

Paradigmas e Trajetórias do Processo de Inovação Tecnológica em Saúde*

ROSÂNGELA CAETANO**

RESUMO

A compreensão do processo de inovação tecnológica no setor saúde é fundamental para que se possa atuar e influir no desenvolvimento de novos produtos em direções socialmente mais desejáveis. Apesar do crescente interesse nas teorias de inovação, o conhecimento dos fatores que intervêm no progresso técnico na área médica ainda é escasso.

Este artigo propõe os conceitos de paradigma tecnológico, trajetórias tecnológicas e *design* dominante como um possível arcabouço teórico-metodológico para o exame do processo de desenvolvimento tecnológico médico. Esta escolha fundamenta-se na visão de multideterminação do progresso técnico, reconhecendo as inter-relações entre vários condicionantes, como o mercado, o progresso científico e as políticas públicas.

Palavras-chave: Tecnologia médica; progresso técnico; inovação tecnológica; paradigma tecnológico; trajetória tecnológica; multideterminação.

ABSTRACT

Paradigms and Trajectories of the Technological Innovation Process in the Health Sector

It is imperative to understand the process of technological innovation in the health sector if we intend to act upon, and socially influence the development

* Este artigo é parte da dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Medicina Social/UERJ, intitulada *A Imagem em Progresso: Estudo da Trajetória Tecnológica do Tomógrafo Computadorizado*, orientada pelo professor Cid Manso de Mello Vianna.

** Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva do Instituto de Medicina Social da UERJ; Mestre em Saúde Coletiva; Médica do Núcleo de Epidemiologia do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE/UERJ).

of new products in more desirable directions. Despite the growing interest in innovation theories, knowledge of the factors that interact within the technical progress in the medical area is still scarce.

This article proposes the concepts of technological paradigm, technological trajectories and dominant design as a possible theoretical-methodological outline for examining the process of medical technology development. This choice is based on the vision of multi-determination of the technical progress, recognizing the interactions of several fields of interest, such as market, scientific progress and public policies.

Keywords: Medical technology; technical progress; technological innovation; technological paradigm; technological trajectory; multi-determination.

RÉSUMÉ

Paradigmes et Trajectoires du Processus de L'innovation Technologique dans le Secteur de la Santé

La compréhension du processus d'innovation technologique dans le secteur de la santé est fondamentale pour pouvoir actuer et influencer le développement de nouveaux produits dans des directions plus souhaitables socialement. Malgré l'intérêt croissant dans les théories de l'innovation, la connaissance des facteurs qui interviennent réciproquement dans le progrès technique du secteur médical est encore très limitée.

Cet article propose les concepts de paradigme technologique, trajectoires technologiques et dessin dominant comme un contour théorique-méthodologique possible pour l'examen du processus de développement technologique médical. Ce choix est basé sur la vision de multidétermination du progrès technique, et reconnaît les corrélations parmi plusieurs positions, comme le marché, le progrès scientifique et la politique publique.

Mots-clés: Technologie médicale; progrès technique; innovation technologique; paradigme technologique; trajectoire technologique; multidétermination.

Recebido em 9/10/98.

Aprovado em 28/10/98.

There is nothing more difficult to take in hand, more perilous to conduct, or more uncertain in its success, than to take the lead in the introduction of a new order of things, because the innovator has for enemies all those who have done well under the old conditions, and lukewarm defenders in those who may do well under the new.

Machiavelli, *The Prince*

O Processo de Inovação Tecnológica em Saúde

Os consideráveis avanços ocorridos na tecnologia médica¹, particularmente nas últimas décadas, determinaram importantes modificações no diagnóstico e na terapêutica, alterando de forma extremamente significativa a arte e a prática da medicina. A incorporação à prática e aos sistemas de cuidado à saúde de um expressivo quantitativo de inovações tecnológicas transformaram as relações entre médicos e pacientes e produziram um conjunto de efeitos extremamente variado, que inclui conseqüências em campos diversos, como o econômico, o ético, o médico-profissional e o social.

