

INOVAÇÃO E GESTÃO TECNOLÓGICA EM ORGANIZAÇÕES DE P&D: UM MODELO INTEGRADOR¹

Suzana Maria Valle Lima²
Antônio Maria Gomes de Castro³
Jairo Eduardo Borges-Andrade⁴
José Ruy Porto de Carvalho⁵

RESUMO

Modelos são representações da realidade que têm se revelado úteis para o avanço do conhecimento em inúmeras áreas. Este artigo busca apresentar um modelo de inovação tecnológica em que esse fenômeno seja concebido como sendo: a) sistêmico; b) multinível; c) organizacional, d) multideterminado; e) passível de mensuração; f) de intervenção. A literatura sobre modelos de inovação apresenta propostas em que dois elementos estão sempre presentes: a) o processo de P&D, em suas diversas etapas; b) determinantes dessas etapas, ou fatores originados nos contextos macro, meso ou micro do processo de inovação. A literatura sobre gestão tecnológica apresenta modelos de gestão, enfatizando variáveis relativas à *gestão de portfólio* e *gestão de pesquisa em rede*, como as mais relevantes para os modelos de gestão de última geração. A proposta apresentada neste trabalho integra essas duas literaturas, procurando enfatizar a relevância de variáveis de gestão tecnológica como determinantes importantes, ao longo do processo de inovação tecnológica. O artigo conclui com uma discussão de áreas beneficiadas com a utilização do modelo.

Palavras-chave: inovação tecnológica, gestão tecnológica, modelos de inovação.

¹ Aceito para publicação em março de 2004.

² Psicóloga, Ph.D. em Sociologia das Organizações, pesquisadora da Embrapa, Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento, Edifício-Sede, Parque Estação Biológica – PqEB –, CEP 70770-990, Brasília, DF. E-mail: svlima@sede.embrapa.br.

³ Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Análise de Sistemas Agrícolas, pesquisador da Embrapa, Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento, Edifício-Sede, Parque Estação Biológica – PqEB –, CEP 70770-990, Brasília, DF. E-mail: amcastro@sede.embrapa.br

⁴ Psicólogo, Ph.D. em Sistemas Instrucionais, professor titular da Universidade de Brasília – UnB –, Instituto de Psicologia, Departamento de Psicologia Social e do Trabalho, CEP 70910-900, Brasília, DF. E-mail: jeborges@linkexpress.com.br.

⁵ Estatístico, Ph.D. em Estatística Aplicada, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campus da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp –, Rua Andre Tosello s/n, CEP 13083-970, Campinas, SP. E-mail: jruy@cnptia.embrapa.br.

MANAGEMENT AND INNOVATION IN R&D ORGANIZATIONS: AN INTEGRATIVE MODEL

ABSTRACT

Models are representations of reality which are useful for knowledge advancement in several areas. This paper presents a model of technological innovation in R&D organizations. The model conceives this phenomena as being: a) systemic; b) multilevel; c) organizational; d) multivariate; e) amenable to quantification and measuring. Literature on innovation and knowledge production in organizations usually includes two elements in related models: a) the R&D process, in its several phases; b) predictors or enablers of innovation, originated at the macro, meso or micro contexts of the phenomena. On the other hand, literature on technology management presents models emphasizing portfolio management and network research as being the most important features of R&D management nowadays. The model proposed in the present paper integrates these conceptions, trying to capture the relevance of management variables in the success of the technological innovation process, within R&D organizations. The paper concludes with a discussion of potential uses for the proposed model.

Key-words: technological innovation, technological management, innovation models.

INTRODUÇÃO

A atividade científica está intrinsecamente associada à idéia de modelos. Fourez (1988) apresenta esse argumento com muita clareza: quando um indivíduo ou um cientista se aproxima de um objeto qualquer, sempre irá utilizar uma forma de representação (ou modelo) para abordar esse objeto. No contexto da atividade científica, essa representação pode receber o nome de teoria, lei ou modelo, segundo esse autor. Ela constitui a base para essa atividade, e a ciência “surge como uma prática que substitui continuamente por outras as representações que se tinha do mundo” (Fourez, 1988, p.66).

O conceito de modelo é comum a toda metodologia científica. De fato, em qualquer enfoque aplicado, é por meio de modelos que a ciência tem se expressado para compreender a natureza dos fenômenos. Os modelos podem assumir diversas formas, desde os modelos físicos até aos modelos conceituais, incluindo-se aí os modelos matemáticos (Castro et al., 1999).

Os modelos são classificados, de acordo com as suas características, em:

- Empíricos ou explanatórios, considerado o grau de conhecimento do sistema representado no modelo.
- Determinísticos ou estocásticos, quando as variáveis componentes incorporam (ou não) variabilidade estatística.
- Estáticos ou dinâmicos, quando se considera (ou não) o desempenho dos componentes no tempo.

Na pesquisa agropecuária, por exemplo, têm sido comumente elaborados modelos dinâmicos, determinísticos e semi-explanatórios (Vries et al., 1989; Jones, 1970).

Segundo Castro et al. (1999), a construção de um modelo evolui por fases, indo da fase preliminar, onde o conhecimento do sistema modelado é vago, passa pela fase de modelos compreensivos, onde a quantidade de conhecimentos sobre o sistema é grande e a complexidade do modelo é alta, e finaliza com a elaboração de modelos sumários. Estes aliam grande conhecimento do sistema com menor complexidade, o que os torna bastante atrativos para aplicações fora das instituições de pesquisas.

