagem organizacional

Aprendizagem organizacional pode ser definida como um processo pelo qual as organizações percebem, interpretam e administram sua experiência e seus componentes – metas, rotinas, pressupostos compartilhados e valores organizacionais – que também são usados para definir sistemas organizacionais. Aprendizagem organizacional permeia a estratégia, a estrutura e o conhecimento nas organizações e não constitui processo linear separado dos outros processos organizacionais (Argyris, 1976; Argyris e Schön, 1974; 1978; 1996; James March, 1991; Easterby-Smith *et al.*, 2000; 2001).

Constata-se que são poucos os autores que se preocupam em construir uma base teórica que leve em conta as condições e as características específicas das organizações como fatores relevantes para seu processo de aprendizagem (Rocha, 2004). Nesse sentido, percebe-se um grande potencial para novas pesquisas e conversações sobre aprendizagem organizacional, como apontado por Easterby-Smith *et al.* (2001) em recente revisão da literatura nessa área. Dentre os desenvolvimentos mais recentes os autores destacam: a emergência da prática como uma nova unidade de análise; a questão da diversidade; e o reconhecimento crescente do papel do poder e da política em aprendizagem organizacional.

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, ressalta-se a oportunidade de integrar os princípios e conceitos do enfoque sociotécnico ao referencial teórico de aprendizagem organizacional, enfatizando-se a complexidade social e técnica das organizações contemporâneas e, em geral, colocando-se em questionamento as abordagens reducionistas prevalentes no campo dos estudos organizacionais.

Quando se analisa o processo de adaptação das organizações a situações e contingências inesperadas, uma das questões mais difíceis que emergem é o modo como as organizações aprendem. São conhecidos os mecanismos de aprendizado,

informais e internos à organização, como *learning by doing* e *learning by using*. Para efeito da análise dos trabalhos sobre aprendizagem organizacional e organizações que aprendem, à luz do enfoque sociotécnico e dos pressupostos da sustentabilidade, considera-se importante introduzir o conceito de reflexividade (Perez, 1983).

A idéia de reflexividade é derivada de trabalhos de diversos autores, embora o mais conhecido seja o de Giddens (1984). Na visão desse autor, reflexividade baseia-se nas estruturas da prática social, podendo ser atribuída a indivíduos, mas também a instituições.

Cooke (1997) considera esse elemento de reflexividade institucional como a capacidade de automonitoração da organização que lhe permite criar novos conhecimentos e se adaptar a constantes mudanças no contexto de incerteza das economias industrializadas. Cooke e Morgan (1998) definem reflexividade como o processo sistemático que combina aprendizagem e inteligência, de tal forma que o sistema possa se orientar, a partir de um determinado número de ciclos de *feedback*, implicando um mecanismo que os autores denominam de *learning-by-learning*.

Sabel (1994) amplia a noção de reflexividade pela sua análise da aprendizagem por monitoração (*learning by monitoring*). Argumenta que a criação de instituições discursivas, em que atores econômicos se engajam em uma discussão, pode ter um papel crítico na conciliação das demandas de aprendizagem com as demandas de monitoração. Sabel sugere que, em situações que apontem a necessidade de cooperação e parcerias, os atores envolvidos podem se beneficiar da aprendizagem pela monitoração, especialmente no cenário atual em que a produção de bens complexos requer cada vez mais a coordenação de muitas firmas especializadas oriundas de diversos ramos de negócio. Quando o *learning by monitoring* é institucionalizado com sucesso, ele permite que os atores avaliem de forma reflexiva em que pontos a cooperação intra e interorganizações é vantajosa e mutuamente benéfica, responsabilizando os próprios atores pelo processo (Sabel, 1994, p.159). Esses conceitos somam-se aos conceitos e princípios do enfoque sociotécnico tratados na Seção 3.1, podendo ser bastante úteis para o entendimento das questões de aprendizagem organizacional e de adaptação das organizações que se encontram em regime de transição para a sustentabilidade.

As pesquisas sobre aprendizagem organizacional iniciaram-se na década de 60, com os trabalhos pioneiros de Cyert e March (1963), Bateson (1972), March e Olsen (1976) e Argyris e Schon (1974; 1978), registrando um crescimento acelerado nos últimos anos (Larsen, 2001).

Desde os anos 90, essa abordagem tem estado em voga no contexto empresarial, pois muitas empresas de grande porte vêm desenvolvendo estruturas e sistemas mais adaptativos para melhor responderem às mudanças em seus ambientes socioprodutivos. A título de ilustração, no sistema *Balanced Scorecard*, concebido por Kaplan e Norton em 1995, que se encontra amplamente disseminado nas grandes empresas, reforça-se a importância da aprendizagem organizacional como base para o alcance dos objetivos estratégicos das empresas, ao integrá-la em uma das quatro dimensões do sistema de gestão: ‘aprendizado e crescimento’ (Kaplan e Norton, 1995).

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’.

A Figura 11 representa esquematicamente o modelo genérico de aprendizagem organizacional na concepção de Argyris e Schön (1974; 1976; 1996), destacando seus componentes básicos: variáveis governantes, ações, conseqüências e os dois tipos de aprendizagem, o de ‘ciclo simples’ e de ‘ciclo duplo’.

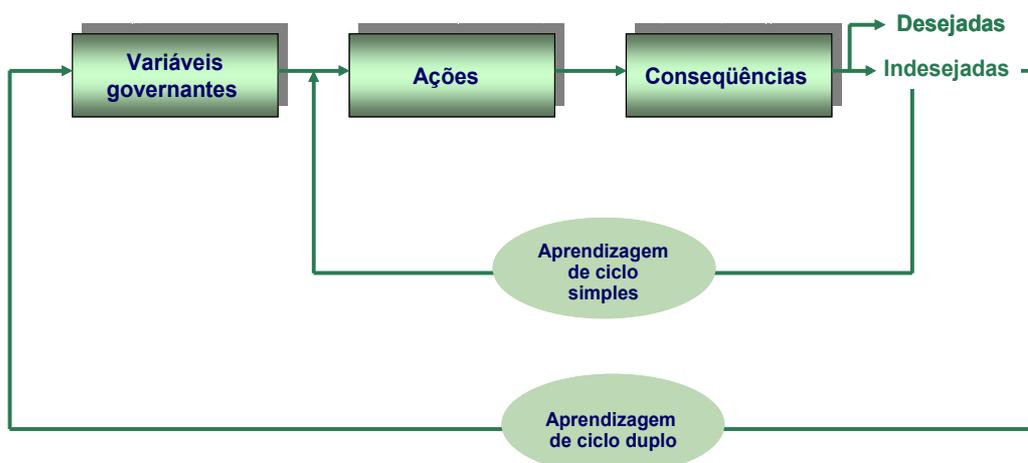


Figura 11 – Aprendizagem organizacional segundo Argyris e Schön (1974; 1976; 1996)
Fonte: Argyris, 1999, p.68.

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’, 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. As entidades (indivíduos, grupos ou organizações) detectam e corrigem os erros, questionando e modificando os valores, premissas e políticas que balizam suas ações.

Fiol e Lyles (1985) identificam duas vertentes principais para a abordagem de aprendizagem organizacional:

- ‘aprendizagem adaptativa’, que considera que as organizações são orientadas para objetivos, reagindo pela repetição de comportamentos bem-sucedidos;
- ‘aprendizagem generativa’, que enfatiza o conteúdo produzido pela aprendizagem, bem como os processos pelos quais as teorias em ação (Argyris, 1976) são comunicadas e institucionalizadas, nos níveis intra e interorganizacionais.

Na primeira perspectiva, aprendizagem refere-se a comportamentos que se repetem, formando associações cognitivas. Já na perspectiva da ‘aprendizagem generativa’, focalizam-se os padrões de associações cognitivas entre meio ambiente, estrutura, processo e resultados, tal como aprendidos pelas organizações e indivíduos a partir de outras organizações. Nessa perspectiva, a aprendizagem é possibilitada pelos sistemas organizacionais que permitem que a informação válida seja processada, confrontada e debatida, bem como que as escolhas sejam feitas de maneira livre e consciente. Enfatiza-se ainda a importância de se levantar os impactos dos diferentes tipos de aprendizagem – individual, de equipe e organizacional – e os impactos da aprendizagem entre eles.

É possível traçar-se aqui um paralelo entre os tipos de aprendizagem descritos por Fiol e Lyles (1985) e os tipos de processos de mudança identificados por Buckley (1971).

Buckley descreve os processos de mudança segundo dois tipos principais, que guardam analogia com os conceitos de ‘aprendizagem adaptativa’ e

‘generativa’: a ‘morfofostase’ e a ‘morfogênese’. Por processos morfofostáticos, um sistema busca preservar sua forma em um ambiente mutável, buscando adaptar continuamente suas condições de equilíbrio. As transformações são suaves, por meio de saltos qualitativos graduais, pouco extensos, mas consistentes, como descrito nos processos de ‘aprendizagem adaptativa’. Já a ‘morfogênese’ proporciona mudanças qualitativas que podem implicar modificações estruturais na natureza do sistema, assegurando-lhe a sobrevivência quando as condições ambientais não mais permitem o desempenho desejado sob as condições de equilíbrio anteriores (Melo, 1985).

Uma questão importante é levantada por Villardi e Leitão (2000). Os autores ressaltam que as vertentes adaptativa e generativa de aprendizagem organizacional foram desenvolvidas separadamente, havendo espaço para a construção de uma abordagem integrada. As ênfases têm recaído sobre o nível individual ou sobre o organizacional, sem considerar a interação entre esses dois níveis e sua influência na aprendizagem. Segundo eles, o conceito de aprendizagem organizacional apresenta-se pulverizado, definido por diferentes aspectos, sem a necessária sistematização teórica para assumir o *status* de conhecimento científico. Os autores ilustram esse argumento com as diversas definições de aprendizagem organizacional, transcritas a seguir.

- Kolb (1984): processo em que o conhecimento é criado pela transformação da experiência, vista como capacidade crescente de as pessoas realizarem ações efetivas;
- March (1991): processo de aprendizado mútuo - indivíduos e organização – que leva à convergência entre as crenças dos indivíduos e da organização, sendo geralmente útil para ambos;
- Kim (1993): aquisição de conhecimento ou habilidade de articular um conhecimento conceitual na experiência, relacionando pensamento com ação;
- McGill *et al.* (1993): processo pelo qual os indivíduos, grupos e organizações percebem as qualidades, padrões e conseqüências das suas próprias experiências e desenvolvem modelos mentais para entender essas experiências.

Já na década de 70, Argyris e Schön (1974; 1978) alertavam que as abordagens fragmentadas de aprendizagem organizacional necessitavam ser

transformadas em uma síntese produtiva para que essa aprendizagem pudesse ser integrada à teoria organizacional.

Como evolução do conceito de aprendizagem organizacional, emerge em 1990 a proposta de Senge de ‘organização de aprendizagem’ (*learning organization*), definida como o lugar no qual as pessoas expandem continuamente sua capacidade de criar resultados que verdadeiramente desejam, onde padrões de pensamento ampliado são nutridos, onde a aspiração coletiva é libertada e onde as pessoas estão continuamente aprendendo a aprender (Senge, 1998).

Senge integra em sua proposta as vertentes generativa e adaptativa, como descrito por Fiol e Lyles (1985), apontando essas duas formas de aprendizagem como necessárias para que a organização se torne uma verdadeira organização de aprendizagem: a aprendizagem generativa para se referir à criação e a aprendizagem adaptativa para descrever a adaptação ao ambiente externo. Segundo Senge (1988), uma organização que aprende gera um ciclo permanente de aprendizagem profunda, no qual novas capacidades e competências levam a novas percepções que, por sua vez, podem mudar as atitudes e crenças da organização, realimentando o ciclo de aprendizagem.

Em uma visão crítica da proposta de Senge, Villardi e Leitão (2000, p.61) ressaltam que:

[...] para se tornar um conceito efetivo de mudança transformadora, a organização de aprendizagem terá que deslocar os modelos mentais vigentes, com seus valores pessoais, cultura, sistema de poder e ideologia autoritária do capital, para os modelos mentais do humanismo, aceitando resolver a ordem estabelecida, que não é apenas das organizações produtivas, mas da sociedade como um todo.

Ao explorar os conceitos de aprendizagem organizacional e de organizações que aprendem, percebe-se que ambas as abordagens apresentam forte apelo para a prática das empresas que pretendem atuar segundo a perspectiva de sustentabilidade corporativa. Nesse sentido, vale destacar os conceitos de exploração e exploração nos processos de aprendizagem organizacional, como formulados por 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. Esse autor argumenta que a exploração de novas competências e tecnologias pode levar ao desenvolvimento de novas estratégias e de novos conhecimentos em uma perspectiva de longo prazo; já a exploração pode levar a altos desempenhos no curto prazo, mas não irá estipular as bases para a sustentabilidade, como preconizada na presente pesquisa.

Segundo March (1991), tanto as atividades relacionadas à exploração quanto à exploração são essenciais para as organizações, porém elas competem por recursos escassos, levando as organizações a fazer escolhas implícitas e explícitas entre ambas. A distância em espaço e tempo entre o *locus* de aprendizagem e o da realização de retornos, normalmente, é maior no caso da exploração, assim como a incerteza a ela associada, fazendo com que as organizações adotem a exploração, na visão do autor mais efetiva no curto prazo, porém autodestrutiva no longo prazo.

Acredita-se que as organizações social e ambientalmente responsáveis devem direcionar ou ‘redirecionar’ 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 existentes e a exploração de novas alternativas. Analogamente, considerando-se os conceitos de aprendizagem de ‘ciclo simples’ e de ‘ciclo duplo’ propostos por Argyris e Schön (1974; 1978; 1996), essas empresas deverão aumentar sua capacidade para aprendizagem de ‘ciclo duplo’ e balancear os processos de ‘ciclo duplo’ e de ‘ciclo simples’, de acordo com as circunstâncias.

Três aspectos importantes devem ser aqui introduzidos, quando se trata de direcionamento ou redirecionamento estratégico da empresa associados ao processo de aprendizagem: liderança, alinhamento e cultura organizacional.

Kotter (1977), ao diferenciar gerenciamento de liderança, define o primeiro como “um conjunto de processos que podem manter um complicado sistema de pessoas e tecnologias funcionando satisfatoriamente” e o segundo como “um conjunto de processos que cria organizações em primeiro lugar ou as adapta para modificar significativamente as circunstâncias” (p. 26). Considera que a liderança deve desenvolver uma visão do futuro e estratégias para atingí-la, comunicar os

direcionamentos estratégico e tecnológico a serem seguidos e motivar e inspirar toda a organização.

Trabalhos recentes sobre liderança estratégica apontam alguns desafios para o corpo gerencial das organizações, sendo o mais importante deles a determinação de uma visão ou propósito, base para a formulação da estratégia corporativa, de negócios e tecnológica. Ireland e Hitt (1999) discutem os resultados de uma pesquisa com 1450 executivos, na maioria, de corporações globais. Essa pesquisa revelou que a habilidade para articular uma visão tangível, valores e estratégias é uma das vinte e uma competências mais importantes para os líderes do futuro. Essa constatação vai ao encontro das conclusões de Collins e Porras (1998) de que a visão e propósitos, disseminados por toda a organização, farão com que todas as equipes desenvolvam ações coerentes com a visão definida, garantindo maior competitividade.