O desenvolvimento de novas tecnologias médicas, seus determinantes e os mecanismos de difusão e adoção dessas inovações no setor saúde são bastante diversificados. Múltiplos fatores (médicos *stricto sensu*, científicos, econômicos e sociais) interagem nesse processo, e a influência e os mecanismos de interação entre eles parece variar bastante entre os diferentes tipos de tecnologias médicas. Além disso, a intensidade do desenvolvimento tecnológico e seus determinantes também parecem variar significativamente entre as diversas áreas médicas (Grossman, 1993).

Inovação tecnológica em saúde representa a aplicação de novos conhecimentos, que tanto podem aparecer de forma concretamente incorporada em um artefato físico (como um equipamento, dispositivo ou medicamento), quanto podem representar “idéias”, na forma de novos procedimentos ou práticas, ou de (re)organização dos serviços.

¹ Tecnologia médica é definida pelo *Office of Technology Assessment* do Congresso americano como “os medicamentos, equipamentos e procedimentos médico-cirúrgicos usados no cuidado médico, bem como os sistemas organizacionais e de apoio mediante os quais este cuidado é dispensado” (OTA, 1978, p. 7). Esta conceituação, centrada na prestação da assistência, pode ser ampliada em relação à saúde, para abarcar o conjunto de conhecimentos utilizados (ou que podem ser utilizados), seja pelos provedores da atenção, seja pelas comunidades, para tentar resolver ou minorar os problemas de saúde e melhorar os níveis de saúde.

O processo de inovação tecnológica em saúde – isto é, o processo pelo qual desenvolvimentos da pesquisa biomédica são traduzidos em modificações na prática clínica – se inicia com a “invenção” de um novo produto, processo ou prática, e se “completa” na época de sua primeira utilização prática².

O processo entre a invenção e a utilização na prática de saúde é complexo e envolve diversos atores – profissionais de saúde, uma ampla faixa de fornecedores e consumidores, pagadores públicos e privados e indústrias – bem como diferentes situações, que vão desde fatores epidemiológicos e regulamentações, até decisões financeiras e empresariais e mercado de capitais. Todos estes podem intervir na forma e na direção com que se dá o progresso técnico na área. Além disso, esse processo de desenvolvimento tecnológico está orientado por uma determinada estrutura do saber médico, com a tecnologia em saúde sendo oferecida como uma forma de extensão desse conhecimento.

A compreensão do processo de inovação tecnológica no setor é fundamental para se avaliar as possibilidades de atuar e influir no desenvolvimento de novos produtos em direções socialmente mais desejáveis. A despeito do crescente interesse nas teorias de inovação, o conhecimento dos fatores que intervêm no progresso técnico na área da saúde são ainda escassos (Blume, 1985; Lotz, 1993; Gelijns e Pannenberg, 1993).

Um grande número de questões surge quando se começa a pensar sobre o processo de inovação e mudança técnica na área médica: por que e como a inovação tecnológica ocorre? Por que certos desenvolvimentos tecnológicos emergem, e outros não? Existe alguma regularidade no processo de geração de novas tecnologias médicas e no progresso técnico que se segue? O que “dispara” determinados tipos de inovação tecnológica? Como se dá a relação entre o vasto número de fatores econômicos, sociais, institucionais e cien-

² Na teoria econômica, a distinção entre invenção e inovação reside, basicamente, na comercialização real de um novo produto ou processo. Invenção (ou descoberta) refere-se à origem do artefato ou conceito. Assim, invenção seria uma idéia, um esboço ou um modelo de um (novo ou melhorado) equipamento, produto ou processo, não conduzindo necessariamente a uma inovação técnica. Uma inovação seria alcançada apenas com a primeira transação comercial do novo aparelho, produto ou processo (Schumpeter, 1985). A noção de comercialização, no sentido usual do termo (troca de valor, compra e venda de produtos ou serviços), pode envolver algumas dificuldades quando relacionada ao campo da saúde, porque algumas tecnologias médicas (como, por exemplo, as diversas técnicas cirúrgicas) compreendem procedimentos técnicos, nem sempre comercializados. Dessa maneira, pode-se entender o primeiro uso não-experimental no território da prática médica como um equivalente à comercialização, para a definição de inovação tecnológica na área da saúde. Embora a introdução para a prática médica marque a distinção entre invenção e inovação, isto em absoluto significa que o artefato ou processo não esteja sujeito a posteriores aprimoramentos e desenvolvimentos técnicos.

tíficos que provavelmente irão influenciar o processo inovativo no setor? Quais os efeitos e impactos que as inovações tecnológicas (ou certos tipos de inovação) produzem na organização do setor ou sobre a dinâmica competitiva da indústria³?