Modelos permitem desenvolver e testar hipóteses nas mais diversas áreas. Por exemplo, recente publicação da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC – traz várias reportagens sobre a aplicação de modelos a áreas tão distintas como as de inteligência artificial, pesca, medicina, meio ambiente, gestão empresarial e simulações computacionais (Vogt, 2002).

Nesse trabalho, apresenta-se uma proposta de modelo de inovação tecnológica aplicável à pesquisa agropecuária. A testagem subsequente de um modelo como esse permitirá identificar fatores relevantes à performance de sistemas de inovação dessa natureza. Permitirá também o desenho e a implantação de estratégias para aumentar as probabilidades de sucesso, em atividades de inovação, reduzindo seus custos e limitando seus riscos. Permitirá, enfim, que tais sistemas sejam gerenciados de melhor maneira, a partir de informações e compreensão aprofundada sobre seu funcionamento e sobre como fatores de natureza individual, grupal e/ou organizacional podem alterá-lo de forma relevante.

Para que o modelo proposto seja também útil para a gestão de P&D, propõe-se que deva ser coerente com determinados atributos. Os atributos selecionados nessa proposta implicam que o modelo deve ser tal que conceitualize

seu principal objeto, “inovação tecnológica em organizações de P&D”, como um fenômeno:

- Que envolve a implementação bem-sucedida de idéias criativas, dentro de uma organização (Amabile, 1996); ou como o processo de trazer novas idéias – como as mencionadas por Amabile – para o uso produtivo (Kanter et al., 1998).
- Sistêmico, isto é, como um produto da interação entre componentes de um sistema, ou como um processo pelo qual um subsistema gera um produto inovador.
- Multinível, envolvendo variáveis de natureza individual, grupal e organizacional, e que considere tanto processos de emergência (*bottom-up*) como influências contextuais (*top-down*) (Kozlowski & Klein, 2000).
- Que pode ser mensurado, assim como podem também ser mensurados os fatores que o influenciam.
- Organizacional, que é influenciado de maneira relevante pela atividade de gestão, dentro desse sistema.
- Multideterminado, influenciado por variáveis de diversas naturezas (psicológicas, sociais, organizacionais, ou outras) que devem ser integradas para que se possa compreendê-lo de forma mais adequada e aprofundada.

Um modelo de inovação que atenda essas características se constituiria em uma mapa conceitual que possibilitaria tanto o avanço de conhecimento, integrando diversas disciplinas, como a aplicação desse conhecimento na gestão da inovação. A proposição de um modelo de inovação com essas características é o objetivo do presente trabalho.

MODELOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DE PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO

Uma tentativa de compreensão da inovação é apresentada por Gibbons et al., (1997), analisando as transformações no processo de produção de conhecimento, em várias áreas, como as ciências exatas, ciências sociais, ciências biológicas, arte e cultura. Os autores identificam as características do processo (ou *modo*, tal como o denominam) emergente de produção do

conhecimento, observado por esses autores no mundo todo, e em todas as áreas estudadas. O modo emergente é contrastado com o modo tradicional de produção do conhecimento e apresenta as seguintes características:

- Foco em uma aplicação particular e desenvolvimento no contexto dessa aplicação.
- Transdisciplinaridade⁶.
- Criação de conhecimento em sítios distintos, equipes vinculadas por redes funcionais de comunicação, definidas e alteradas conforme as necessidades.
- Responsabilidade social (*social accountability*) ao longo do processo de produção do conhecimento, desde a definição do problema, o estabelecimento de prioridades de pesquisa, até a difusão de resultados.
- Reflexividade, isto é, consideração aos pontos de vista de todos os atores envolvidos na pesquisa.
- Resultados obtidos avaliados por novos critérios, relacionados a aspectos sociais, econômicos e políticos.

O trabalho de Gibbons e seus colaboradores não apresenta o formalismo e a sistematização de outros modelos encontrados na literatura, mas conforma-se adequadamente ao conceito de modelo como uma representação da realidade, tal como empregado por Fourez (1988).

Kanter (1988) propõe um modelo mais formal para o fenômeno de inovação. Essa autora parte das etapas envolvidas no microprocesso de geração de uma inovação para derivar fatores sociais e estruturais que a facilitarão, em cada etapa. De forma bastante resumida, seu modelo pode ser sintetizado observando-se cada etapa e essas condições. De acordo com Kanter, as fases principais do processo de inovação, e seus determinantes, são:

- Geração de idéia e ativação da inovação: nessa etapa, trata-se de identificar uma oportunidade para o desenvolvimento de uma inovação e tornar a organização “consciente” dessa oportunidade. Essa etapa é

⁶ Isto é, desenvolvimento de um marco conceitual distinto, para orientar a solução de problemas, que é gerado e sustentado no contexto da aplicação; a solução é uma contribuição, em si, ao avanço do conhecimento; resultados são comunicados não a pares de uma disciplina, mas aos envolvidos na geração da solução.

facilitada por: ligações próximas com fontes de demandas (clientes e usuários); oportunidade para fertilização cruzada com indivíduos de visões divergentes sobre o mundo; incentivo organizacional à inovação; incentivo a ligações com o meio ambiente.