Para os referidos autores, a visão aponta os princípios básicos que devem ser preservados e para qual ‘futuro’ se deve progredir. Consideram como empresa visionária aquela que possui uma ideologia central, composta de valores básicos e finalidade básica que têm valor e importância intrínsecos e são importantes para aqueles que fazem parte da organização. Nesse sentido, Hamel e Prahalad (1994) ressaltam que “o desenvolvimento de um ponto de vista sobre o futuro deve ser um projeto permanente e constante, sustentado por um debate contínuo dentro da empresa, e não um esforço concentrado que se realiza uma única vez” (p.109).

Nonaka e Takeuchi (1995) sugerem um modelo *middle-up-down* para a comunicação do direcionamento estratégico e criação do conhecimento, no qual a alta gerência articula a visão ou sonho para a empresa, enquanto os funcionários da linha de frente examinam a realidade. Nesse modelo, a média gerência tem o papel de atenuar o descompasso entre sonho e realidade.

O terceiro elemento é a cultura organizacional. Adota-se para efeito desta pesquisa a definição síntese de Schein (1985). Segundo o autor, cultura organizacional é um padrão de pressupostos básicos inventados, descobertos ou desenvolvidos por um determinado grupo para lidar com sua adaptação externa e integração interna e que funcionou bem o suficiente para ser considerado válido e ser ensinado a novos membros como uma forma correta de perceber, pensar e sentir em relação àqueles problemas.

Schein alerta para os erros comuns na simplificação do uso do conceito de cultura organizacional e afirma ser este um conceito bastante complexo. Reforça a idéia de que a cultura é difícil de se entender, mas que o esforço vale a pena para o entendimento das organizações. O autor em seus trabalhos apresenta uma revisão da literatura sobre as diversas alternativas de definição do conceito de cultura organizacional, destacando-se os seguintes enfoques:

- regularidades observadas no comportamento;
- normas envolvendo grupos de trabalho;
- valores dominantes numa organização;
- cultura como a filosofia que guia as políticas da organização;
- cultura como as regras do jogo que o novato deve aprender para fazer parte do grupo;
- o clima e o sentimento de uma organização no trato com os de fora.

Schein explica ainda que todos os enfoques tratados na literatura são reflexos da cultura organizacional, mas não sua essência. Assim sendo, o autor conceitua cultura como o produto do aprendizado pela experiência comum de um grupo, abrindo a perspectiva da existência de várias ‘culturas’ diferentes em uma organização. O autor afirma que o problema em cultura organizacional é distinguir as particularidades daquele grupo social, dentro de uma cultura mais ampla.

Dada a questão central da tese, destaca-se a cultura organizacional dentre os elementos organizacionais aqui abordados. Isso porque, nas organizações, em geral, o conceito de inovação tecnológica e social invoca a criatividade e inventividade do ser humano, na busca constante de renovação. Todavia, a inovação é um processo coletivo e complexo de aprendizagem, que altera crenças, valores e comportamentos cristalizados, por isso nem sempre fácil de chegar a bom termo, pois a tendência natural é preservar os padrões culturais e evitar mudanças. Constitui, portanto, um desafio de alta complexidade convencer todo um coletivo de indivíduos a apostar nos benefícios de uma mudança estratégica e conseguir retirá-los de sua zona de conforto para uma outra realidade com novos valores, propósitos, processos, sistemas e conhecimentos.

Para a fase experimental da presente pesquisa, na qual se conduz um projeto de pesquisa-ação, considera-se de extrema relevância complementar a

visão geral de aprendizagem organizacional, cultura e liderança estratégica, exposta até o momento, com uma síntese da abordagem conceitual de Argyris e Schön (1974; 1978; 1996) sobre teorias de ação, modelos e sistemas de aprendizagem.

3.3.1

Teorias de ação e modelos de aprendizagem organizacional

Segundo Argyris e Schön, as pessoas têm mapas mentais de como agir em diferentes situações, isto é, elas mantêm mapas em suas mentes sobre como planejar, implementar e revisar suas ações. Os mapas que elas utilizam para agir não coincidem com as teorias que elas expõem para justificar suas ações. Os autores argumentam que há uma teoria consistente com o que as pessoas dizem e outra coerente com o que elas fazem, distinguindo-se, desse modo, duas diferentes teorias de ação: a ‘teoria esposada’ (*espoused theory*) e a ‘teoria-em-uso’ (*theory-in-use*).

A ‘teoria esposada’ corresponde à visão de mundo e aos valores que as pessoas acreditam que guiam seus comportamentos. É aquela que explica ou justifica antecipadamente determinado padrão de atividade (‘é aquilo que é comunicado’). São os valores e habilidades que as pessoas incorporam por meio do processo de socialização e que lhes permitem lidar com os outros (Argyris e Schön, 1996). A ‘teoria-em-uso’, por outro lado, é a visão de mundo e os valores implicados pelos seus comportamentos ou os mapas mentais que elas utilizam para agir. É a teoria de ação, que está implícita na execução daquele padrão de atividade e que nem sempre é consistente com a ‘teoria esposada’ (‘é aquilo que é realizado’).

Segundo Argyris e Schön, o aprendizado organizacional ocorre quando indivíduos de uma organização experimentam uma situação problemática e questionam essa situação em prol da organização. Ao serem surpreendidos por um resultado inesperado, as pessoas reagem por meio de uma série de considerações, acarretando ações futuras, que, por sua vez, modificam suas imagens sobre a organização ou suas compreensões sobre o fenômeno organizacional. Toda essa seqüência de eventos pode levar a uma reestruturação das atividades correntes, propiciando a convergência de expectativas e resultados e operando mudanças nas ‘teorias-em-uso’ da organização.

Em geral, essas mudanças nas ‘teorias-em-uso’ da organização são implementadas como consequência de um questionamento organizacional, que pode incluir em seu escopo:

- a interpretação de experiências passadas de sucesso ou fracasso (lições aprendidas);
- inferências de relações causais entre ações e resultados e suas implicações para ações futuras;
- descrições do ambiente organizacional em mudança e suas prováveis demandas para ações futuras;
- análise dos limites e dos potenciais de estratégias organizacionais alternativas, estruturas, técnicas, sistemas de informação ou sistemas de incentivos;
- descrições de pontos de vista e interesses conflitantes que emergem na organização sob condições de complexidade e incerteza;
- cenários de futuros desejados e antecipação dos meios para alcançá-los;
- reflexões críticas sobre a ‘teoria-em-uso’ da organização e propostas para sua reformulação;
- descrição e análise de experiências de outras organizações (aprendizado pelas melhores práticas externas).

De acordo com Argyris e Schön, somente por meio do aprendizado de ‘ciclo duplo’ é que indivíduos e organizações podem estabelecer novos valores desejáveis para governar suas ‘teorias-em-uso’, a partir da antecipação de consequências indesejadas de suas atuais ações. Em outras palavras, o aprendizado de ‘ciclo duplo’ pode ser realizado por indivíduos, quando seus questionamentos levarem a mudanças em suas ‘teorias-em-uso’ (mudanças em seus modelos mentais e valores) ou pelas organizações, quando os indivíduos questionarem as variáveis governantes em prol do crescimento coletivo, de tal forma que seus questionamentos conduzam a mudanças na ‘teoria esposada’ da organização. A maior ou menor importância do aprendizado de ‘ciclo simples’ ou ‘duplo’ para uma determinada organização é função do grau de alinhamento das normas e procedimentos aos valores essenciais dessa organização.

As grandes organizações são estruturadas em muitos níveis e muitas funções e o aprendizado pode evoluir de indivíduos para pequenas equipes, para divisões, para departamentos, para a organização como um todo, podendo

influenciar até o contexto socioproductivo onde atuam. As ações das unidades intra-organizacionais são fundamentais para o questionamento organizacional, que pode resultar em ciclos de aprendizado simples ou duplo.

Ao integrar os conceitos apresentados na abordagem de Argyris e Schön (1974; 1978; 1996) à proposta de planejamento normativo de Ozbekhan (1973), pode-se afirmar que o questionamento organizacional no nível normativo das ‘teorias-em-uso’ correntes estimula o surgimento de uma nova ‘teoria esposada’ e de novos valores que revelam o que deve ser feito na organização e que estratégias e ações deverão revistas em função da nova ‘teoria esposada’.

Para Argyris e Schön (1996), o tipo de aprendizado organizacional pode variar dependendo do nível de agregação em que ele acontece e da maior ou menor ligação entre as unidades no mesmo nível ou em diferentes níveis. Um aprendizado de ‘ciclo simples’ em um determinado nível pode estimular um aprendizado de ‘ciclo duplo’ em outros níveis. O aprendizado de ‘ciclo duplo’ no questionamento organizacional requer vários passos adicionais, quando se compara ao aprendizado de ‘ciclo simples’.

3.3.2

Sistemas de aprendizagem organizacional segundo Argyris e Schön

Um conceito importante proposto pelos autores refere-se aos sistemas de aprendizagem organizacional. Um sistema de aprendizado organizacional, segundo Argyris e Schön (1974; 1978) é constituído por estruturas que canalizam o questionamento organizacional e o mundo comportamental da organização. Mundo comportamental é definido como o conjunto de habilidades, crenças e sentimentos que habitualmente condicionam padrões de interação entre indivíduos de uma organização, de modo a afetar o questionamento organizacional. Por exemplo, o grau com que a interação é competitiva ou cooperativa, amigável ou hostil, aberta ou fechada, empática ou distante, a favor ou aversa a riscos, produtiva ou defensiva. São exemplos de estruturas organizacionais:

- canais de comunicação (fóruns para debates e discursos, formas de interações formais e informais);
- sistemas de informação, inclusive suas tecnologias;

- o ambiente físico da organização;
- procedimentos e rotinas da organização que norteiam os questionamentos individuais e interativos;
- sistemas de incentivos que motivam o ato de questionar.

Para efeito da presente pesquisa, vale destacar que um sistema de aprendizado organizacional é interdependente com as ‘teorias-em-uso’ que os indivíduos trazem para o mundo comportamental. As ‘teorias-em-uso’ dos indivíduos ajudam a criar e a manter sistemas de aprendizado organizacional, que, por sua vez, contribuem para reforçar ou reestruturar as ‘teorias-em-uso’ no nível individual.

Quando os indivíduos encobrem suas intenções ou estratégias, enquanto buscam controlar suas interações com os outros, eles tendem a gerar desconfianças, que podem ser interpretadas como uma característica consistente com o mundo comportamental da organização. Um mundo comportamental caracterizado por desconfianças tende a reforçar a disposição dos indivíduos em agir de acordo com uma ‘teoria-em-uso’ que se baseia em jogos de perdas e ganhos e na proteção unilateral de cada indivíduo.

Argyris e Schön (1974; 1978; 1996) observaram que a grande maioria dos casos de mudança organizacional por eles estudados adota ‘teorias-em-uso’ com características semelhantes, ao serem submetidos a situações ameaçadoras. Tais características foram consubstanciadas no que o autor denomina ‘teoria-em-uso’ Modelo I (Mod-I) resumidas no Quadro 7.

Nesse modelo, os indivíduos são levados a se comportar de modo consistente e sistemático em torno de quatro valores norteadores, a saber: atingir o objetivo a que se propôs; ganhar e nunca perder; e suprimir sentimentos negativos e enfatizar a racionalidade.

A ‘teoria-em-uso’ Mod-I está baseada em uma teoria causal que afirma que se pessoas se comportam de acordo com as estratégias de ação do Mod-I (coluna 2 do Quadro 7), de modo a satisfazer qualquer combinação das quatro variáveis governantes (coluna 1), então as conseqüências descritas nas colunas 3, 4 e 5 devem ocorrer. Observam-se aprendizados de ciclo simples, processos fechados, padrões defensivos, tais como desconfiança, não assumir riscos e não

colocar em discussões pontos críticos para que eles não sejam submetidos a testes públicos.

1. Variáveis governantes para ação comportamental	2. Estratégias de ação para o indivíduo e para o ambiente	3. Conseqüências para o mundo comportamental	4. Conseqüências para o aprendizado	5. Efetividade
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Atingir os propósitos como o ator os percebe. ♦ Maximizar ganhos e minimizar perdas. ♦ Minimizar sentimentos externos negativos. ♦ Ser racional e minimizar emotividade. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Monitorar e gerenciar o ambiente de modo que o ator esteja no controle dos fatores relevantes para ele. ♦ Controlar as tarefas. ♦ Proteger-se unilateralmente. ♦ Proteger unilateralmente os outros de serem magoados. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ O ator é visto como defensivo. ♦ Relações de grupo e interpessoais defensivas. ♦ Normas defensivas. ♦ Pouca liberdade de escolha, pouco comprometimento interno e pré-disposição em não correr riscos. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Processos fechados. ♦ Aprendizado de 'ciclo simples'. ♦ Poucos testes públicos das teorias propostas e dos novos conceitos. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Decrescente

Quadro 7 – ‘Teoria-em-uso’ segundo o modelo I de aprendizagem organizacional
Fonte: Argyris (1982).

A ‘teoria-em-uso’ Mod-I faz com que os indivíduos ajam de modo a propiciar condições para erro. Como conseqüência, a organização é dominada por rotinas defensivas que reforçam o aprendizado contraprodutivo, levando-a à geração de um sistema de aprendizado organizacional limitado (Mod O-I).

A Figura 12 representa esse sistema, no qual as setas reversas da parte inferior da Figura indicam os ciclos de retorno que fecham o sistema. A ordem das colunas, da esquerda para a direita, e as setas numeradas na direção contrária mostram os efeitos iterativos mais importantes (Argyris e Schön, 1974; 1978; 1996). Cada coluna, por exemplo, não afeta somente a coluna imediatamente à sua direita, mas todas as demais que se seguem. Entretanto, as colunas estão agrupadas da esquerda para a direita em uma ordem que representa bem os efeitos diretos. À direita de qualquer coluna, têm-se as conseqüências mais e menos imediatas, enquanto que à esquerda, têm-se as condições antecedentes mais e menos imediatas. Tal modelo tem como função principal ser um guia para mapear e diagnosticar sistemas de aprendizado limitados.

Buscando ampliar a concepção de sistemas de aprendizado do primeiro tipo (Mod O-I), Argyris e Schön (1974; 1976; 1996) apresentam um modelo de

aprendizado organizacional do tipo II (Mod O-II), cujo elemento central é o questionamento organizacional, que, quando bem conduzido, pode levar a mudanças organizacionais significativas em suas ‘teorias-em-uso’ e em sua teoria de base, ou seja, na sua visão de futuro, princípios, valores e estratégias.

Tendo em vista a transição do Mod O-I para o Mod O-II, Argyris e Schön (1974; 1978) propõem uma nova ‘teoria-em-uso’ segundo o modelo II (Mod II), para se chegar ao sistema de aprendizado desejado.

A ‘teoria-em-uso’ Mod II e o sistema de aprendizado Mod O-II constituem, na verdade, estados ideais que talvez nunca sejam atingidos em sua plenitude. A característica principal da ‘teoria-em-uso’ Mod-II é prover mecanismos capazes de criar na organização uma boa dialética, trazendo em si a possibilidade do aprendizado de ‘ciclo duplo’.

O Quadro 8 mostra a ‘teoria-em-uso’ segundo o Modelo II. As variáveis governantes ou valores do Modelo II – informações válidas, livres escolhas, comprometimento interno – não são opostas àquelas do Modelo I e o comportamento exigido para satisfazer esses valores não é contrário ao exigido para o Mod-I.