Na realidade, esse conjunto de indagações está longe de ser específico do processo inovativo no setor saúde. Elas são questões comuns ao processo de inovação e difusão de tecnologias de qualquer setor da economia e, por isso, o exame do arcabouço teórico dedicado ao progresso técnico pode ser de auxílio na sua compreensão⁴.

Esses questionamentos vêm sendo objeto da atenção e de tentativas de formulações teóricas por parte de muitos estudiosos há muitos anos. Os objetos de análise destes estudos são bastante diversificados e incluem, entre outros, a natureza do processo de inovação, as relações entre os insumos e produtos das atividades inovativas (isto é, as relações entre os recursos devotados às atividades de pesquisa e às taxas de geração de inovações) e as consequências do processo de inovação sobre a competição e a estrutura industrial.

Um segmento significativo dessa literatura está voltado para a natureza do processo, tentando tanto definir os elementos comuns a uma ampla faixa de invenções e/ou inovações como buscando a identificação de alguma espécie de “motor” da atividade inventiva. Ou seja, procuram compreender os fatores que conduzem (ou, contrariamente, obstaculizam) o desenvolvimento de novos produtos e novos processos de produção e os mecanismos que determinam a seleção de algumas inovações particulares em detrimento de outras. É parte deste segmento que examinaremos com mais atenção a seguir.

Uma Análise das Idéias sobre Progresso Tecnológico

Durante os anos 60 e 70, a pesquisa sobre o processo de mudança técnica tendeu a focar-se sobre inovações particulares (Coombs, 1988), concentrando-se em duas diferentes teorias, baseadas em visões polares do progresso

³ No caso da saúde, seja na dinâmica de competição interna ao próprio setor prestador de serviços, seja naquela que se processa no nível do complexo médico-industrial.

⁴ Compreender como se dá o progresso técnico na medicina é um processo que pode ser empreendido de variadas maneiras e com diferentes arcabouços teórico-metodológicos. O conjunto de formulações teóricas existentes no campo da Economia (e de várias outras ciências) sobre inovação e progresso tecnológico é bastante amplo e diversificado, fazendo-se necessário escolher uma abordagem para tal. Neste texto, fez-se uma opção pelas teorias de inovação evolucionistas, também chamadas de neoschumpeterinas. Para uma revisão da literatura sobre inovação e mudança técnica, ver Freeman (1982) e Dosi (1988a).

técnico. Uma teoria via a tecnologia como força autônoma ditando o modo de evolução econômica; outra considerava as relações e a evolução econômica como pré-condição, mais do que como resultado, do progresso tecnológico (Dosi, 1982, 1988b; Sahal, 1981). Essas teorias ficaram conhecidas pelos nomes de *technology-push* e *demand-pull*, respectivamente, e a distinção fundamental entre as duas residia no papel atribuído aos sinais do mercado em direcionar a atividade inovativa e a mudança técnica.

Nas abordagens *demand-pull*, as forças de mercado seriam o principal determinante do progresso. Haveria um “reconhecimento de necessidades” pelas unidades produtivas que tentariam preencher essa demanda através de seus esforços tecnológicos. Existiria, assim, a possibilidade de conhecimento *a priori*, isto é, antes que o processo de inovação tivesse lugar, da direção para a qual o mercado está “puxando” a atividade de inovação. Parte desse processo de sinalização se daria através de movimentos nas quantidades demandadas e nos preços relativos (Dosi, 1982).

Esta teoria concebe a tecnologia como uma “caixa preta”, com conjuntos de possibilidades tecnológicas dadas e onde as mudanças tecnológicas ocorreriam passiva e reativamente às condições de mercado. O conceito de tecnologia (e, pelo menos indiretamente, o de ciência) no qual ela se baseia é de um mecanismo versátil e responsivo, que pode ser direcionado com esforços e custos limitados para uma direção ou outra.