- Construção de coalizões: nessa etapa, o projeto específico desenhado na etapa anterior deve ser apresentado à organização, em um processo que busca convencer os participantes sobre relevância do projeto e, portanto, sobre a necessidade de suporte organizacional e política à sua execução. Trata-se de obter os três elementos essenciais ao projeto: informação (dados, conhecimento técnico, expertises); recursos (financeiros, materiais, de espaço e de tempo); e suporte organizacional (endosso, cobertura, aprovação e legitimidade). Essa etapa depende de muita comunicação aberta, para que se logre identificar adequadamente os aliados do projeto e manter seu suporte ao mesmo.
- Realização da idéia e produção da inovação: nessa fase, as idéias criativas iniciais tornam-se realidade. É facilitada por: estruturas organizacionais mais leves (por exemplo, equipes pequenas de pesquisa), manejo de interface entre a equipe e o meio ambiente, continuidade do pessoal envolvido na produção da inovação, flexibilidade para redirecionar o projeto no caso em que o planejamento se revelar inviável; equilíbrio entre autonomia e responsabilidade.
- Transferência e difusão do produto inovador desenvolvido na etapa anterior: ligações entre desenvolvedores e clientes; organização social dos clientes (se organizados, a transferência é facilitada), receptividade do ambiente institucional para com a inovação.

Amabile (1996,1988) mostra que fatores importantes para explicar a criatividade individual referem-se a características cognitivas, de personalidade, de orientação motivacional e de conhecimento. Essas características individuais interagem com processos ambientais e de influência social nos níveis grupais e organizacionais, como indicado no modelo anteriormente descrito. Características grupais, tais como coesão, tamanho, liderança e diversidade, por sua vez, influenciam tanto a criatividade individual como a grupal. Características organizacionais determinantes da criatividade, finalmente, incluem influências culturais, disponibilidade de recursos, missão e estratégia organizacional, políticas de recompensas, estrutura e tecnologia.

Nos modelos apresentados por Amabile (1996,1988), o ambiente organizacional não provê somente recursos tangíveis, para que a inovação ocorra, mas também a influenciam, diretamente, por propiciar motivação para a inovação e por suas práticas de gestão; e indiretamente, por seus efeitos sobre a criatividade de equipes e indivíduos. Nesse modelo, portanto, a gestão de inovação e a gestão de criatividade são essenciais para que se obtenha uma inovação de qualquer natureza (tecnológica ou institucional).

Amabile também relaciona as principais variáveis do seu modelo ao processo de inovação. Segundo a autora, esse processo compreende as seguintes etapas:

- Definição da agenda, estabelecida pela missão organizacional.
- Definição do cenário, onde objetivos amplos, recursos e pesquisa de mercado são definidos e realizados.
- Produção de idéias e/ou de produtos tentativos (protótipos).
- Teste de implementação de idéias, envolvendo desenvolvimento, testes de mercado, ampla consideração de idéias.
- Avaliação do resultado do processo (sucesso, fracasso, ou necessidade de maior avanço). A primeira etapa do processo – a de definição da agenda – é influenciada pela motivação para inovar; a segunda etapa, de definição do cenário, é influenciada pelas habilidades em gestão, existentes na organização; a terceira etapa, de produção de idéias, é fortemente influenciada pela criatividade individual ou de equipes; a quarta etapa, finalmente, sofre a influência dos recursos disponibilizados para a inovação e de habilidades organizacionais em gestão.

A Fig. 1 representa, esquematicamente, essas relações entre o processo de inovação e seus principais determinantes, no modelo apresentado por Amabile, em 1988.

Von Krogh et al., (2000) propõem um modelo de facilitação da produção de conhecimento. De maneira similar a Kanter e Amabile, esses autores partem dos chamados cinco passos do processo de criação de conhecimento. A partir da definição desses passos, os autores identificam os chamados

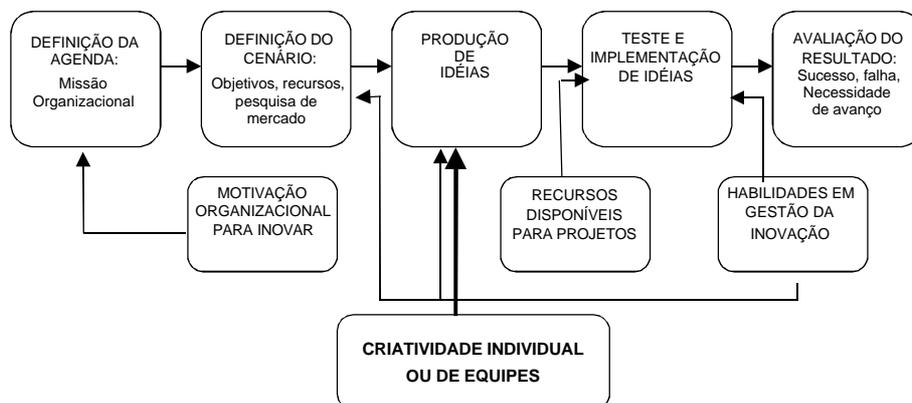


Fig. 1. Relações entre processo e determinantes de inovação.

Fonte: Amabile (1988).

facilitadores do conhecimento, similares aos fatores sociais e estruturais propostos por Kanter.

Para Von Krogh et al. (2000), o processo de criação de conhecimento inicia-se quando membros de uma equipe compartilham seu conhecimento em uma dada área (Fig. 2). Muito desse conhecimento pode ser classificado como tácito (isto é, derivado da experiência e não codificado), e pode incluir conhecimento sobre demandas, informação sobre novas tecnologias, habilidades pessoais as mais variadas, que possam ser úteis para o trabalho. Essa etapa é chamada de *compartilhamento de conhecimento tácito*.

A partir dela, a equipe cria um conceito do produto a ser desenvolvido, o qual pode assumir diversas formas (etapa de *criação de conceito*). Em seguida, a discussão sobre esse conceito deve ser levada para fora da equipe, na etapa de *justificação do conceito*, em que os membros da equipe inicial utilizam os mais variados argumentos em favor do conceito.