1. Variáveis governantes para ação comportamental	2. Estratégias de ação para o indivíduo e para o ambiente	3. Conseqüências para o mundo comportamental	4. Conseqüências para o aprendizado	5. Efetividade
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Informações válidas. ♦ Livres escolhas. ♦ Comprometimento interno com a escolha e constante monitoramento da implementação. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Criação de redes de tomada de decisão, nas quais o poder é compartilhado. ♦ Prática da boa dialética. ♦ Tarefa é controlada conjuntamente. ♦ Proteção de indivíduos é uma iniciativa conjunta e orientada para o crescimento. ♦ Proteção bilateral. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ O ator age de maneira minimamente defensiva. ♦ Relações interpessoais e dinâmicas de grupo minimamente defensivas. ♦ Normas orientadas para o aprendizado. ♦ Muita liberdade de escolha, forte comprometimento interno e pré-disposição a enfrentar riscos. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Processos não confirmados, abertos. ♦ Aprendizado de ‘ciclo duplo’. ♦ Diversos testes públicos das teorias propostas e dos novos conceitos. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Crescente

Quadro 8 – ‘Teoria-em-uso’ segundo o modelo II de aprendizagem organizacional
Fonte: Argyris (1999).

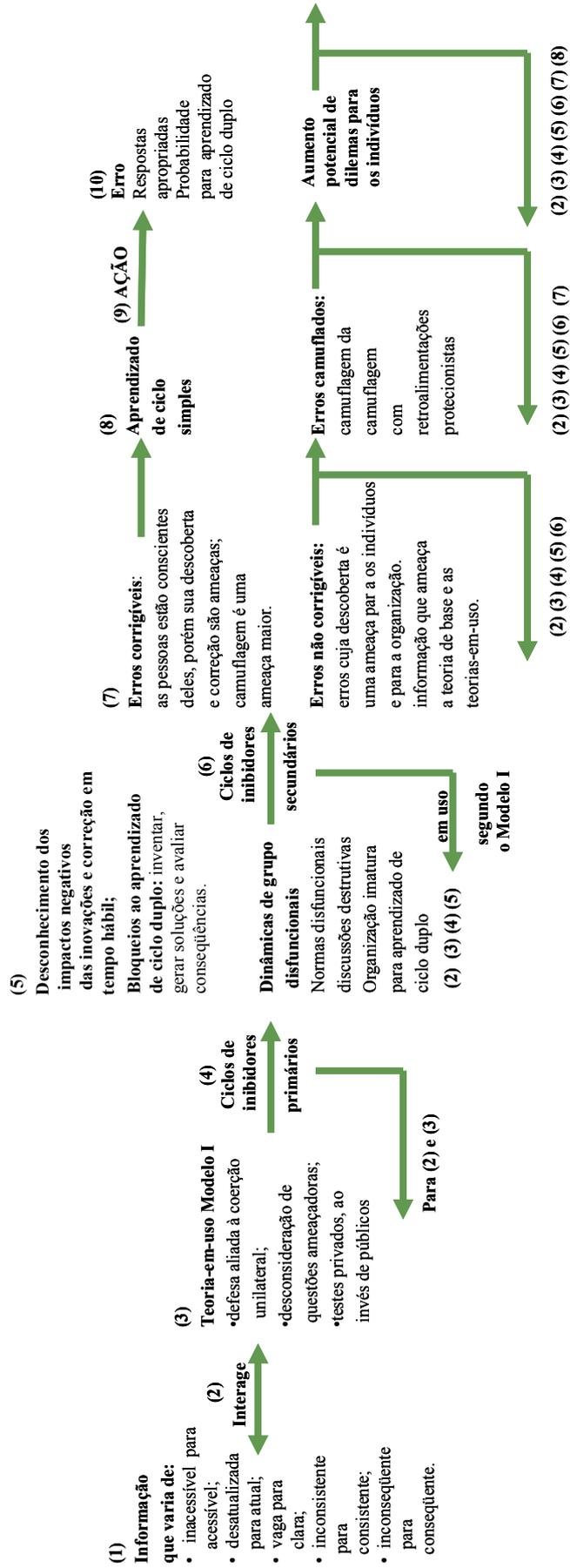


Figura 12 – Sistema de aprendizagem organizacional I (Mod O-I)

Fonte: Argyris (1982)

O Mod-II combina articulação do indivíduo e defesa pública de seus pontos de vista com o convite ao questionamento organizacional, de modo a produzir uma ação que se apóie nas mais completas e válidas informações e com as quais as pessoas envolvidas se tornem de fato comprometidas. Isso significa que o indivíduo no Mod- II é estimulado a gerar um aprendizado de ‘ciclo duplo’. Toda ação significativa baseada no Mod-II é avaliada em termos do grau com que ela ajuda as pessoas envolvidas a gerarem informações válidas e úteis e solucionarem o problema.

As estratégias comportamentais do Mod-II envolvem o compartilhamento do poder com qualquer pessoa que tenha competência e que seja relevante para decidir ou implementar a ação. A definição da tarefa e o controle sobre o ambiente não são, portanto, unilaterais como no Mod-I. Indivíduos no Mod-II não disputam o poder de decidir por simples autogratificação. Eles buscam construir uma rede de tomada de decisão, na qual as contribuições de cada membro da rede são discutidas e testadas e se novos conceitos são criados, o significado dado a eles por quem os criou e os processos de inferência usados para desenvolvê-los são abertos para serem criticados por aqueles que irão usá-los. Avaliações e pré-julgamentos são minimizados. Além disso, o grupo que cria o conceito sente-se na responsabilidade de apresentar avaliações que encorajem confrontações abertas e construtivas. Se as variáveis governantes e as estratégias de ação forem adotadas, o grau de defesa e resistência entre os indivíduos e os grupos diminuirá. Sentimentos de comprometimento interno e a livre escolha são características do Mod-II. Essas características do sistema de aprendizado profundo que corresponde ao Mod-II são resumidas na Figura 13.

Como visto no sistema Mod O-I, a descrição do Mod O-II começa com as condições de erro mostrados na coluna 1. Tais condições agora interagem com as ‘teorias-em-uso’ do Modelo II (coluna 3 do Quadro 8), que estimulam o teste público de uma nova idéia e a prática da boa dialética. Com a detecção de um determinado erro, surge o questionamento inerente ao Mod-II, segundo o qual pressupostos errados tendem a ser reformulados e as ambigüidades tendem a ser clareadas.

Dois tipos de aprendizado são possíveis dentro do sistema de aprendizado organizacional O-II. O primeiro refere-se ao aprendizado de ‘ciclo simples’ e ele é quase automático, pois com o nível de questionamento existente no Modelo II

torna-se estimulante criar, gerar e avaliar ações efetivas para corrigir erros decorrentes da adoção de ações e estratégias equivocadas. Se a resposta corrige o erro, o aprendizado encerra-se. Se a solução não for considerada adequada, retorna-se para diagnosticar o erro.

Enfatiza-se, porém, nesse sistema o aprendizado de ‘ciclo duplo’, no qual o erro é diagnosticado como decorrente da incompatibilidade das ações com as variáveis governantes ou do desalinhamento entre a ‘teoria esposada’ e as ‘teorias-em-uso’. Correções de erros dessa natureza requerem a prática da boa dialética, que se inicia com a construção de um mapa que forneça diferentes alternativas para a solução do problema, que pode ser, por exemplo, uma lista diferente de variáveis governantes ou normas. A confrontação de idéias e pontos de vista torna possível a emergência de soluções que aproximam a ‘teoria esposada’ da organização de suas ‘teorias-em-uso’. As soluções possíveis são então avaliadas. Se o erro é corrigido, isso significa que alguma das soluções foi apropriada e o ciclo de aprendizado termina. Em caso negativo, o questionamento organizacional em torno do problema continua, como mostrado na coluna 7 da Figura 13.

Destaca-se que no Mod O-II é possível a prática do aprendizado de ‘ciclo duplo’ e que esse tipo de aprendizado pode impulsionar mudanças organizacionais amplas, nas quais os dilemas disfuncionais experimentados no Mod O-I tendem a diminuir (coluna 9 da Figura 13). As colunas 8 e 9 reforçam as colunas anteriores. Dessa maneira, tem-se um sistema de aprendizado que é simultaneamente estável e sujeito a mudanças contínuas (Argyris, 1999).

A compreensão das diferenças entre os tipos ideais de modelos e sistemas de aprendizado preconizados por Argyris e Schön (1974; 1978; 1996) é de fundamental importância para uma escolha consciente do principal método de pesquisa da fase experimental desta tese, no caso o método de pesquisa-ação, como parte integrante da metodologia de Planejamento Inovador (Melo, 1991).

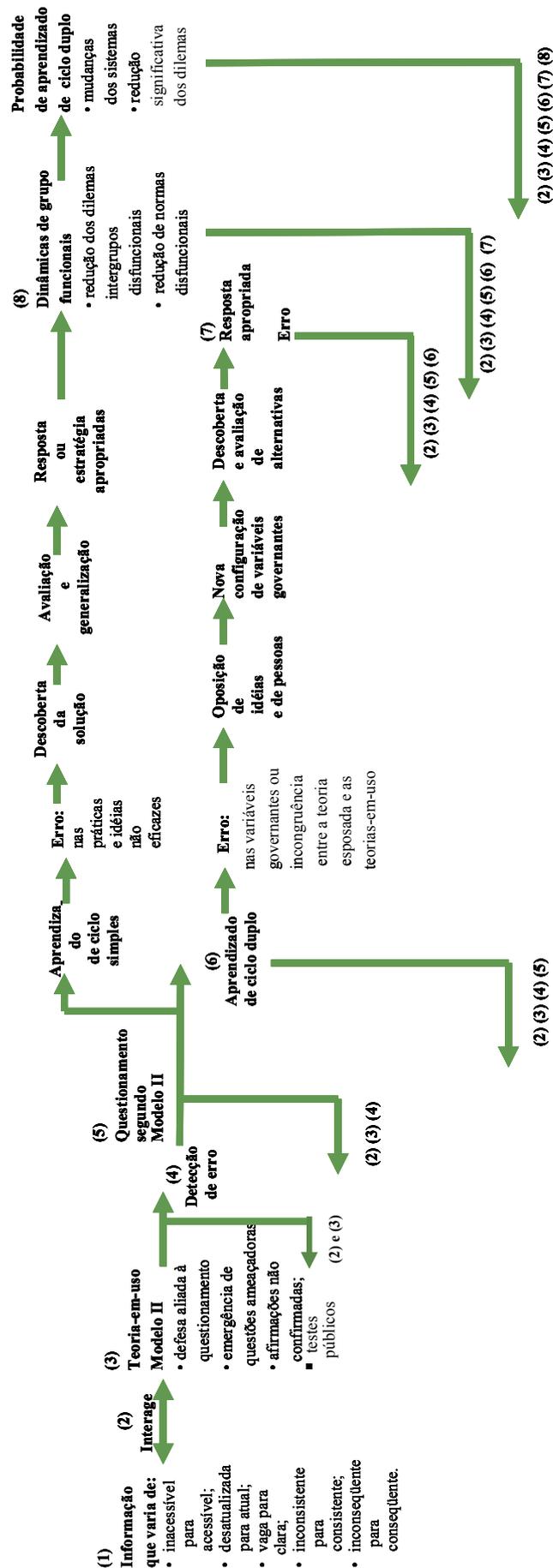


Figura 13 – Sistema de aprendizagem organizacional II (Mod O-II)
 Fonte: Argyris (1982)

A estratégia de ação-aprendizado, como concebida na proposta metodológica de Planejamento Inovador, busca facilitar processos de mudança organizacional abrangente, como a transição das empresas para o modo de gestão sustentável. Essa estratégia, proposta como meio para consolidar um processo de reticulação, inicia-se com a identificação do espaço de ação e do sistema de políticas formado pelas entidades que compartilham as decisões nesse espaço. Como visto nesta Seção, as características do Mod-II e de seu sistema de aprendizado (Mod O-II) reforçam a prática de compartilhamento do poder com qualquer pessoa que tenha competência e que possa contribuir para melhores decisões e ações efetivas.

Em analogia ao Mod-II proposto por Argyris e Schön (1974; 1978; 1996), constrói-se nesse processo um reticulado de tomadas de decisões inovadoras, 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 permite utilizar quadros conceituais complexos, que não podem ser desagregados, e suas ‘teorias-em-uso’ individuais podem ser submetidas a avaliações controladas. De fato, a pesquisa-ação tem a vantagem de possibilitar o estudo das ações dos participantes, enquanto a mudança está acontecendo, permitindo-se analisar e remodelar suas ‘teorias-em-uso’, em face de uma nova ‘teoria esposada’ que está emergindo e será consolidada pela organização.

Conforme a estratégia de ação-aprendizado do Planejamento Inovador (Melo, 1991), a partir do delineamento do domínio interorganizacional e da formação de um núcleo do reticulado, procura-se identificar uma tarefa e um instrumento articuladores para consolidar o reticulado embrionário.

A ‘tarefa articuladora’ é introduzida a partir da constatação de que a formação de uma rede inovadora (conforme o Mod-II de Argyris e Schön) só acontece por meio da combinação dos aprendizados de ‘ciclo simples’ e ‘duplo’, com ênfase no segundo. Como visto, somente o aprendizado de ‘ciclo duplo’ permite que indivíduos e organizações estabeleçam novos valores desejáveis para governar suas ‘teorias-em-uso’, a partir da antecipação de conseqüências desejadas e indesejadas das ações que serão deflagradas. Percebe-se, portanto, a necessidade de profundas mudanças culturais nas empresas que desejarem

implantar um modelo de gestão estratégica da tecnologia no modo sustentável, aliada à vontade política, dos gestores e grupos sociais envolvidos, de passar das 'teorias-em-uso' baseadas no sistema Mod O-I para novas concepções e práticas preconizadas por Argyris e Schön no Mod O-II.

Consolida-se esta parte do referencial teórico com a descrição e análise dos trabalhos de sobre aprendizagem organizacional e considera-se de muita valia a compreensão prévia dos princípios e componentes desta abordagem para poder integrá-la à grade analítica na qual se apoiará o desenvolvimento e implantação do modelo de gestão estratégica orientado para a sustentabilidade.

3.4

Inovação tecnológica e sustentabilidade corporativa

Conceitua-se aqui inovação tecnológica e ressalta-se sua importância para a sustentabilidade corporativa a partir de um enquadramento amplo do conceito de inovação, no qual se destacam duas correntes principais: a visão econômica, derivada do pensamento schumpeteriano, e a sociologia construtivista das técnicas, desenvolvida principalmente por Bruno Latour.

3.4.1

Conceito de inovação tecnológica: a visão econômica e a perspectiva da sociologia da ciência

A categoria de inovação, tal como é compreendida no mundo contemporâneo, tem suas raízes nas correntes econômicas derivadas do pensamento schumpeteriano e das contribuições da sociologia da ciência, principalmente os trabalhos desenvolvidos por Bruno Latour e Michel Callon.

No início do século XX, as elaborações teóricas de Joseph Schumpeter fomentavam o debate sobre transformações tecnológicas e desenvolvimento econômico e apontavam para um novo perfil para o empresário capitalista. Na visão do autor, os investimentos de uma empresa nas novas combinações de produtos e processos produtivos repercutiriam diretamente sobre o seu desempenho financeiro e os empresários deveriam então desempenhar ao mesmo tempo um papel de liderança econômica e tecnológica. Com a implementação e a

expansão de inovações tecnológicas e organizacionais nas empresas, o desempenho dos empresários e gestores viria a constituir um fator determinante para as transformações na esfera econômica e seu desenvolvimento no longo prazo.