Se essa etapa é bem-sucedida, o conceito é apropriado pela organização, e se espera então que a equipe desenvolva um protótipo da inovação (etapa de *construção de protótipo*). Na última etapa (*compartilhamento do conhecimento gerado*), o conhecimento gerado é levado a pessoas ou grupos que podem oferecer retroalimentação sobre o mesmo.

Von Krogh et al. (2000) propõem um conjunto de cinco *facilitadores do conhecimento* que influenciam de maneira positiva – mas diferenciada – as etapas do processo de criação de conhecimento. São eles:

- Internalização de uma visão de conhecimento.
- Manejo de interação social.
- Mobilização de ativistas.
- Criação do contexto adequado.
- Globalização do conhecimento local.

A Fig. 2 resume o modelo de criação de conhecimento de Krogh et al. (2000).

Os modelos de inovação guardam relação com o processo de inovação adotado pelas organizações baseadas em conhecimento. Os vários modelos apresentam diversas etapas, desse processo, em comum. Outras etapas – tais como as de definição de agenda, definição de cenário (Amabile, 1988), construção de coalizões (Kanter, 1988) ou justificação do conceito (Von Krogh et al., 2000) e avaliação do resultado (Amabile, 1988) –, não são compartilhadas por todos os modelos e podem não ser encontradas em todas as organizações inovadoras.

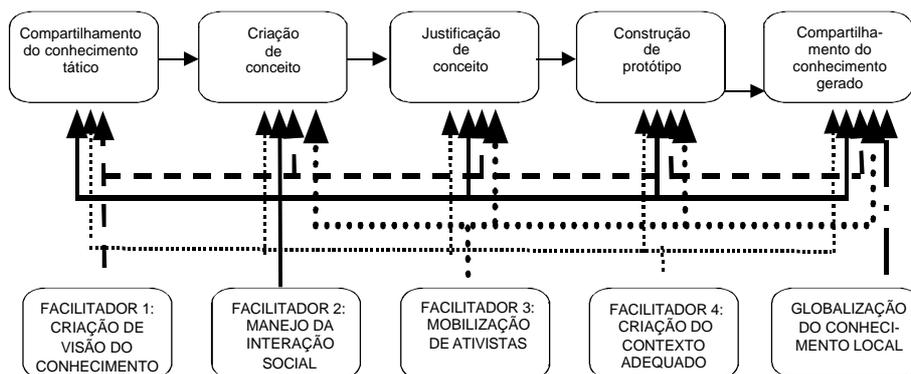


Fig. 2. Processo de criação de conhecimento e seus facilitadores, segundo Von Krogh et al., 2000. Ilustração dos autores.

Pelo menos uma das etapas incluídas nos modelos analisados descreve atividades que estão fora do processo mesmo de produção de inovação, como é o caso da definição da agenda organizacional. Essa etapa está fora do processo porque ela se constitui em condição ou restrição aplicável a *todos* os processos de uma organização, não sendo, portanto, específica em relação a nenhum processo particular, como é o caso das demais etapas incluídas nos vários modelos.

A literatura sobre gestão de P&D não propõe modelos de inovação. No entanto, toda essa literatura está baseada na premissa de que existe uma relação causal forte entre gestão e inovação, a primeira constituindo-se em determinante importante da segunda. Os autores apoiados nessa tradição têm focalizado principalmente o que se pode chamar de práticas de gestão em modelos evolutivos de gestão de P&D.

Parte dessa literatura trata dos chamados modelos de gestão de tecnologia de primeira, segunda e terceira geração. As principais características desses últimos modelos, segundo Lyianage et al., (1999), são:

- Gestão de tecnologia de primeira geração: estratégia de *science push*, objetivo de avanço do conhecimento, grande autonomia para pesquisadores, pouca ou nenhuma ênfase em seleção de projetos, horizontes de tempo indefinidos, facilidade em obtenção de recursos.
- Gestão de tecnologia de segunda geração: estratégia orientada para o mercado, projetos focados, melhores métodos de avaliação de projetos, qualidade de projeto e microgestão de projetos.
- Gestão de tecnologia de terceira geração: portfólio de projetos balanceado estrategicamente, vínculo com estratégia corporativa, parcerias, processos de integração de negócios e gestão estratégica de P&D e negócios.

Lyianage et al., (1999) propõem um modelo de gestão de tecnologia de quarta geração, em oposição a modelos de primeira, segunda e terceira geração. Esses autores consideram que esse modelo deve orientar-se por três pontos importantes: criatividade, ligação em redes e adaptação de conhecimento, mais do que sua geração. A gestão de criatividade é considerada como o insumo mais importante para gerar inovação, internamente. As ligações externas, por meio

de redes, dinamizam a criação de conhecimento e determinam o ritmo e a direção da inovação.

As características do modelo de gestão de tecnologia de quarta geração, proposto por Lyianage et al. (1999), são as seguintes: gestão estratégica do conhecimento, de sua organização e de suas fontes externas; gestão de fluxos de informação, padrões de comunicação, redes e relações, estratégias de comunicação e interação entre firmas; integração entre pesquisa, produção e inovação. Assim, a gestão de conhecimentos por meio de redes é parte essencial do modelo proposto. O modelo também focaliza a aplicação e transferência de conhecimentos por intermédio de fronteiras institucionais, preconizando que a transição de um ambiente de pesquisa para um ambiente de produção requer um processo de aprendizagem organizacional específico. Finalmente, o modelo prevê a participação de vários *grupos de interesse (stakeholders)* na pesquisa, produção, inovação e comercialização de tecnologia.