Na definição de Schumpeter (1926), inovação compreende:

- a introdução de um novo bem, isto é, um bem com que os consumidores ainda não estejam familiarizados, ou de uma nova qualidade de um bem;
- a introdução de um novo método de produção, que ainda não tenha sido testado pela experiência no ramo próprio da indústria de transformação, que de modo algum precisa ser baseado em uma descoberta científica nova e pode consistir em nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria;
- a abertura de um novo mercado, ou seja, um mercado em que o ramo particular da indústria de transformação do país em questão não tenha ainda entrado, quer esse mercado tenha existido ou não;
- a conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados, independentemente de essa fonte já existir ou ter de ser criada;
- o estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação ou fragmentação de uma posição de monopólio.

Buscando promover uma interação mais efetiva entre o setor produtivo e as áreas de pesquisa e conhecimento, a *Organisation for Economic Cooperation and Development* – OECD cunhou o termo inovação a partir da visão de Schumpeter, definindo-a como um elemento essencial da dinâmica do desenvolvimento econômico-industrial (OECD, 2000). A abertura de mercados e o aumento da competitividade internacional estimularam governos e empresas a estabelecerem sinergias entre pesquisa tecnológica e política industrial para a manutenção das taxas de crescimento econômico.

Vários autores buscaram explicar a evolução do processo de competição entre empresas e entre países, mais notadamente:

- a natureza, os determinantes e o impacto da inovação sobre o sistema produtivo, com destaque para o processo evolutivo, cumulativo e descontínuo do progresso técnico, por meio de paradigmas tecnológicos (Dosi, 1982; 1988), das trajetórias naturais (Nelson e

Winter, 1982) e dos imperativos e convergências tecnológicas (Rosenberg, 1982);

- a dinâmica intersetorial, na criação de uma taxonomia do progresso técnico por setores industriais, em que a inovação é uma função das oportunidades tecnológicas de mercado percebidas pelas empresas, sobretudo nas de grande porte (Pavitt, 1984).

Vale ressaltar o destaque que tem sido dado na literatura a formulações conceituais ligadas às noções de sistemas dinâmicos abertos e em evolução, as quais se constituíram em alternativas de interesse para o estudo dos processos de inovação e suas inter-relações com os sistemas sociais em geral. Em síntese:

- a crítica do modelo linear de inovação, que pressupõe uma seqüência de etapas isoladas e subseqüentes (pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento de produto e processo e entrada no mercado). Emerge um modelo interativo, pela generalização do modelo linear, no qual cada uma dessas etapas exerce influências sobre as outras e é influenciada por elas e outros fatores indissociáveis do processo de inovação, como conhecimentos tácitos, aprendizado organizacional etc. (Rosenberg, 1982);
- os processos de aprendizado proporcionados pelos fluxos compartilhados de conhecimento nos sistemas de inovação (Lundvall, 1992);
- a inovação tende a ocorrer quando existem condições sociais propícias, ou seja, quando as mudanças organizacionais são socialmente aceitas ou demandadas. A capacidade de inovação da organização está diretamente relacionada à sua capacidade de perceber ou de antecipar as necessidades da sociedade, mantendo assim, o alinhamento de seus valores com os valores dessa sociedade (Meyer e Rowan, 1977).

Pela perspectiva da sociologia da ciência, destacam-se as grandes contribuições de Pinch e Bijker (1987), Latour (2000) e Callon (1987). Na visão desses autores o determinismo presente no debate econômico sobre a lógica e os modelos de inovação, ligado às noções de eficiência e racionalidade dos agentes, deve dar lugar a uma abordagem contextual e multilinear, em oposição à auto-suficiência dos parâmetros associados às decisões de cunho econômico.

Segundo essa perspectiva, a escolha por determinadas tecnologias e a recusa de outras não deveriam ser baseadas em critérios puramente econômicos ou racionais, mas na compatibilização de crenças e interesses envolvendo grupos

diversos e setores estratégicos que integram a atividade tecnológica. Nesse sentido, os interesses econômicos acompanham, mas não determinam, o rumo da inovação.

A obra de Latour proporcionou uma compreensão ainda mais clara do processo de inovação que, segundo a teoria desse autor, pode ser melhor entendido a partir da ação estratégica dos inovadores. Uma vez desenvolvida, essa estratégia implicará no controle do contexto social em que se processa a prática inovadora e em uma adaptação simultânea.

Segundo Latour (2000), caso os inovadores não disponham de meios para atuar sobre as variáveis em jogo ou não possuam autonomia suficiente para estabelecer seus próprios princípios de ação eles não terão como realizar inovações importantes. O autor ressalta que no processo de inovação o projeto técnico e contexto social tendem a se fundir.

Nessa perspectiva, Callon (1992) ressalta o papel dos atores heterogêneos na produção da inovação e propõe o conceito de redes sociotécnicas, partir do qual é possível detectar, simultaneamente, tanto o sentido das práticas sociais quanto o das inovações tecnológicas em imbricações complexas e dinâmicas. Essa concepção de inovação pretende articular a racionalidade das ações econômicas a uma seleção das opções tomadas pelos atores que integram a rede sociotécnica em sua contínua interação contextual.

Enquanto a tradição schumpeteriana compreende a dinâmica da inovação em suas possibilidades produtivas e corporativas, a perspectiva da sociologia da ciência aposta na discussão circunstancial e coletiva da prática da inovação, envolvendo agentes econômicos e não-econômicos (Trigueiro, 1997). O processo de inovação, no segundo ponto de vista, é entendido como parte de uma dinâmica social evolutiva, interativa e cujo desenvolvimento encontra suas possibilidades em condições de incerteza. As visões de Latour e de Callon convergem com as teorias de ação propostas por Argyris e Schön para descrever seus modelos e sistemas de aprendizagem organizacional e com o enfoque sociotécnico – dois dos eixos teóricos desta tese.

A partir dessa complexidade inerente ao processo de inovação, identificam-se na literatura especializada diversas tipologias que buscam descrever a inovação tecnológica quanto à forma, à natureza e ao processo. São elas:

- ‘inovação incremental’, em função do caráter contínuo e cumulativo de certas inovações, e ‘inovação radical’, decorrente da descoberta de novos conhecimentos, com substanciais riscos técnicos de custo e de tempo (Freeman, 1974: 1982);
- ‘inovação contínua’ e ‘descontínua’ (Tushman e Anderson, 1986);
- inovação promovendo mudanças nos ciclos de vida (Abernath e Utterback, 1978);
- ‘inovação modular’, quando ocorrem mudanças em componentes e subsistemas sem afetar o sistema a que pertencem, e ‘inovação arquitetural’, quando a mudança for considerada como melhoria sistêmica, sem que seus componentes sejam afetados de maneira mais ampla (Henderson e Clark, 1990);
- ‘*sustaining innovation*’ e ‘inovação disruptiva’ (Christensen, 1997). A contribuição das inovações disruptivas para o alcance da sustentabilidade, via mercados emergentes, é discutida por Hart e Christensen (2002).

3.4.2

O processo de inovação tecnológica e seus determinantes

Segundo Hall (1993; 1994), os elementos essenciais do processo de inovação foram representados sob dois enfoques: i. como um conjunto de atividades de pesquisa e desenvolvimento; e ii. como uma seqüência de estágios.

Rothwell (1992; 1994) classificou a evolução dos modelos existentes do processo de inovação em cinco gerações, diferenciando-as por uma crescente complexidade de interação entre seus elementos constituintes. Tal abordagem constituiu-se em uma terceira linha de análise do processo de inovação, incorporando algumas das características encontradas nas duas outras. De acordo com essa linha, fatores tecnológicos tornam-se sensíveis não só a parâmetros econômicos, como também a eventos ocorridos em outros pontos do sistema, levando Hall (1993; 1994) a explicar o processo de inovação segundo duas abordagens: i. ‘mecânica’: as mudanças no estado do sistema são determinadas por leis naturais externas, que implicam uma operação determinística do sistema; ii. ‘evolucionista’: as mudanças são geradas por forças internas ao próprio sistema.

Na abordagem sistêmica evolucionista, a heterogeneidade dos componentes do sistema ou a diversidade dos mecanismos internos explicam as alterações de estado do sistema. Os estudos e modelos apresentados por Dosi (1982, 1988), Rothwell (1992; 1994), Josty (1990), Tassej (1991) e Bowonder e Miyake (1992) pertencem a essa corrente de pensamento.

As empresas, em um processo de busca permanente por inovações, trabalham com condicionantes externos e internos. O ambiente econômico, o paradigma tecnológico e o setor de atividade industrial a que pertence a empresa figuram entre os mais importantes condicionantes externos. Já a trajetória da empresa e sua estratégia tecnológica fazem parte dos chamados condicionantes internos e são assim classificados por traduzirem-se, em última análise, no direcionamento estratégico da empresa, de caráter essencialmente normativo.

Descrevem-se, a seguir, os determinantes da inovação tecnológica segundo um quadro abrangente proposto por Campanário (2002), no qual o autor integra temas como tecnologia, inovação e sociedade.

Dentre os fatores externos, Campanário discute o ‘ambiente econômico’, a ‘organização industrial’, os ‘setores de atividade industrial e padrões de inovação’.

O ‘ambiente econômico’ é o contexto no qual a empresa atua e se movimenta. Esse ambiente também encontra-se em permanente movimento, exigindo da empresa uma percepção constante e atenta dos movimentos que o atravessam e que promova a adequação de suas posições às modificações econômicas exteriores. Em um plano mais geral de alta relevância, encontra-se o ambiente macroeconômico, posto que a inovação requer investimentos de longo prazo. Um ambiente macroeconômico que gere incertezas nos agentes econômicos tende a reprimir decisões mais arrojadas, relativas ao desenvolvimento tecnológico, que envolvam volumes mais elevados de recursos.

O segundo fator externo refere-se à ‘organização industrial e os setores de atividade’. Se uma empresa busca inovar com a finalidade específica de se diferenciar das outras e obter desse modo maior rentabilidade, pode-se depreender que quanto mais estímulos à concorrência houver entre as empresas, maior será a busca de inovações por parte delas. Supondo um ambiente macroeconômico favorável, uma empresa decide estrategicamente por desenvolver P&D e organiza esses esforços em torno de programas tecnológicos. Avalia, dentre outros fatores,

por meio de exercícios de prospecção tecnológica, as chances de sucesso de diferentes alternativas tecnológicas. Em outros termos, a empresa tem diante de si um determinado número de alternativas tecnológicas, a maior parte delas definidas por um ‘paradigma tecnológico’ que apresenta um conjunto de oportunidades para a inovação, segundo o grau de maturidades das tecnologias em questão. Em um determinado paradigma que esteja em início de instalação e difusão, as oportunidades tecnológicas mostrar-se-ão mais amplas do que em um paradigma já estabelecido. Assim, os paradigmas emergentes, também considerados como novos padrões tecnológicos ou novos ‘desenhos dominantes’, na linguagem de Abernath e Utterback (1978), apresentam mais perspectivas de desenvolvimento futuro e melhores alternativas de sucesso.

É bem verdade que o paradigma emergente convive com o antigo, sendo perfeitamente exequível para uma empresa que ela decida permanecer trabalhando com o antigo paradigma. No entanto, o novo tende a prevalecer e apresenta melhores condições de desenvolvimento ao longo do tempo. As empresas que procuram manter e reproduzir as condições de liderança do mercado tendem sempre a incorporar as novas tecnologias que se encontram atualizadas em relação aos paradigmas vigentes. Portanto, pode-se dizer que os paradigmas tecnológicos, padrões tecnológicos e desenhos dominantes estabelecidos reduzem o número de alternativas tecnológicas relevantes para uma empresa.

Na seqüência da discussão dos fatores externos destacam-se, ainda, os ‘setores de atividade industrial’, os quais impõem determinantes externos para o comportamento das empresas e seus padrões de inovação. Pavitt (1984) identificou, por meio de um estudo empírico, quatro ‘padrões setoriais de inovação’: ‘receptores de progresso técnico’, ‘intensivos em escala’, ‘ofertantes especializados’ e ‘baseados na ciência’.

Os setores ‘receptores de progresso técnico’ são setores industriais, cujas principais inovações foram geradas externamente, sobretudo na indústria de máquinas e equipamentos e de insumos. Um exemplo é a indústria têxtil, em que os teares e as fibras definem o padrão tecnológico da indústria. O acesso às tecnologias nesses casos é mais livre, pois as tecnologias encontram-se incorporadas em outras mercadorias.

O segundo padrão associa-se aos setores ‘intensivos em escala’, em que se requer o domínio de um conjunto de conhecimentos relativamente amplos. As inovações são tanto de processos, objetivando a redução de custos de produção, quanto de produtos, principalmente nos segmentos em que a diferenciação e a produção de produtos especiais são aspectos relevantes na concorrência. Nesses setores, as inovações são geradas tanto internamente às empresas como em cooperação com fornecedores, principalmente de bens de capital.

O terceiro é constituído pelas indústrias produtoras de máquinas e equipamentos e de instrumentação consideradas como ‘ofertantes especializados’. Deter tecnologia de produto, segundo esse padrão, é estratégico, pois o principal fator de competitividade é o desempenho dos produtos. Por serem fornecedores especializados, não exigem escalas tão elevadas quanto a de bens de consumo, admitindo a participação de empresas de pequeno e médio porte, porém, tecnologicamente bem capacitadas nos seus segmentos de mercado. As inovações são geradas internamente às empresas e em cooperação com seus grandes clientes.

Aparecem, como quarto padrão, os setores ‘baseados na ciência’, com desenvolvimento tecnológico de fronteira, empregando também os conhecimentos científicos que se encontram na fronteira das ciências básicas, como os complexos químico e eletro-eletrônico. As inovações relevantes buscam o lançamento de novos produtos e novos processos de produção que reduzem os custos e ampliam as fontes de vantagens competitivas. Geralmente são grandes empresas, com escala de faturamento, que investem elevado volume de recursos em P&D. Algumas dessas empresas envolvem-se em programas de pesquisa científica orientada, que exigem longo prazo de desenvolvimento. Para amortizar esses investimentos de valor elevado, é necessário que as empresas estejam presentes em mercados globais.

Dentre os fatores internos que condicionam o processo de inovação tecnológica destacam-se a ‘trajetória da empresa’ e sua ‘estratégia tecnológica’.

A ‘trajetória da empresa’ é aqui entendida como o conjunto de capacidades que ela adquiriu e acumulou ao longo do tempo. Sendo o progresso técnico um processo cumulativo construído ao longo do tempo pela capacitação da empresa, as decisões passadas em relação ao seu desenvolvimento tecnológico definem um

conjunto específico de conhecimentos que ela detém no presente; e o seu comportamento presente irá definir as suas possibilidades no futuro. O processo evolutivo da empresa é, pois, resultante de suas próprias decisões, correspondendo ao que se poderia chamar de uma evolução natural, e de estímulos ou pressões geradas no ambiente externo, traçando-se aqui novamente um paralelo com a biologia.

A teoria evolucionista de inovação tem como marco teórico os trabalhos de Nelson e Winter (1982), que ressaltam que ainda que a empresa deseje alcançar patamares tecnológicos superiores e que pretenda desenvolver tecnologias que estejam no centro do novo paradigma, ela muitas vezes não tem condições para fazê-lo, na medida em que sua trajetória passada limita e condiciona suas opções no presente (*path-dependence*). Outro ponto ressaltado na teoria evolucionista é que capacidades tecnológicas obtidas por uma empresa ao longo de sua trajetória lhes concedem características específicas que a distinguem de todas as demais empresas de seu contexto socioeconômico.

O segundo fator interno trata das opções da empresa em relação a seus objetivos e metas de P&D e de inovação, que constituem a sua 'estratégia tecnológica'. Freeman (1992) propôs um enquadramento que permite classificar estratégias tecnológicas e de mercado, segundo seis tipos diferentes: i. o tipo mais inovador é o da empresa que sempre objetiva manter a liderança técnica e econômica do seu mercado, investindo pesadamente em P&D e que tem na tecnologia um de seus principais fatores de sustentabilidade; ii. o segundo tipo refere-se a estratégias defensivas bastante avançadas, por meio das quais a empresa busca ainda aprender com a estratégia da empresa ofensiva, tentando diferenciar sua tecnologia em relação à outra. Esses dois tipos de estratégia caracterizam as empresas verdadeiramente inovadoras.

As demais estratégias implicam uma boa capacidade de produção, isso é, são relativas às empresas que possuem capacitação em engenharia de produção, mas licenciam ou copiam ou ainda dependem de desenhos e projetos desenvolvidos por outras, que demandam seus produtos. Este conjunto de empresas normalmente fica defasado em relação às duas primeiras estratégias, contudo, sua superioridade competitiva dessas empresas está em produzir com vantagens de custos e não com tecnologia avançada. As vantagens de custos podem estar nos baixos salários, na disponibilidade de matérias-primas e insumos

com baixos custos ou na proteção de mercados por parte dos governos locais, que permitem a convivência de custos mais elevados com baixos investimentos em desenvolvimento tecnológico.

Freeman (1992) menciona ainda dois outros tipos de estratégias: as que não privilegiam a tecnologia; e as oportunistas, que sobrevivem em função da exploração de um nicho de mercado, mesmo sem preocupação com a variável tecnológica.

Observa-se que as duas primeiras estratégias requerem uma grande capacidade de inovação, e que as duas seguintes, que licenciam tecnologia ou dependem de projetos de outras empresas, exigem boa capacidade de manufatura de produção. As duas finais, que não concedem importância para a tecnologia, referem-se àquelas empresas que enfrentam dificuldades de sobrevivência, ou seja, surgem e desaparecem com facilidade.

As empresas que apresentam possibilidades de sobrevivência são, portanto, aquelas que possuem capacidade inovadora e produtiva. Ainda assim, as empresas que verdadeiramente disputam a liderança dos mercados são aquelas que definem estratégias ofensivas e defensivas. As demais se contentam em permanecer defasadas.

A probabilidade de sobrevivência e liderança de uma empresa evidentemente também depende do grau de maturidade do progresso técnico de seus respectivos setores industriais. Os setores que apresentam paradigmas tecnológicos maduros mostram-se mais tolerantes com as empresas menos inovadoras, porém com boa capacidade produtiva. Os setores que convivem com novos paradigmas, em que o ritmo de incorporação de novos produtos e novos processos é acelerado, exigem que as empresas adotem estratégias mais ousadas, mais intensivas em P&D, para que ganhem competitividade em seus mercados.

Campanário (2002) levanta questões importantes para o contexto desta tese, pois remetem à análise e à discussão sobre inovação tecnológica como impulsionadora-chave da sustentabilidade corporativa. São elas:

- em sua busca contínua por inovações tecnológicas, as empresas dependem do ambiente econômico, do caminho do paradigma vigente e do setor de atividade industrial, defrontando-se com restrições e condicionantes externos ao longo do processo;

- nesse processo, as empresas também enfrentam determinantes internos, como a sua trajetória tecnológica e a estratégia da empresa;
 - a trajetória de uma empresa define um conjunto de capacitações que tipificam cada empresa, determinando suas possibilidades com relação ao futuro;
- as estratégias empresariais podem alterar a trajetória da empresa, assim como o ambiente externo pode induzir e estimular a busca por inovações;
- as grandes inovações, que redefinem o paradigma tecnológico, são responsáveis por uma onda de investimentos que caracterizam um período de prosperidade econômica;
- as inovações são responsáveis pela obtenção de lucros vultuosos para as empresas, que, ao longo do tempo, aumentam o seu potencial de crescimento;
- esse período de prosperidade transforma toda a realidade econômica e social, aumenta o nível de renda e gera acumulação de riqueza;
- as empresas estão em permanente busca de inovações, caracterizando a concorrência como um processo de disputa em torno de inovações;
- a difusão, baseada somente em inovações incrementais, tende a limitar a ascensão dos lucros, reduzindo o dinamismo econômico.

Em resumo, embora a disponibilização de tecnologias seja vista como uma condição fundamental para uma transição aceitável rumo à sustentabilidade, essa condição deve ser compreendida em um quadro de interdependência entre as mudanças de caráter tecnológico, cultural e estrutural, que são requeridas nessa fase transitória.

Outra questão importante refere-se às dificuldades inerentes ao próprio desenvolvimento sustentável e à capacidade de inovação das empresas. As tecnologias sustentáveis, estratégicas e sistêmicas têm ciclos longos de desenvolvimento, medidos em décadas, e os horizontes para a incorporação de novas tecnologias são incertos e condicionais. Embora muito necessárias e também urgentes, até certo ponto, tais tecnologias não poderão ser desenvolvidas automaticamente. De fato, insucessos no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis reduzem as possibilidades de se atingir a transição para a sustentabilidade e de se minimizar os custos de transição impostos ao processo de

reestruturação dos sistemas sociais e dos ecossistemas naturais. Ameaçam também aquelas oportunidades que são contingentes ao atendimento dos critérios de sustentabilidade, até mesmo do mais simples deles, que é eco-eficiência. Isso porque as empresas operam em um contexto dinâmico e turbulento, que inclui fenômenos como globalização, desregulamentação, distribuição global de poder econômico e político, além da evidência de que a eco-capacidade e a equidade social estão em níveis muito inferiores aos desejados para uma transição aceitável.

Desse modo, acredita-se que as tecnologias sustentáveis terão que ser desenvolvidas em uma perspectiva evolucionista, como abordado no início desta Seção. O desenvolvimento tecnológico sustentável, nessa perspectiva, deverá integrar os critérios sociais e ambientais em novos desenhos dominantes e plataformas tecnológicas e, ao mesmo tempo, promover mudanças organizacionais e sociais importantes, tanto internas à organização, como a aprendizagem interorganizacional, com arranjos em redes, quanto externos, como o engajamento das partes interessadas externas ao negócio, levando, por exemplo, a mudanças de padrões de consumo e aceitação dos produtos e serviços orientados para a sustentabilidade, por parte da sociedade.

3.4.3

Inovação tecnológica como impulsionadora-chave da sustentabilidade

Como visto, o paradigma de desenvolvimento sustentável traz para as empresas dois grandes desafios: por um lado, gerar inovações necessárias à existência humana sustentável, disponibilizando soluções tecnológicas capazes de desempenhar múltiplas funções e, por outro, vencer resistências da sociedade quanto aos novos produtos e serviços, particularmente sua descrença em relação a novas soluções frente às evidências da insustentabilidade dos sistemas produtivos e das atuais soluções tecnológicas incorporadas nos produtos e serviços que estão no mercado.

No final do século XX, as pressões para um novo paradigma de desenvolvimento começaram, progressivamente, a ser percebidas no mundo dos negócios tornando-se alvo de inúmeras discussões, tanto nos meios acadêmicos,

quanto nos circuitos empresariais. As novas demandas passariam então a ser apontadas simultaneamente como uma oportunidade considerável para a eclosão de movimentos originários em organizações progressistas e também como uma chance singular para a inovação tecnológica – já considerada, na época, como um dos impulsionadores-chave do desenvolvimento sustentável. Um outro solo, visivelmente complexo, começava a se formar, trazendo com ele inúmeras dificuldades para essa caminhada de natureza incerta.

Uma inovação tecnológica direcionada para o desenvolvimento sustentável, de acordo com Hall e Vredenburg (2003), opõe-se à convencional, orientada para o mercado, e requer tanto a incorporação das restrições oriundas das pressões sociais e ambientais, como a incorporação de uma visão que leve em consideração também as futuras gerações, ou seja, a perspectiva de longo prazo. Pressões cada vez mais intensas levaram muitas empresas à busca de revisão de seus modelos de gestão e seus planos de investimentos. As inovações tecnológicas direcionadas para o desenvolvimento sustentável, porém, mostravam-se mais complexas e ambíguas, em virtude de um espectro mais amplo de partes interessadas e da contradição de suas exigências, implicando a busca de novos tipos de estratégias tecnológicas.

Para alguns autores, o desenvolvimento sustentável pode dar início a um ciclo de criação destrutiva, terminologia cunhada por Schumpeter (1982), que concebia a inovação como ondas de destruição criadora: um processo difícil e dispendioso de descartar o velho em favor do novo, pela busca de irresistíveis e irreversíveis mudanças, oferecendo oportunidades para novos entrantes e ameaças potenciais para negócios ainda em estágio embrionário.

Uma outra corrente de pensamento defende uma ruptura tecnológica, com a criação de novos desenhos dominantes, novas plataformas de produtos e serviços e novos modelos de negócio, apontando ao mesmo tempo para a necessidade de inovações ambientais, que possibilitassem transformações nos atuais padrões insustentáveis da indústria. De acordo com esse argumento, capacidades organizacionais estabelecidas que permitem inovações tecnológicas para negócios atuais, aos poucos, vão se tornando insuficientes para se confrontar com as pressões do desenvolvimento sustentável. Uma inovação radical, ao contrário, além de necessária, provavelmente criaria novas competências, que iriam, em última análise, desafiar as práticas de negócio vigentes.

Na realidade, poucas são as empresas que têm investido pesadamente em P&D e inovações voltadas para o desenvolvimento sustentável. Na prática, dificuldades consideráveis, barreiras e paradoxos impedem a implementação dessa estratégia. As fórmulas habituais de tratar as inovações mostram-se insuficientes para fazer frente às exigências adicionais do desenvolvimento sustentável. As estratégias tecnológicas e de inovação parecem muitas vezes inadequadas, requerendo outras que contrastem integralmente com as abordagens exclusivamente centradas no mercado.

Acredita-se que uma iniciativa de inovação tecnológica que pretenda se alinhar aos princípios do desenvolvimento sustentável tem que levar em consideração também as exigências de outras partes interessadas, especialmente as que defendem a segurança, a antiglobalização e o meio ambiente. As formas tradicionais ignoram tais partes interessadas. Muitas delas, no entanto, desempenham papéis de caráter crucial em iniciativas de desenvolvimento sustentável. A inovação é hoje reconhecida como o principal motor do desenvolvimento industrial – mas também como a mais forte responsável pela desagregação social, assim como do meio ambiente (Freeman e Soete, 1997).

Do ponto de vista corporativo, segundo Hall e Vrendenburg (2003), inovações tecnológicas tanto podem aparecer como fontes primárias de vantagem competitiva sustentável, como fontes significativas de risco, degradação competitiva e fracasso empresarial. Por outro lado, inovações tecnológicas têm implicações em políticas públicas e estratégias de negócios, propiciando oportunidades para criar valor às partes interessadas, mas se revelando também como uma fonte potencial de desagregação.

Como pode ser observado na Figura 14, a inovação tecnológica pode ser tanto uma oportunidade para a criação de novas vantagens competitivas sustentáveis (quadrantes 1 e 3), como uma fonte de ruptura competitiva, de fracasso empresarial e de distúrbios sociais e ambientais (quadrantes 2 e 4). Ela também pode ser influenciada pelas forças do mercado (quadrantes 1 e 2) e por políticas públicas (quadrantes 3 e 4).



Figura 14 – Inovação tecnológica e sustentabilidade corporativa
 Fonte: Hall e Vredenburg (2003), p.64.

Segundo os autores citados, tradicionalmente as empresas focalizam o lado esquerdo do diagrama (quadrantes 1 e 2), enquanto que os formuladores de políticas públicas se concentram no lado direito. A inovação tecnológica, segundo o paradigma do desenvolvimento sustentável, requer que os quatro quadrantes sejam observados, porém, constrangimentos e pressões impedem que isso ocorra de fato. O talento gerencial necessário para a administração dos quatro quadrantes pode ser uma fonte de vantagem competitiva incontestável.

O desenvolvimento de inovações radicais pode constituir-se em uma tarefa de desempenho árduo, que geralmente implica no abandono da base de conhecimento atual – sendo, portanto, destruidora de capacidades organizacionais e competências. Pode ainda requerer pré-condições muito diferentes quanto à organização, à administração e à infra-estrutura da empresa, levando-a, em última instância, a escolher modificações apenas incrementais ou preservadoras de competências. Esse tipo de escolha permite que ela continue a obter recompensas de uma tecnologia já comprovada e de sua base de competência organizacional (Hall e Vredenburg, 2003).

A dicotomia entre a destruição de uma competência existente e a valorização de uma nova competência tem implicações não apenas para a empresa inovadora, mas também para os fornecedores, clientes, e outros

inovadores complementares – ou seja, para toda a cadeia de valor a qual Hall e Vredenburg cunharam de ‘partes interessadas primárias’. Adotar uma inovação, tal como as células a combustível em veículos automotivos, observam esses autores, pode se tornar um problema caso a nova tecnologia requeira novas habilidades operacionais por parte dos consumidores, ou se inovadores complementares – fornecedores de combustível, por exemplo – não tiverem competência para produzir e distribuir hidrogênio de forma barata e eficiente.

Acredita-se que os desafios tecnológicos apontados pelos autores constituem apenas um lado do problema, estando associados ao subsistema técnico, segundo o enfoque sociotécnico. Há ainda outros fatores críticos, relacionados ao subsistema social, como: a complexidade das partes interessadas; a ambigüidade das partes interessadas; e as pressões externas que forçam as empresas a inovar e buscar soluções tecnológicas para a sustentabilidade corporativa.

Com relação ao primeiro aspecto, ‘complexidade das partes interessadas’, pode-se afirmar que as inovações radicais, por suas amplas implicações sociais, são alvo de inúmeras controvérsias. O desenvolvimento sustentável requer o reconhecimento de um grande número de partes interessadas, inclusive as secundárias (como os grupos ambientalistas), que embora não se encontrem diretamente envolvidas nas relações de mercado podem afetar os negócios de uma empresa (Freeman, 1996). Pressões de ordem social e ambiental mais amplas tornam as inovações para a sustentabilidade corporativa mais complexas que as orientadas somente para o mercado. Pesquisas passadas sobre a dinâmica das inovações reconheceram a importância das partes interessadas primárias (fornecedores, inovadores complementares e clientes), mas não perceberam o valor da influência exercida pelas secundárias sobre as inovações voltadas para a sustentabilidade corporativa.