O modelo proposto nesse artigo, apresentado a seguir, integra várias das premissas e propostas desses diversos modelos de inovação, produção de conhecimento e gestão tecnológica.

O MODELO DE INOVAÇÃO PROPOSTO

Na organização de P&D em que seria aplicado o modelo, o sistema de inovação tem por objetivo a produção continuada de inovação tecnológica, com qualidade técnica e capacidade de atendimento às demandas dos clientes. Essa produção é operacionalizada por meio da execução de projetos de pesquisa, os quais transformam uma idéia criativa em um produto com atributos desejados para a solução dessas demandas.

Nesse sistema, estariam incluídos todos os projetos de pesquisa, de qualquer tipo ou perfil, realizado pela organização. Para realização dos projetos, os principais insumos são constituídos por:

- Conhecimento das equipes de pesquisa, nas várias disciplinas envolvidas na solução do problema que o projeto busca alcançar.
- Criatividade dessas equipes, seja na formulação de soluções para o problema com que lida o projeto, seja na condução metodológica do mesmo.

- Recursos materiais e financeiros específicos para o projeto.
- Conhecimento sobre demandas tecnológicas dos clientes da organização.

Um modelo de inovação deve considerar: o processo de inovação – suas etapas e suas características –, bem como as condições sociais que o influenciam. Entre essas condições, estão aquelas relacionadas à gestão da inovação. No modelo proposto, esse processo inclui algumas etapas que estão descritas em outros modelos (por exemplo, a de negociação da idéia ou conceito que deverá dar origem a um projeto), bem como etapas específicas da atividade de inovação, na organização estudada.

Cada uma das etapas do processo é influenciada, como já descrito, por diversas variáveis, algumas relacionadas à gestão do projeto em si. A inovação tecnológica, por sua vez, é também influenciada por variáveis que se poderiam considerar como originadas do *contexto* do processo de inovação tecnológica. Nesse contexto, outras variáveis de gestão, correspondendo à gestão de portfólios (por exemplo, alocação de recursos nos vários projetos e implementação da estratégia de negócios) e à gestão de pesquisa em redes, também devem ser consideradas. Essas variáveis representam as características de modelos de gestão tecnológica. Outros facilitadores de nível organizacional, tais como a motivação organizacional para inovar, a questão da interação social, a existência de ambiente adequado, estão também incluídos.

Uma representação preliminar desse modelo é apresentada na Fig. 3. Nesse modelo, características associadas às equipes de pesquisa (conhecimentos de diversas naturezas, por exemplo, ligadas ao objeto mesmo da investigação ou à gestão de projetos) e recursos (materiais e financeiros) são considerados como insumos para o processo de pesquisa e desenvolvimento.

Tais insumos, em conjunto com essa proposta inicial, desencadeiam o processo de inovação. Esse processo, por sua vez, é influenciado por práticas de gestão (projetos) e por características do contexto do sistema de inovação. Na Fig. 3, estão exemplificados a motivação para inovar que caracteriza esse contexto, práticas de gestão de portfólio de projetos e de pesquisa em rede, o clima para inovação, o alinhamento estratégico, as relações de parcerias, recursos oferecidos pelo contexto e a complexidade do problema. Esses vários fatores (e as interações entre eles) determinam a inovação tecnológica na empresa.

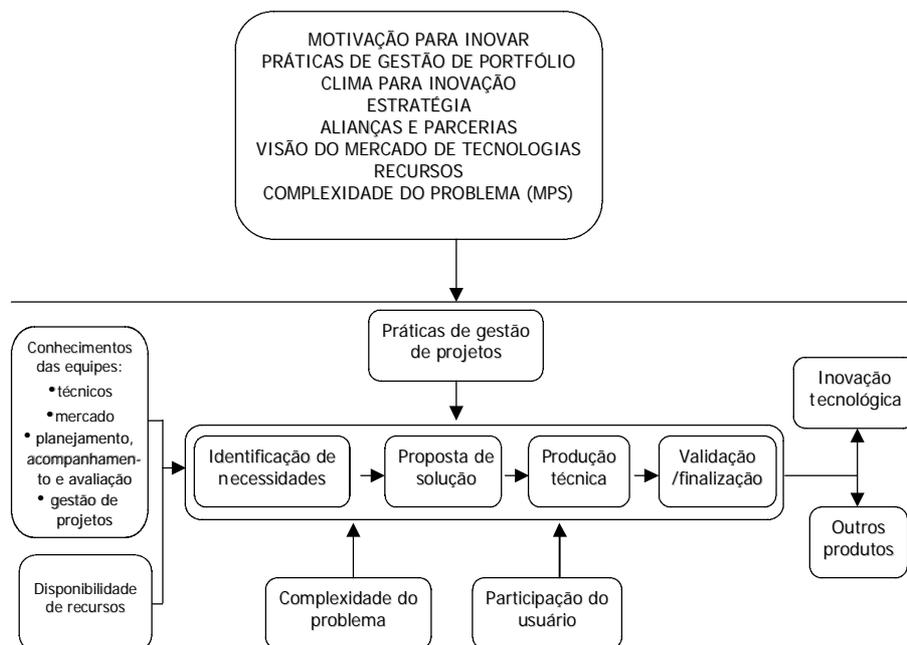


Fig. 3. Modelo proposto para inovação tecnológica em organização de P&D.

Os produtos do processo de inovação se constituem em uma inovação tecnológica pronta para integração em sistemas produtivos relacionados. No entanto, como apresentado na Fig. 3, existem outros produtos desse processo. Um desses produtos consiste em outras tecnologias ou conhecimentos, gerados ao longo do processo de inovação, mas que não se constituíam em objetivos a alcançar, inicialmente, por esse processo.

Outro produto, e não menos importante, é o conhecimento sobre gestão adquirido por equipes e gestores, o qual pode ser disseminado internamente, mesmo que de forma espontânea e não sistematizada, e depois organizado por elementos-chave das equipes. Por essa via, poderia-se garantir a aprendizagem organizacional de práticas de gestão, transformando-se o conhecimento tácito das equipes de pesquisa exitosas em conhecimento explícito (Nonaka & Takeuchi, 1999).

Esse conhecimento, geralmente não percebido como produto do processo de inovação, pode ser valioso para uma organização de pesquisa, especialmente em formas de organização de trabalho mais complexas (por exemplo, em redes) que requerem integração e coordenação sofisticadas, para serem concluídas com êxito. Essa capacidade de organização da inovação, adquirida pelas equipes, constitui-se em importante fonte de sustentabilidade institucional, em organizações de pesquisa. Esse conhecimento pode ser disseminado para outras equipes, tornando sistemática a aprendizagem organizacional. Depende em parte da codificação do conhecimento gerado (isto é, da transformação do conhecimento tácito em conhecimento explícito) e de capacidades de disseminação da equipe.

A incorporação sistemática desse conhecimento, pelos membros da organização, proporciona vantagem competitiva às equipes, na medida em que retroalimentaria positivamente o processo de P&D apresentado na Fig. 3, aumentando a base de conhecimento das equipes e sua motivação para inovar, fortalecendo as estratégias criativas bem-sucedidas.

O processo de P&D proposto neste trabalho se inicia pela identificação de uma necessidade ou de uma demanda tecnológica. Nessa etapa, os pesquisadores interessados no problema identificado começam a articular-se e a discutir uma possível proposta de solução, que será definida na segunda etapa.

Essa segunda etapa – aquela em que é apresentada uma proposta de solução para o problema de pesquisa identificado na etapa anterior – corresponde àquela em que o pesquisador ou grupo interessado na proposta (e, provavelmente, responsável por sua elaboração) vai apresentar argumentos – de modo informal e anterior à apresentação de um projeto formal – para convencer pares, gerentes e potenciais parceiros para a adequação da proposta apresentada, diante das demandas dos clientes. Também ocorre nessa etapa a divisão de trabalho e responsabilidades entre equipes, a negociação de divisão dos resultados da pesquisa (patentes, publicações, etc.), de recursos para a realização do trabalho e a escolha de lideranças para o projeto de pesquisa.

Essa etapa corresponde à de construção de coalizões (Kanter, 1988) ou de justificação do conceito (Von Krogh et al., 2000). Deve ser influenciada pela consistência entre a proposta apresentada e a visão do conhecimento existente na organização, pelo seu atendimento adequado aos ditames do método científico, pela interação adequada entre as partes envolvidas e pelo chamado clima

organizacional para inovação (ou motivação para inovar), na organização ou em suas unidades.

A terceira etapa do processo (produção técnica) corresponde à produção do protótipo. Aqui têm lugar todas as ações destinadas a transformar as idéias criativas, da proposta original, em um produto pronto para ser submetido a testes e validação. Nessa etapa, as idéias amplamente esboçadas, na proposta original, são desdobradas, sucessivamente, em outras idéias ou conceitos criativos. Dependendo da incerteza de um projeto (e do grau de conhecimento necessário para sua realização, quando de seu início), essa etapa envolve muitas reformulações no planejamento inicial, e o aporte de criatividade das equipes, na busca da superação de problemas encontrados, de criação de alternativas tecnológicas intermediárias, por exemplo, uma nova metodologia de análise e de estratégias para divisão e integração do trabalho.

Essa etapa depende bastante: em primeiro lugar, do conhecimento, motivação e criatividade das equipes; em segundo lugar, de práticas de gestão de projetos (desdobramento das tarefas, integração entre membros, coordenação de diferentes equipes, estratégias de execução das tarefas e outras práticas). Recursos (informação, equipamentos, materiais, capital) são também importantes nessa etapa.

Teste, validação e finalização do protótipo desenvolvido na etapa anterior, para verificar seu atendimento às necessidades dos clientes, são a última etapa do processo. Aqui são realizados testes de qualidade do protótipo obtido. Esses vão envolver desde análises de laboratório, do produto semi-acabado, até testes de uso direto, por uma amostragem de clientes. Nessa etapa, são determinantes: conhecimento de clientes e suas demandas, para estabelecimento de escopo dos testes; seleção dos testes apropriados; recursos, incluindo tempo, para realização dos testes indicados para cada caso; e seleção de clientes para participação no teste, quando necessário.

Finalmente, uma vez concluído, na quarta etapa, o produto tecnológico, esse deve ser entregue para transferência. Essa etapa pode variar, de acordo com as características do próprio produto desenvolvido (por exemplo, é produto patenteável ou passível de proteção?), com as características do mercado onde o produto será consumido (já existem empresas que possam comercializar o produto?), e com a capacidade de articulação local com organizações que devem entregar o produto ao consumidor final.