O segundo aspecto crítico aborda a questão da ‘ambigüidade das partes interessadas’. A disparidade de objetivos, demandas e opiniões entre as partes interessadas podem levar a interpretações disparatadas sobre uma mesma situação. A ambigüidade pode ser gerada pela aplicação de uma tecnologia radical com fundamento em uma área disciplinar ainda não plenamente aceita ou quando as pressões para abandonar as tecnologias convencionais se fundamentam nessa área. A incerteza pode impedir que uma inovação seja aceita antes mesmo

que se atinja um consenso acerca da solidez e segurança dos conceitos técnicos e científicos envolvidos. Determinadas partes interessadas podem ainda ter diferenças inconciliáveis de ordem ética, religiosa, cultural, social, dentre outras.

Com relação às ‘pressões do desenvolvimento sustentável’, observa-se que, sem as devidas pressões governamentais do tipo regulação programada ou antecipada, como as do Protocolo de Quioto, muitas empresas não se preocupariam em reduzir suas emissões de monóxido de carbono. Essas pressões criam necessidades que exigem ser atendidas.

Uma perspectiva tradicional da inovação costuma considerar apenas uma estreita faixa de partes interessadas – fornecedores, inovadores complementares, clientes, investidores e reguladores. Examina, por exemplo, o impacto da inovação destruidora de competência sobre cada uma dessas partes. Uma inovação que enalteça as competências de um cliente tem mais perspectiva de sucesso do que outra que desconsidere essa competência.

Uma inovação voltada para o desenvolvimento sustentável, pelo contrário, considera um amplo espectro de partes interessadas secundárias – defensores da segurança, comunidades locais e ativistas de várias causas: antiglobalização, direitos animais, questões ambientais, dentre outras. Identificá-las e considerá-las pode não ser um caminho direto, envolvendo a percepção do impacto da tecnologia sobre a sociedade (quadrante 4). Uma tecnologia radical pode, então, ser considerada de alto risco, enquanto tecnologias incrementais, baseadas em disciplinas suficientemente conhecidas, estariam menos sujeitas a gerar controvérsias.

Uma apreciação das exigências e preocupações complexas e, freqüentemente, ambíguas das partes interessadas secundárias dará condições à empresa de desenvolver capacidades mais efetivas com relação ao desenvolvimento sustentável, permitindo a integração das demandas de todos os grupos.

Considerando o arcabouço conceitual descrito por Hall e Vrendenburg, 2003, pressupõe-se que tecnologias sustentáveis não devem emergir de melhorias incrementais a partir de tecnologias existentes, mas sim de um esforço deliberado e intencional por parte do governo, das empresas e de grupos sociais para tratar estratégica e sistematicamente os desafios tecnológicos associados ao

desenvolvimento sustentável. Acima de tudo, esse esforço depende dos processos de gestão que suportam a inovação desde a etapa de formulação da estratégia tecnológica.

Efetivamente, esses argumentos fundamentarão a construção da grade analítica desta pesquisa, que incluirá uma descrição das características do modelo de gestão estratégica da tecnologia no modo sustentável, concebido como uma alternativa às práticas atuais de gestão tecnológica, que busca fortalecer as capacidades organizacionais para o desenvolvimento e difusão de tecnologias sustentáveis em longo prazo.

3.5

Modelos genéricos de gestão tecnológica

Em função das mudanças significativas ocorridas na gestão das atividades de P&D industrial, desde 1950 até hoje, diversos autores propuseram modelos para explicar as transformações e sugerir novos rumos e perspectivas para a gestão tecnológica, em geral, e a de inovação em particular.

O interesse em descobrir como as empresas que atuam em ambientes cada vez mais complexos podem incorporar a visão de sustentabilidade econômica, social e ambiental em suas estratégias tecnológicas fez com se identificassem cinco modelos conhecidos e reportados na literatura como representativos das ‘melhores práticas’ de gestão tecnológica. Nesta Seção, não se pretende descrever os modelos em si, mas destacar suas principais características e discutí-las segundo a perspectiva da sustentabilidade corporativa. A partir dessa análise, mostra-se então que, nesses modelos, a transição dos sistemas tecnológicos corporativos para o paradigma de desenvolvimento tecnológico sustentável não se encontra ainda explorada, abrindo-se uma oportunidade para novas proposições e alternativas às abordagens conceituais e às práticas vigentes.

Para efeito da presente discussão, adota-se a definição de gestão tecnológica proposta pelo *European Institute of Technology and Innovation Management* - EITIM:

Technology management address the effective identification, selection, acquisition, development, exploitation, and protection of technologies (product, process and infrastructure) needed to achieve and maintain a market position and business performance in accordance with company's objectives. EITIM (2003).

A maior parte das empresas tem hoje processos próprios para formular sua estratégia tecnológica e priorizar projetos de P&D, baseados em modelos genéricos de gestão tecnológica e de inovação publicados no início da década de 90 (Roussel *et al.*, 1991; Rothwell, 1992; 1994; Leonard-Barton, 1995; 1998; Miller e Morris, 1999; Moraes, 1999). Trabalhos empíricos recentes (Edler *et al.*, 2002) destacam que a maioria das empresas gerencia seus processos de P&D conforme o chamado modelo de terceira geração de Roussel *et al.* (1991), que, por enfatizar o alinhamento das tecnologias aos objetivos e metas de negócio, acaba por favorecer a composição de carteiras conservadoras de P&D.

Autores que criticam esse modelo, como Miller e Morris (1999), 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, além de reforçar o necessário balanceamento entre P&D incremental e radical. Embora todas as questões abordadas sejam de extrema importância para a perspectiva de sustentabilidade corporativa, observa-se nesses trabalhos uma grande lacuna referente à inserção das variáveis sociais e ambientais nas opções tecnológicas.

Já os trabalhos de Vergragt e Jansen (1993), Green e Vergragt (2002), Moors e Vergragt (2002), e Partidario e Vergragt (2002), embora enfatizem a importância da avaliação dos impactos ambientais e sociais das tecnologias e estejam totalmente alinhados à visão de desenvolvimento sustentável, não focalizam a problemática empresarial especificamente, e sim, os desenvolvimentos regional e setorial.

3.5.1

O modelo de Roussel *et al.*: alinhamento estratégico da tecnologia

Roussel *et al.* (1991) cunharam seu modelo como de terceira geração, a partir de uma perspectiva histórica em que apresentam a evolução da gestão tecnológica em três gerações: a primeira geração de modelos ocorreu segundo o modo intuitivo; a segunda geração, segundo o modo sistemático, e a terceira geração, a qual pertence seu modelo, desenvolve-se segundo o modo estratégico e intencional.

Apresentam-se, a seguir, a descrição das gerações de modelos, nessa perspectiva, chegando-se à descrição das características do modelo de Roussel *et al.* (1991), consagrado nas últimas décadas, no contexto empresarial, como o modelo de terceira geração.

Segundo esses autores, a primeira geração, de 1950 até meados anos 70, foi orientada predominantemente para a gestão dos recursos, na qual assegurar recursos financeiros para P&D, construir laboratórios e centros tecnológicos e, principalmente, criar competências eram as condições consideradas suficientes para sucesso. As atividades de P&D eram centralizadas e não havia estratégias tecnológicas explícitas. O modelo de gestão tecnológica desse período compreendia basicamente o planejamento de projetos.

A segunda geração de gestão tecnológica, consagrada no período de 1975 a 1990, pode ser caracterizada pela descentralização das atividades de P&D, pela ênfase dada ao planejamento, avaliação e controle de projetos e pela formulação e implementação de estratégias tecnológicas, conduzidas, na maioria dos casos, de forma pouco integrada às estratégias corporativas. Essa geração marca a organização das atividades de monitoração e prospecção tecnológica como suporte à formulação de estratégias ou, de alguma forma, vinculadas a esse processo. A adoção de modelos desta geração contribuiu muito para a melhoria da eficácia dos projetos de P&D, notadamente os desenvolvimentos fortemente vinculados aos clientes e orientados para aplicações industriais. Já aqueles desenvolvimentos de cunho mais genérico, envolvendo pesquisa básica e capazes de integrar diversos projetos

descentralizados, foram considerados de menor importância neste período (Roussel *et al.*, 1991).

O ‘modelo de terceira geração’ de Roussel *et al.* surge como reação aos efeitos não desejados do grande esforço de descentralização de P&D, experimentado pelas empresas nas últimas duas décadas. Enfatiza os seguintes aspectos:

- a adoção de novas ferramentas e mecanismos capazes de integrar todas as estratégias tecnológicas das diferentes unidades de negócio às estratégias corporativas: análise da maturidade tecnológica, do impacto competitivo da tecnologia, do posicionamento tecnológico competitivo atual e futuro da empresa e a construção de *portfolios* tecnológicos estratégicos (Roussel *et al.*, 1991);
- a consciência de que tecnologia faz parte da estratégia empresarial, vista cada vez menos como fator de produção somente (Brownlie, 1992);
- a institucionalização do processo de monitoração tecnológica integrada ao sistema de informações estratégicas e como suporte à tomada de decisão.

Na visão de seus autores, o modelo de terceira geração caracteriza-se por:

- formulação e implementação da estratégia tecnológica como parte integrante e elemento vital das estratégias de negócio ou estratégias competitivas;
- estabelecimento de mecanismos e ferramentas capazes de integrar as atividades de P&D, centralizadas e descentralizadas;
- maior ênfase no equilíbrio entre os desenvolvimentos de caráter genérico e mais fundamental (fortalecimento das competências essenciais) e aqueles desenvolvimentos aplicados (relacionados diretamente ao aumento da competitividade);
- implantação de um processo institucionalizado de monitoração e avaliação do ambiente tecnológico externo em apoio a processos decisórios-chave, de uma forma geral e, em particular, à formulação ou à revisão das estratégias de negócio e tecnológica.

3.5.2

O modelo de Rothwell: inovação tecnológica e redes técnico-econômicas

Rothwell (1992; 1994), assim como Roussel *et al.*, propôs um novo modelo de gestão tecnológica, a partir de uma perspectiva histórica em que descreve a evolução da gestão tecnológica em cinco gerações, sendo que o ‘racional’ utilizado por Rothwell para apresentar as cinco gerações difere completamente do adotado por Roussel *et al.* O primeiro enfatiza a gestão da inovação tecnológica, segundo a teoria evolucionista, enquanto o de Roussel *et al.* centra-se em questões organizacionais internas de gestão de P&D.

Rothwell apresenta sucintamente as cinco gerações, como: primeira geração: ‘*technology push*’; segunda geração: ‘*demand pull*’; terceira geração: ‘modelo combinado’; quarta geração: ‘modelo integrado’; e quinta geração: ‘integração de sistemas e modelo em redes’. O autor fornece, em uma visão abrangente, as quatro primeiras gerações, para em seguida, propor e caracterizar seu modelo, por ele cunhado de ‘modelo de quinta geração’.

A primeira geração do processo de inovação tecnológica caracteriza-se pela predominância de estímulos do tipo *technology push* e pela validade geral do modelo linear de realização de atividades de P&D. O processo de P&D é relativamente simples nessas condições, apresentando um caráter linear e seqüencial. A infra-estrutura científico-tecnológica era concebida como instância que estaria gerando permanentemente novos conhecimentos, muitos deles potencialmente úteis dentro da perspectiva socioprodutiva, os quais deveriam ser absorvidos pelo setor empresarial, tendo em vista a viabilização do processo de inovação. Na época em que o modelo de primeira geração predominou, a esfera científica atuava de forma totalmente independente da esfera industrial, com as interações entre elas ocorrendo de forma assistemática e pontual. Em outras palavras, o mercado atuava fundamentalmente como receptáculo dos resultados do processo de P&D, não se articulando em *feed-back* com as demais etapas desse processo, de modo a emitir sinais que orientassem a prática de inovações (Cassiolato, 1996).

A segunda geração do processo de inovação caracterizou-se pela importância crescente dos estímulos de mercado (conceito de *demand-pull*), em

comparação com aqueles provenientes de avanços do conhecimento científico (conceito de *technology-push*). Nesse caso, o mercado é visto como fonte de novas idéias que direcionam as atividades de P&D e essas assumem um caráter reativo em relação aos estímulos de mercado.

A terceira geração é associada à consolidação de um ‘modelo interligado’ de realização das atividades de P&D, caracterizado por um processo seqüencial em que se destacam os mecanismos de *feed-back* entre as diferentes etapas do processo e a combinação de estímulos do tipo *demand-pull* e *technology push*. A característica mais marcante desta geração é a maior organização do esforço tecnológico realizado *in-house* pelas empresas, principalmente por meio de uma integração das interfaces entre diferentes instâncias organizacionais.

Já a quarta geração apresenta algumas diferenças importantes em relação à anterior, pois está associada a um ‘modelo integrado’, que se caracteriza pelo desenvolvimento em paralelo, considerando tanto as necessidades de mercado como a evolução do estado da arte científico e tecnológico. Com relação aos estímulos de mercado, essa geração valoriza o intercâmbio de informações com consumidores e fornecedores: cadeia de valor de Porter (1989). No plano mais estritamente científico-tecnológico, destaca-se o caráter interdisciplinar da evolução do conhecimento, bem como a emergência de inovações sistêmicas que requerem a integração e fusão de múltiplas competências. Como forma de acelerar o processo inovativo, torna-se comum a formação de equipes integradas que se sobrepõem à estrutura formal das organizações. Também é comum a busca por competências complementares no meio externo, seja pela intensificação da cooperação horizontal, seja por meio de múltiplas formas de alianças tecnológicas. A maior abertura das organizações para relacionamentos externos contempla diversas formas de arranjos institucionais, como: *joint-ventures* e acordos formais e informais de cooperação, aos quais se integram universidades, centros de P&D e empresas.

O ‘modelo de quinta geração’ de Rothwell constitui uma evolução em relação aos modelos das gerações anteriores e caracteriza-se pela estruturação de sistemas e por modelos de desenvolvimento em redes. Seu modelo preconiza o surgimento de redes horizontais e verticais de transferência de tecnologia, que perpassam setores industriais baseados em tecnologias complexas ou emergentes, como é o caso da biotecnologia, dando origem a uma sistemática de realização das

atividades inovadoras, que pode ser traduzida, segundo esse autor, pela integração de sistemas, flexibilidade, formação de redes e processamento paralelo de informações (Rothwell, 1994).

Considera-se que o modelo de Rothwell traz importantes contribuições para o debate sobre inovação tecnológica como impulsionadora-chave da sustentabilidade corporativa. Fundamenta-se nas teorias evolucionista e co-evolucionista de inovação tecnológica e nos trabalhos na área da sociologia da ciência, convergentes com o referencial teórico aqui abordado. Um ponto de destaque do modelo para a presente tese é a discussão sobre a formação de redes sociotécnicas e o envolvimento das partes interessadas no processo de inovação tecnológica.

3.5.3

O modelo de Miller e Morris: novas ferramentas de gestão tecnológica

Para a construção de um modelo de gestão tecnológica voltado para a sustentabilidade econômica dos negócios, Morris e Miller (1999) partiram dos pressupostos de que os ambientes socioprodutivos, nos quais as empresas operam, estão cada vez mais dinâmicos e complexos e que o escopo da gestão tecnológica e da inovação necessitava ser ampliado para acolher não somente inovações contínuas de produtos e processos, mas também inovações descontínuas capazes de criar novos modelos de negócio e novos mercados. A ampliação do escopo de P&D e inovação tecnológica exigirá dos gestores, por sua vez, novas posturas estratégicas e o uso de ferramentas de gestão tecnológica, que constituem saltos qualitativos em relação às práticas atuais baseadas no modelo de terceira geração de Roussel *et al.* (1991).