Todas as etapas do processo de inovação são influenciadas pela capacidade das equipes na formação de sistemas de conhecimento e informação (Salomon & Engel, 1997). Tais sistemas (de natureza freqüentemente informal) são constituídos por um conjunto conectado de atores – indivíduos, organizações, instituições e redes – que emergem espontaneamente, na busca por inovação. Esses sistemas correspondem ao que Von Krogh et al. (2000) denominam “manejo de interação social” e se desenvolvem independentemente da forma de organização do trabalho de pesquisa. Na verdade, é por meio dessas *redes* de interação social que a inovação avança, seja o projeto organizado a partir de uma equipe isolada, em uma mesma Unidade, ou a partir da cooperação de diferentes equipes, em diversos centros de investigação (pesquisa em rede).

APLICAÇÕES DO MODELO DE INOVAÇÃO PROPOSTO

O modelo proposto no presente trabalho permite estabelecer relações entre as práticas de gestão, de diversas naturezas, e em diferentes níveis de decisão, e o sucesso final, no processo de geração tecnológica. Assim, sua testagem permite o avanço do conhecimento e integração das diferentes disciplinas que aportam suas concepções e abordagens teóricas, para a compreensão do fenômeno.

Do ponto de vista de gestão, o modelo – uma vez testado e conhecidas as relações relevantes, entre inovação e gestão – permite o aperfeiçoamento das várias práticas analisadas, e sua aplicação em distintas áreas:

- Na gestão de projetos: essa forma de organização do trabalho, especialmente do trabalho de pesquisa, se constitui na sistematização organizacional – com tudo que isso implica de suporte organizacional, oferta de insumos necessários, mas também estratégias de ação e controle organizacional – para transformação de idéias em produtos. Portanto, é a forma de organização de trabalho que apóia o trabalho inovativo. A identificação de quais práticas de gerência de projetos podem ser mais influentes, na determinação do sucesso na inovação tecnológica, se constitui, sem dúvida, em peça de informação importante, para organizações de pesquisa.

- Na gestão de portfólios de projetos: segundo Cooper et al., (1997), a gestão de portfólio de projetos deve ser a questão número um em termos de desenvolvimento de novos produtos e gestão de tecnologia, na próxima década. As razões para isso são:
 - a) O esforço no desenvolvimento de novos produtos será essencial para garantir bom desempenho e sustentabilidade organizacional, na próxima década. Novos produtos, por sua vez, dependem de um bom portfólio de projetos.
 - b) O desenvolvimento de novos produtos consiste em uma manifestação da estratégia de negócios de uma organização. Com projetos “errados” em seu portfólio, uma empresa irá fracassar na implementação de sua estratégia.
 - c) A gestão de portfólio de projetos está relacionada à questão de alocação de recursos. No entanto, segundo os autores, a “estratégia começa quando se inicia a gastar dinheiro!”

A gestão de portfólios, apesar de reconhecida como importante, para organizações de P&D, ainda conta mais com prescrições bem-intencionadas do que com conhecimento sistematizado e apoiado empiricamente. De novo, esse é conhecimento valioso, do ponto de vista de organizações de pesquisa.

- Na gestão de redes de pesquisa: embora reconhecido por muitos autores como a característica mais importante de novos paradigmas de gestão tecnológica (Gottardi, 2000; Lyianage et al., 1999; Wildeman, 1998; Chiesa & Manzini, 1998), o estudo de práticas de gestão mais adequadas a essa forma de organização do trabalho encontra-se ainda em seus primórdios. Revendo essa literatura, por exemplo, Chiesa & Manzini (1998) identificam os seguintes objetos de estudo:
 - a) Identificação de principais motivações e benefícios esperados dessa forma de colaboração.
 - b) Identificação de variáveis que influenciam a escolha de uma forma específica de colaboração (alianças, licenciamento, joint-venture, aquisição, etc.). Entre as variáveis que parecem determinantes estão: o setor de atividades; as funções envolvidas; a natureza do processo de inovação.

- c) Gestão de redes tecnológicas, focalizando principais problemas e melhores práticas de gestão. Esse último é o menos investigado dos três temas.

O conhecimento sobre as relações entre práticas de gestão de redes e o sucesso na inovação tecnológica, tão importante quando as pesquisas estão voltadas para tecnologias cada vez mais complexas, é outro dos produtos de interesse, para a gestão das organizações de pesquisa, que resultará da testagem do modelo proposto.

- Na gestão de equipes de pesquisa: organizações de pesquisa contam com um insumo central à sua atividade e, portanto, à inovação tecnológica: as características e dinâmica de funcionamento de suas equipes de pesquisa. À medida que os problemas tecnológicos e suas soluções se tornam mais complexos, maiores são os requerimentos para interação e sinergia para essas equipes. Por exemplo, a interdisciplinaridade já era investigada desde a década de 80, do século 20 (Quirino & Lima, 1988), mas as equipes são agora orientadas a realizar seu trabalho sob a égide da transdisciplinaridade (Gibbons et al., 1997). Entender melhor como gerenciá-las e tomar decisões com base nesse conhecimento, portanto, é uma demanda forte e importante para essas organizações.
- Na gestão da aprendizagem organizacional: em uma organização, os participantes estão constantemente inovando e criando conhecimento sobre as formas de realizar seu trabalho. Esse conhecimento, muitas vezes valioso, não é, de modo geral, apropriado e codificado pelos indivíduos na organização, de forma a ser repassado a outros participantes, em situações semelhantes. Essa forma de aprendizagem se constitui em processo emergente, na definição de Kozlowski & Klein (2000). Pela inclusão desse tipo de fator, como um subproduto do processo de inovação tecnológica, o teste do modelo permitiria investigar variáveis relacionadas à aprendizagem organizacional e à disseminação do conhecimento na organização, fornecendo assim guias para que a apropriação e a codificação fossem conduzidas de forma planejada.

CONCLUSÕES

O modelo de inovação tecnológica em organizações de P&D, proposto neste trabalho, estará sendo testado, em uma organização de pesquisa pública, nos próximos anos. O modelo aqui proposto apresenta as seguintes vantagens:

- É passível de generalização para a situação de outras empresas de pesquisa, ao enfatizar fatores (e relações entre fatores) teóricos, derivados da literatura sobre gestão, psicologia e sociologia. Por sua vez, permite a investigação de fatores que são específicos de cada organização, especialmente no desenho do processo de inovação tecnológica.
- Atende à natureza multidimensional e multinível (indivíduos, grupos e organização) de determinação do fenômeno de inovação, considerando tanto processos de emergência (*bottom-up*) como influências contextuais (*top-down*) (Kozlowski & Klein, 2000);
- Apresenta consistência com modelos similares, presentes na literatura sobre inovação e produção de conhecimento.
- É construído de forma a permitir intervenção. Nesse sentido, inclui variáveis que podem ser contempladas em estratégias de gestão específicas.

Finalizando, os autores acreditam que as vantagens do modelo, tanto em termos de gestão como de avanço do conhecimento, dependem essencialmente:

- De sua utilização e avaliação, por meio de teste empírico.
- Do uso dos conhecimentos apoiados por esse teste, para a geração de novas hipóteses de pesquisa, e para a implementação de estratégias que aumentem a probabilidade de sucesso, na inovação tecnológica.

REFERÊNCIAS

AMABILE, T. M. A model of creativity and innovation in organizations. In: STAW, B. M.; CUMMINGS, L. L. (Ed.). **Research in organizational behavior**. Greenwich: JAI Press, 1988. v.10, p. 123-167.

AMABILE, T. **Creativity in context**. Colorado: Westview Press, 1996.

CASTRO, A. M. G. de; LIMA, S. M. V.V; CARVALHO, J. R. P. de. **Planejamento de C&T: sistemas de informação gerencial**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999.

CHIESA, V. ; MANZINI, R. Profiting from the virtual organization of technological innovation: suggestions from an empirical study. **International Journal of Technology Management**, Oregon, v. 15, n. 1/2, p. 109-123, 1998.

VOGT, C. A. Modelos e modelagens. **Revista ComCiência**, n. 29, 2002. Disponível em: <www.comciencia.br/reportagens/modelagem/mod01.htm>. Acesso em: 5 abr. 2002.

COOPER, R. G. ; EDGETT, S. J. ; KLEINSCHMIDT, E. K. Porfolio management in new product development: lessons from the leaders – II. **Research·Technology Management**, Oregon, v. 40, n. 6, p. 43-52, 1997.

FOUREZ, G. **A Construção das ciências: introdução à Filosofia e à Ética das Ciências**. São Paulo: Unesp, 1988.

GIBBONS, M. ; LIMOGES, C. ; NOWOTNY, H.; SCHWARTZMAN, S.; SCOTT, P.; TROW, M. **The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies**. London: Sage Publications, 1997.

GOTTARDI, G. Presentation: how should technology be managed in the post-Fordist era? **International Journal of Technology Management**, Oregon, v. 20, n. 1/2, p. 1-19. 2000.

JONES, J. G. W. **The use of models in agricultural and biological research**. Hurley: Grassland Research Institute, 1970.

KANTER, R. M. When a thousand flowers bloom: structural, collective, and social conditions for innovation in organization. In: STAW, B. M.; CUMMINGS, L. L. (Ed.). **Research in organizational behavior**. Greenwich: JAI Press, 1988. v.10, p.169-211.

KANTER, R. M.; KAO, J.; WIESERMA, F. **Inovação: pensamento inovador na 3M, Dupont, GE, Pfizer e Rubbermaid**. São Paulo: Negócio Ed., 1998.

KOZLOWSKI, S. W. J.; KLEIN, K. J. A multilevel approach to theory and research in organizations: contextual, temporal and emergent processes. In: KLEIN, K. J.;

KOZLOWSKI, S. W. J. (Ed.). **Multilevel theory, research and methods in organizations**: foundations, extensions and new directions. San Francisco: Jossey-Bass, 2000. p. 3-91.

Von KROGH, G.; ICHIJO, K.; NONAKA, I. **Enabling knowledge creation**. New York: Oxford University Press, 2000.

LYIANAGE, S.; GREENFIELD, P. F.; DON, R. Towards a fourth generation R&D management model: research networks in knowledge management. **International Journal of Technology Management**, Oregon, v. 18, n. 3/4, p. 372-393, 1999.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **La organización creadora de conocimiento**. México: Oxford University Press, 1999.

QUIRINO, T. R.; LIMA, S. M. V. Interdisciplinaridade, condições ambientais e organização de pesquisa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PSICOLOGIA, 17., 1988, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Psicologia de Ribeirão Preto, 1988.

SALOMON, M. L. ; ENGEL, P. G. H. **Networking for innovation**: a participatory actor-oriented methodology. Amsterdam: Royal Tropical Institute, 1997.

VRIES, F. W. T. P. de; JANSEN, D. M.; BERGE, H. F. M.; BAKEMA, A. **Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops**. Wageningen: PUDOC, 1989. 250 p.

WILDEMAN, L. Alliances and networks: the next generation. **International Journal of Technology Management**, Oregon, v. 15, n. 1/2, p. 96-108, 1998.