Segundo os autores, o crescimento dos negócios e sua sustentabilidade econômica encontram-se limitados por barreiras internas e externas à empresa e por hiatos na gestão tecnológica e da inovação, observados pela prática intensiva do ‘modelo de terceira geração’ de Roussel *et al.*, (1991), que hoje é uma realidade na maioria das empresas com P&D industrial que o percebem como a ‘melhor prática’. Dentre barreiras e hiatos mencionados, Morris e Miller (1999) destacam que:

- os princípios básicos que governam os atuais processos de inovação tecnológica nessas empresas limitam seu escopo e sua estratégia de implantação, mais especificamente restringindo os processos de formulação das estratégias tecnológicas, P&D, *marketing* e os novos investimentos a modelos que são desenhos dominantes voltados para ‘melhores práticas’, produtos e serviços, negócios e mercados estabelecidos;
- a capacidade organizacional e a arquitetura para inovação, associadas às práticas atuais, também impedem que a liderança, a cultura organizacional, os processos de negócio, a aprendizagem e cooperação entre redes tecnológicas, envolvendo clientes, fornecedores, parceiros, agências governamentais de fomento, promovam novas opções de criação de valor para as diversas partes interessadas, por meio do desenvolvimento de novas tecnologias;
- as chamadas ‘melhores práticas’, baseadas no modelo de terceira geração (Roussel *et al.*, 1991), restringem as funções de P&D e *marketing* ao modo incremental, criando-se o clássico ‘dilema do inovador’ (Christensen, 1997), com conseqüências danosas para a evolução das cadeias de valor dos negócios dessas empresas. Tais práticas também contribuem para a criação de hiatos de colaboração, conhecidos como *knowing-doing gaps* (Pfeffer e Sutton, 1999), impedindo que as referidas funções possam efetivamente aprender com os clientes, fornecedores e parceiros por meio de experiências interativas sobre o que é possível e mutuamente válido como uma nova capacidade organizacional segundo um desenho dominante totalmente novo.

Com o objetivo de contribuir para a superação das barreiras e limitações aqui apontadas, os autores propõem um conjunto de onze princípios e práticas que definem seu modelo, por eles denominado de quarta geração de P&D, e que são:

- a ampliação da definição e do escopo de inovação em relação às práticas correntes;
- uma estratégia voltada para a geração de novos desenhos dominantes, como preconizada por Christensen (1997);
- necessidade de novos desenhos dominantes compreendendo uma arquitetura em camadas com três partes distintas (plataformas produto/processo, modelos de negócios e modelos setoriais);
- capacidade e arquitetura entendidas como pilares para a criação de novas opções de valor;

- mercados com uma arquitetura de suprimento e distribuição, ressaltando-se dois tipos de canais (vendas e conhecimento);
- necessidade de uma nova espiral de processos de negócio para promover o desenvolvimento de novas capacidades organizacionais e arquitetura para inovação tecnológica;
- a formulação das estratégias tecnológicas deve incorporar novos princípios e novas ferramentas e práticas de gestão;
- novas proposições de valor são criadas com novos princípios (nível normativo) e novas ferramentas e práticas de gestão (nível tático-operacional); novos perfis de liderança do tipo “T”, traduzidos por visão sistêmica e profundidade nas ações;
- surgimento de inovações radicais, em um ciclo virtuoso (laboratórios e *start-ups* superando barreiras, suprimindo os hiatos e obtendo recursos para novos desenvolvimentos tecnológicos);
- necessidade de uma nova organização corporativa que promova o balanceamento entre inovações incrementais em torno de desenhos dominantes estabelecidos e inovações radicais (novos desenhos dominantes, novos negócios);
- surgimento de um novo modelo empresarial (‘galáxia’) que promova a realização de novas descobertas e inovações tecnológicas, que se traduzam em futuros desenhos dominantes e futuros negócios.

Os autores abordam cada um desses elementos em detalhe e, na seqüência, mostram a evolução das práticas de gestão tecnológica em três gerações de P&D, que cobre o período entre 1960 até o final da década de 90, explorando o potencial de uma quarta geração e propondo seu modelo segundo as características e pressupostos dessa quarta geração. Embora tenham descrito a evolução das práticas de gestão tecnológica segundo ciclos e períodos de tempo semelhantes a descrições anteriores (Roussel *et al.*, 1991; Rothwell, 1992; 1994), Miller e Morris trazem para o debate sobre gestão estratégica da tecnologia, inovação tecnológica e sustentabilidade importantes contribuições. Particularmente, desperta atenção a necessidade de novas ferramentas de gestão na quarta geração de P&D e inovação, baseadas nas críticas consistentes que os autores fazem às chamadas ‘melhores práticas’ apoiadas fortemente no ‘modelo de terceira geração’ de Roussel *et al.* (1991). Na opinião dos autores, as ‘melhores práticas’ trazem para as empresas

com negócios bem estabelecidos o ‘dilema da inovação’ e, conseqüentemente, dificuldades para inovarem no amplo senso.

Reconhecem-se as bases conceituais do modelo de quarta geração de Miller e Morris (1999) como sendo a abordagem teórica de Nonaka e Takeuchi (1995) para gestão do conhecimento, bem como as contribuições de Abernath e Utterback (1978) e Utterback (1994) sobre a dinâmica da inovação tecnológica e as de Christensen (1997), mais precisamente seu trabalho sobre a questão do dilema de inovar.

Para Miller e Morris (1999), o conhecimento é a razão e a interligação fundamental para todas as suas proposições, distinguindo-o claramente de informação e destacando-o como um atributo que inexiste sem o homem. Na descrição do modelo, os autores fazem diversas menções aos seus gêneros (tácito e explícito) e variações, como preconizado por Nonaka e Takeuchi (1995). Explicam e exploram seus modos de conversão e destacam o grau de compartilhamento desejado, desde o nível individual ao interorganizacional, em todos os processos de gestão tecnológica, compreendendo todo o ciclo – da formulação das estratégias voltadas para inovações mais radicais até à difusão das tecnologias, segundo novos desenhos dominantes, possibilitando a criação de novos modelos de negócio e novos mercados.

Outro aspecto que se destaca no modelo de quarta geração de Miller e Morris (1999) refere-se à relevância dos canais externos, sobretudo dos clientes e fornecedores, para os processos de transmissão do conhecimento e aprendizagem. Os autores, embora reconhecendo que a inovação tem origem com a criação individual, reforçam em seu modelo que ela depende fundamentalmente dos processos de transmissão e aprendizagem organizacional entre a empresa, seus clientes, fornecedores e parceiros, e contraste com a abordagem de Nonaka e Takeuchi, cuja análise é mais direcionada para os canais internos à organização. Buscando sempre ampliar a compreensão dos gestores quanto a essas questões, os autores propõem inúmeros diagramas focalizando a revisão dos conhecimentos e teorias que deram base ao seu modelo, vinculando sempre o fluxo do conhecimento ao papel dos indivíduos e grupos e sua postura de aprendizagem.

Tanto as críticas encaminhadas por Morris e Miller aos trabalhos de Roussel *et al.* (1991) quanto as extensões e complementos à abordagem de Nonaka e Takeuchi (1995) enfatizam pontos que compreendem propostas desde estratégias

de como inovar, passando pelas relações entre inovação em produtos, serviços e processos, até o estudo de todo o ciclo de inovação, ou seja, arquitetura, competência, plataforma, produtos, processos e os estágios por inovações primárias e secundárias.

Percebe-se, infelizmente, um potencial de conexão não explorado entre as propostas de Miller e Morris e o modelo de Rothwell (1992; 1994), publicado cinco anos antes. Rothwell focalizou igualmente o processo de inovação tecnológica, com destaque para o papel fundamental das redes de aprendizagem nesse processo.

3.5.4

O modelo de Leonard-Barton: fontes internas de inovação tecnológica

Sob a ótica do desenvolvimento de fontes sistêmicas de inovação (externas e internas às empresas) busca-se complementar a revisão dos modelos de gestão tecnológica, focalizando-se nas fontes internas, aqui entendidas como as atitudes, recursos e mecanismos que, de um lado, levam uma empresa deliberadamente e de forma sistemática à geração e introdução de inovações e, de outro, podem influenciar decisivamente nos resultados desse esforço.

Dentre as principais fontes internas de inovação tecnológica apontadas na literatura, destacam-se: a experiência acumulada na atividade de inovação, o nível de qualificação e motivação dos recursos humanos, o compromisso institucionalizado com mudança e inovação, com a qualidade dos produtos e serviços e com a satisfação do cliente e a preocupação institucionalizada com o desenvolvimento de fontes de fornecimento de insumos, partes e componentes confiáveis (Hall, 1994).

Dentre os trabalhos mais recentes de planejamento estratégico segundo a abordagem *Resource-based View*, destaca-se o de Hamel e Prahalad (1994) sobre as competências essenciais. Os autores definem essas competências como aquelas capazes de sustentar negócios atuais e alavancar negócios futuros pela diferenciação em relação aos concorrentes e a pela dificuldade de serem imitadas. Focalizando-se a questão das competências organizacionais relacionadas à inovação tecnológica, reconhece-se a importância dos trabalhos

de Leonard-Barton (1995; 1998), mais especificamente o modelo que será abordado a seguir.

Leonard-Barton aborda a questão de sobrevivência e sucesso das empresas sob a perspectiva da gestão dos seus bens cognitivos como uma aptidão estratégica, capaz de distingui-las em competitividade e determinar sua capacidade de sobreviver, adaptar-se e competir. A autora analisa em especial as empresas nas quais as aptidões estratégicas fundamentam-se na tecnologia, distinguindo-as daquelas empresas que competem com base em outros fatores, como acesso a recursos naturais e direitos de distribuição. Essas aptidões tecnológicas estratégicas são, segundo Leonard-Barton, sistemas orgânicos de dimensões interdependentes que são criados e mantidos ao longo do tempo, não podendo ser facilmente imitadas (Hamel e Prahalad, 1994), transferidas ou redirecionadas de uma hora para outra e nem serem geridas do mesmo modo que bens tangíveis da empresa. Segundo a autora, a expressão aptidão tecnológica abrange o sistema de atividades, sistemas físicos, bases de qualificações e conhecimentos, sistemas gerenciais de instrução e recompensa e valores, criando-se, assim, uma vantagem específica para uma empresa ou um ramo de negócio.

As aptidões tecnológicas estratégicas compreendem pelo menos quatro dimensões interdependentes, das quais duas podem ser consideradas reservas dinâmicas de saber (ou competências) e as outras duas, mecanismos de controle ou canalização de conhecimentos. São elas:

- conhecimento e qualificações dos indivíduos;
- sistemas técnicos físicos, nos quais se acumula competência tecnológica ao longo do tempo em bancos de dados, equipamentos e *software* desenvolvidos e implantados pela organização;
- sistemas de gestão, que criam os canais por onde o conhecimento flui e é acessado e impõem também barreiras a atividades indesejadas, geradoras de conhecimento;
- valores e normas, que determinam que tipo de conhecimento deve ser buscado e cultivado e quais atividades geradoras de conhecimento devem ser encorajadas. Há rituais de comportamento e crenças inabaláveis associados a vários tipos de conhecimento tecnológico que são tão rígidos e complexos quanto aqueles ligados à religião. Por

isso, os valores servem com mecanismos de filtragem e controle do saber (Leonard-Barton, 1995; 1998).

Uma importante contribuição do modelo de Leonard-Barton refere-se à descrição das fases cíclicas de seu modelo voltadas para a criação das chamadas aptidões tecnológicas estratégicas, que guardam semelhança com conceitos desenvolvidos por Argyris e Schon (1974; 1978) e Nonaka e Takeuchi (1995). São elas: solução compartilhada de problemas; implementação e integração; experimentação e prototipagem; e aquisição de saber tecnológico externo.

Outra contribuição relevante aborda a questão das limitações estratégicas. a autora explica que o reverso de uma aptidão tecnológica estratégica – que com ela coexiste – é uma limitação estratégica. Sistema tão complexo quanto o da aptidão, uma limitação estratégica compreende as mesmas quatro dimensões organizacionais: sistemas físicos, competências e habilidades, sistemas de gestão e valores.

Leonard-Barton (1995; 1998) destaca também em seu modelo a suscetibilidade das quatro dimensões das limitações estratégicas a mudanças organizacionais, como representado sinteticamente na Figura 15.

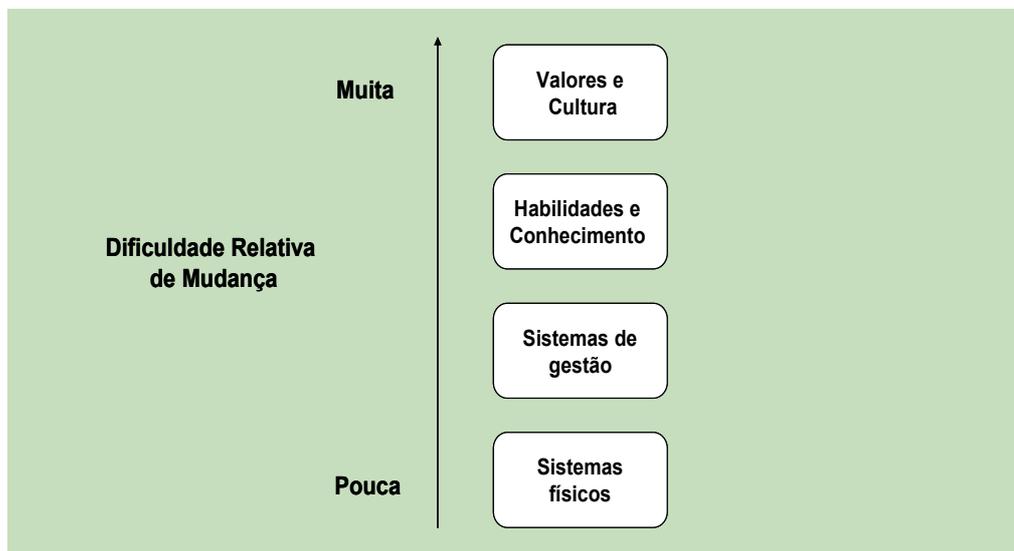


Figura 15 – Limitações estratégicas à inovação e suscetibilidade a mudanças
Fonte: Leonard-Barton, 1998, p. 65.

3.5.5

O modelo organizador de Moraes: avaliação do impacto da inovação tecnológica

O modelo proposto por Moraes (1999) visa ‘organizar’ a aplicação prática e conceitos relacionados à tecnologia e à inovação tecnológica, permitindo uma melhor avaliação de seus reflexos na formulação da estratégia da empresa (Moraes, 1999).

O modelo foi incluído nessa revisão, por integrar a análise estratégica da indústria e dos segmentos de negócio (*industry branches*) à avaliação do surgimento de projetos dominantes, da ocorrência de inovações arquitetônicas e radicais (Henderson e Clark, 1990) e da existência de *value networks* (Christensen e Rosebloom, 1995). O modelo ‘organizador’ também permite o desenvolvimento e aplicação de um sistema de monitoração e prospecção (*early earning*) para o ramo da indústria. Todos esses elementos do modelo são hoje considerados como ‘melhores práticas’ de gestão tecnológica e sua integração, como proposto no modelo, poderá gerar importantes efeitos sinérgicos para a função tecnologia da empresa.

De acordo com Moraes (1999, p.114), as premissas nas quais se baseou o desenvolvimento do modelo foram:

- aumento da ‘percepção’ da tecnologia: empresas que sofreram com o impacto da introdução de inovações tecnológicas não desconheciam as tecnologias ou arquiteturas de ruptura (*disruptives*), mas simplesmente não conseguiram ‘enxergar’ a sua importância;
- atenção às inovações que se constituem também em inovações de mercado (novas *value networks*);
- busca permanente do nível de agregação nas análises que permita ‘ver’ a tecnologia;
- aplicação contínua, que não dependa de ‘ciclos de planejamento’: a ocorrência de eventos e as medidas específicas de indicadores estabelecidos ‘disparam’ as ações necessárias;
- fornecimento de elementos que permitam que a tecnologia possa influenciar, ou co-determinar, a formulação da estratégia da empresa: a execução das etapas do modelo deve também, se possível, identificar as restrições, indicações e outros elementos que decorrem, por exemplo, do tipo de inovação tecnológica, da existência de externalidades, das

condições para a apropriabilidade, da importância dos fatores organizacionais, sociais e políticos relativos à tecnologia, e outros.

Dentre as vantagens de aplicação do modelo, de acordo com seu autor, destaca-se que “ele realiza processo de aproximações sucessivas em relação à identificação da posição no ciclo de vida da tecnologia. Isso reduz a necessidade de ‘plotar’ uma curva ‘S’, na qual a posição da tecnologia na curva ou a forma efetiva da curva podem não ser adequadamente identificadas” (Moraes, 1999, p. 76).

Ao considerar o modelo de ciclo de vida da tecnologia (Abernath e Utterback, 1987) e a curva S (Foster, 1986), a aplicação do modelo ‘organizador’ permite determinar, para uma determinada tecnologia, as seguintes situações:

- posições anteriores ao surgimento do projeto dominante (fase fluida para a fase de transição)
- possibilidades de surgimento do projeto dominante (PD)
- período de surgimento e confirmação do projeto dominante (fase de transição)
- fase posterior ao surgimento do PD (fase específica)
- existência de possíveis inovações arquitetônicas (conforme Henderson e Clark, 1990) e de novos *value networks* (Christensen e Rosenbloom, 1995)
- posição anterior a uma descontinuidade tecnológica (fase específica para a fase de descontinuidade).

3.6

Abordagem integrada dos modelos na perspectiva sustentável: lacunas identificadas

Finaliza-se este Capítulo com uma análise reflexiva das características dos cinco modelos de gestão tecnológica, apoiada na trajetória de gestão tecnológica nos últimos 50 anos traçada por Nobelius (2004) e nas considerações ao final da descrição de cada modelo. Discutem-se as visões de Roussel *et al.* (1991), Rothwell (1992; 1994), Leonard-Barton (1995; 1998), Miller e Morris (1999) e Moraes (1999) frente aos conceitos de sustentabilidade corporativa, expostos no Capítulo 2 desta tese.

O Quadro 9 mostra de forma esquemática a evolução das práticas de gestão tecnológica desde os anos 50, baseando-se na síntese apresentada por Nobelius (2004). Embora reconhecendo-se que os modelos aqui apresentados são importantes contribuições para o avanço do estado-da-arte e da prática em gestão estratégica da tecnologia, constata-se que eles não incorporam em suas análises a perspectiva de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade corporativa, como mostrado no Quadro 10.

As cinco gerações de P&D e respectivos processos de gestão tecnológica deixam lacunas a serem preenchidas por novas proposições, uma vez que não tratam dos conceitos e princípios de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade corporativa. De um modo geral, a omissão das variáveis sociais e ambientais nas opções tecnológicas e nas práticas de gestão constitui a lacuna principal dos referidos modelos. Todo o discurso está voltado para a competitividade dos negócios e para o papel que P&D exerce no sentido de assegurar vantagens competitivas sustentáveis à empresa.

Observando-se as características das gerações mais recentes - 4ª e 5ª gerações – destacam-se questões como o balanceamento entre P&D incremental e radical e sua importância para a ‘sustentabilidade econômica’ dos negócios. O viés é de fato econômico e observa-se uma forte influência de Porter (1989) nas abordagens de planejamento tecnológico.

Apesar das lacunas apontadas no Quadro 10, percebem-se alguns elementos favoráveis ao desenvolvimento tecnológico sustentável que merecem destaque. Miller e Morris (1999) afirmam que as práticas do modelo de terceira geração de Roussel *et al.* (1991) levam necessariamente as empresas à realização de P&D de curto e médio prazo para atender demandas de negócio mais imediatas, com foco na rentabilidade. Apontam para a necessidade das empresas redesenharem seus processos de gestão tecnológica no sentido de constituírem carteiras balanceadas de P&D capazes de gerar tanto inovações incrementais quando radicais. Embora reforcem a visão sistêmica e de longo prazo preconizada no paradigma de desenvolvimento sustentável, Miller e Morris (1999) não mencionam os potenciais benefícios que a empresa geraria ao desenvolver tecnologias que atendessem simultaneamente demandas da sustentabilidade econômica, ambiental e social. Restringem, portanto, o modelo à primeira dimensão da sustentabilidade.

Geração de P&D	Contexto	Características do Processo de Gestão de P&D e de Inovação
1ª geração 1950 - 1965	Pouca definição das demandas tecnológicas	<u>P&D como torre de marfim</u> : gestão orientada predominantemente para a gestão dos recursos, onde assegurar recursos financeiros para P&D, construir laboratórios e centros tecnológicos e, principalmente, criar competências eram as condições consideradas suficientes para sucesso. As atividades de P&D eram centralizadas e não havia estratégias tecnológicas explícitas. Modo <i>technology-push</i> . Foco em <i>breakthroughs</i> científicos.
2ª geração 1966 -1974	Tecnologia para conquistar novos mercados	<u>P&D alavancando negócios</u> : ênfase dada ao planejamento, avaliação e controle de projetos e à formulação e implementação de estratégias tecnológicas, conduzidas, na maioria dos casos, de forma pouco integrada às estratégias corporativas. Esta geração marca a organização das atividades de monitoração e prospecção tecnológica como suporte à formulação de estratégias ou, de alguma forma, vinculadas a este processo. A adoção de modelos desta geração contribuiu muito para a melhoria da eficácia dos projetos de P&D, notadamente aqueles desenvolvimentos fortemente vinculados aos clientes e orientados para aplicações industriais. Modo <i>market-pull</i> . Foco em inovações incrementais.
3ª geração 1975 - 1984	Tecnologia apoiando esforços de racionalização	<u>P&D como <i>portfolio</i></u> : as práticas de gestão evoluem para o consagrado modelo de 3ª geração, no qual a formulação e a implementação da estratégia tecnológica são vistas como elementos vitais das estratégias de negócio ou estratégias competitivas (Roussel <i>et al</i> , 1991). Estabelecem-se mecanismos capazes de integrar as atividades de P&D, centralizadas e descentralizadas. Consolida-se um “modelo interligado” de realização das atividades de P&D, caracterizado por um processo seqüencial, em que se destacam os mecanismos de <i>feed-back</i> entre as diferentes etapas do processo e a combinação de estímulos do tipo <i>demand-pull</i> e <i>technology push</i> .
4ª geração 1985-1994	Ciclos de P&D cada vez mais curtos	<u>P&D como atividade de integração</u> : a gestão tecnológica caracteriza-se pelo desenvolvimento em paralelo, considerando tanto as necessidades de mercado como a evolução do estado da arte científico e tecnológico. Com relação aos estímulos de mercado, essa geração valorizou o intercâmbio de informações com consumidores e fornecedores, conforme conceito de cadeia de valor de Porter (1989). Surgimento de modelos integradores, como o modelo ‘organizador’(Moraes, 1999), que integra a análise estratégica da indústria e dos segmentos de negócio à avaliação do surgimento de projetos dominantes, da ocorrência de inovações arquitetônicas e radicais (Henderson e Clark, 1990) e da existência de <i>value networks</i> (Christensen e Rosembloom, 1995) No plano mais estritamente científico-tecnológico, destaca-se o caráter interdisciplinar da evolução do conhecimento, bem como a emergência de inovações sistêmicas que requerem a integração e fusão de múltiplas competências (Leonard - Barton, 1995; 1998; Miller e Morris, 1999).
5ª geração 1995 -	Integração de sistemas	<u>P&D em redes de cooperação</u> : enfatiza a estruturação de sistemas e por modelos de desenvolvimento em redes. Essa geração preconiza o surgimento de redes horizontais e verticais de transferência de tecnologia, que perpassam setores industriais baseados em tecnologias complexas ou emergentes, como são os caso da biotecnologia e da nanotecnologia, dando origem a uma sistemática de realização das atividades inovadoras, que pode ser traduzida pela “integração de sistemas, flexibilidade, formação de redes e processamento paralelo de informações” (Rothwell, 1992; 1994).

Quadro 9 – Evolução das práticas de gestão tecnológica: de 1950 até 2003

Fonte: Baseado em Nobelius (2004), p. 370.

Descrição	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração	4ª Geração	5ª Geração	Principais lacunas
Período	1950 - 1965	1966 - 1974	1975 - 1984	1985 - 1994	1995 -	Da situação atual
Modo	Intuitivo.	Sistemático.	Estratégico e intencional.	Integrador.	Sistêmico.	Sem menção ao paradigma de desenvolvimento sustentável.
Ênfase	Fomento.	Rentabilidade.	Sustentabilidade econômica.	Sustentabilidade econômica.	Sustentabilidade econômica	Sem menção às demais da sustentabilidade: social e ambiental.
Abordagens gerenciais	Capacitação e criação de infraestrutura.	<i>Marketing</i> tecnológico e gerenciamento de projetos.	P&D e inovação como processos.	Integração de P&D à cadeia de suprimento.	Formação de parcerias estratégicas e redes de inteligência tecnológica.	Sem menção às abordagens de sustentabilidade.
Organização para P&D e inovação	Centralização de P&D.	P&D centralizado e descentralizado nas áreas de negócio.	Busca de alinhamento entre P&D corporativo e das áreas de negócio.	Integração entre P&D corporativo e das áreas de negócio.	P&D por redes tecnológicas.	Não se identificam lacunas.
Engajamento com as partes interessadas	Ausente.	Engajamento com clientes e dissociações internas pela descentralização de P&D.	Engajamento com clientes. Gestão de P&D compartilhada.	Engajamento com atores de toda a cadeia de suprimento. Gestão de P&D compartilhada.	Articulação com a comunidade de C&T e demais atores da cadeia de valor.	Não se identificam lacunas.
Estratégia tecnológica	Estratégia tecnológica não explícita.	Início da transição para o alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio.	Transição para o alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio.	Forte alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio, com foco na sustentabilidade econômica.	Alinhamento das estratégias tecnológicas às estratégias de negócio, assim como P&D de alto risco e alta recompensa.	Embora exista visão de longo prazo na 5ª geração, não há direcionamento estratégico para a sustentabilidade corporativa
Ligação entre P&D e planejamento estratégico corporativo	Sem ligação.	Realimentação não explícita. Normalmente ocorre via conhecimento tácito.	P&D influencia o planejamento estratégico das áreas de negócio e não o corporativo. Inicia o uso de <i>roadmappings</i> tecnológicos e gestão faseada de projetos.	P&D influencia o planejamento estratégico das áreas de negócio e não o corporativo. Ampla utilização de <i>roadmappings</i> tecnológicos e gestão faseada de projetos.	P&D contribui para o planejamento estratégico corporativo, tecnológica, antecipando oportunidades de negócio a partir de trajetórias tecnológicas promissoras.	Não se identificam lacunas.
Planejamento tecnológico	Planejamento voltado para a formação de competências tecnológicas e instalação de laboratórios.	Planejamento, avaliação e controle de projetos.	Planejamento estratégico da tecnologia, incorporando as análises de maturidade tecnológica e de impacto competitivo da tecnologia.	Mesmas características da 3ª geração. Influência de Porter (1989) em toda a década de 90.	Planejamento em redes sociotécnicas, mantendo-se as análises de maturidade tecnológica e de impacto competitivo.	Necessidade de incorporar análises de impacto social e ambiental do uso da tecnologia.

Quadro 10 – Lacunas dos modelos de gestão tecnológica em relação ao modo sustentável

Fonte: Elaboração própria. 1ª e 4ª linhas baseadas em Nobelius (2004), p. 370 e 372.

O modelo de Rothwell (1992; 1994) traz importantes contribuições para o debate sobre inovação tecnológica como impulsionadora-chave da sustentabilidade corporativa, mas também não menciona diretamente as possíveis contribuições de novas tecnologias para o desenvolvimento sustentável. Fundamentando-se nas teorias evolucionista e co-evolucionista de inovação tecnológica e nos trabalhos no campo da sociologia da ciência, Rothwell discute a importância das redes sociotécnicas no processo de inovação e propõe um modelo de quinta geração de gestão tecnológica caracterizada pela integração de sistemas, flexibilidade, formação de redes e processamento paralelo de informações. Todos esses elementos são fundamentais para o exercício do desenvolvimento tecnológico sustentável, como já discutido no Capítulo 3 – Seção 3.2.

Leonard-Barton (1995; 1998), ao introduzir o conceito de aptidões tecnológicas estratégicas, aborda um aspecto muito importante para processos de mudança organizacional orientados pelo paradigma de desenvolvimento sustentável: no nível normativo da gestão tecnológica, o conjunto de valores e normas da empresa determinando que tipo de conhecimento deve ser buscado e cultivado e quais atividades geradoras de conhecimento devem ser encorajadas. Assim como os demais, o modelo de Leonard-Barton não faz menção às aptidões tecnológicas necessárias para que a empresa passe a atuar no modo de desenvolvimento tecnológico sustentável.

Embora não mencione diretamente o modo sustentável de gerenciar tecnologia e inovação, o modelo organizador de Moraes (1999) amplia a compreensão do papel da tecnologia e do impacto da introdução de inovações tecnológicas no processo de formulação da estratégia tecnológica da empresa. A ideia fundamental nessa ligação, na visão de seu ator, é a de proporcionar elementos que permitam influenciar a formulação ou perceber a sua formação (estratégia emergente). A busca permanente do nível de agregação das análises estratégicas, considerando paradigmas e trajetórias tecnológicas, a sistemática avaliação das possibilidades de emergência de um projeto dominante no ramo de negócio, assim como a monitoração dos sinais de mudança dos cenários de negócios e tecnológicos, destacam-se como características fundamentais do modelo que, se integradas ao processo de formulação da estratégia no modo sustentável, podem criar condições ímpares para a avaliação dos impactos sociais, ambientais e econômicos.

As lacunas identificadas nos atuais modelos e práticas de gestão tecnológica em relação a um efetivo desenvolvimento tecnológico sustentável abrem um espaço importante para se investigar a contribuição do referencial sociotécnico e das abordagens de planejamento adaptativo e de aprendizagem organizacional para o desenvolvimento e implantação de um modelo de gestão estratégica da tecnologia que apóie as empresas no alcance da sustentabilidade corporativa.

Considerando que novas tecnologias e inovações tecnológicas impulsionarão negócios mais sustentáveis, de acordo com a abordagem tríplice, discutida no Capítulo 2 – Seção 2.3, o desafio é descobrir de que maneira as empresas que atuam em ambientes cada vez mais complexos podem incorporar a visão de sustentabilidade econômica, social e ambiental – igualmente complexa - em suas estratégias tecnológicas.