Porque concebe as opções técnicas (e seus resultados) como conhecidos de antemão, a escolha entre essas opções, nas abordagens *demand-pull*, se baseia em um processo de tomada de decisões que busca a maximização de alguma função objetiva conhecida. A função do mercado seria, então, basicamente alocativa: alocação “racional” de certos recursos num contexto exógeno de tecnologias fixas e livremente disponíveis (Dosi e Orsenigo, 1988).

Esta concepção não considera a incerteza que envolve o processo de inovação (Dosi, 1988a, 1988b; Dosi e Orsenigo, 1988). Não atenta para o fato de que buscar fazer novas coisas envolve a impossibilidade de conhecer, *ex ante*, o que essas novas coisas serão exatamente, quais suas propriedades técnicas e econômicas, qual a melhor maneira de fazê-las e, mesmo, quais as formas possíveis de se conseguir o resultado, se é que existem. Nem leva em conta que as possibilidades de progresso técnico são, pelo menos parcialmente, endógenas, já que avanços tecnológicos futuros dependem também de decisões alocativas presentes, complexas e freqüentemente imprevisíveis, de um conjunto de agentes heterogêneos, caracterizados por diferentes competências, crenças e expectativas. Se tais circunstâncias se aplicam – e elas

estão no próprio cerne do processo de inovação – é duvidoso que, como nos lembram Dosi e Orsenigo,

“(...) agentes econômicos possam aplicar procedimentos de maximização em suas tomadas de decisão (sejam referentes às suas alocações de recursos em atividades inovativas, seja em relação às direções da pesquisa, seja na escolha dos produtos a serem desenvolvidos, entre outros) e, mesmo, que seja eficiente tentar fazê-lo em meios que se caracterizam por complexidade, incerteza e potencial surpresa” (Dosi e Orsenigo, 1988: 18).

A teoria é incapaz, também, de explicar porque e quando certos desenvolvimentos técnicos suplantam outros. Não dá conta, por exemplo, de interpretar as rupturas tecnológicas, sejam de maior ou menor significado. Estas dizem respeito a uma faixa de “necessidades potenciais” próximas do infinito e é difícil que essas possíveis demandas possam explicar porque, em um momento definido do tempo, uma dada inovação ocorre (Dosi, 1982).

Em suma, esta abordagem, que considera o progresso técnico como determinado pela demanda, tem “dificuldade de levar em conta a complexidade, a relativa autonomia e a incerteza associadas com mudança tecnológica e inovação” (Dosi, 1982: 151).

Já as teorias *technology-push* admitem uma relação causal unilateral (ciência à tecnologia à economia), não dando importância aos fatores econômicos no direcionamento da mudança técnica. Nessa concepção unidirecional, a primeira representa uma espécie de “*deus ex machina*”, exógeno e neutro. Progresso técnico (e o avanço científico a ele relacionado) tende a ser visto como “atividade neutra”, realizada de forma totalmente independente das forças que dirigem as mudanças no meio econômico. Não admite, pois, que tanto o processo de crescimento e mudança econômica quanto variações nas proporções distributivas e nos preços relativos possam afetar as atividades inovativas. Nem que os custos e a complexidade das atividades de pesquisa e desenvolvimento dos tempos atuais façam, do processo inovativo, um mecanismo de concorrência e uma questão de investimento e planejamento a longo prazo para as firmas. Enfim, não leva em conta que os fatores econômicos possam intervir na taxa e direção do progresso técnico⁵.

⁵ Na realidade, essa concepção também não considera que a ligação entre ciência e tecnologia pode caminhar no sentido oposto. Assim, por exemplo, o desenvolvimento de vários instrumentos científicos tem exercido um grande impacto no progresso científico subsequente.

Ambas as teorias falham em perceber que existe uma estrutura complexa de *feedbacks* entre o meio econômico e as direções da mudança técnica, em que a tecnologia tanto modela o ambiente econômico como é modelada por este (Sahal, 1985); em que um não é determinante isolado do outro, mas que se condicionam entre si.

A partir do final dos anos 70, ocorreu uma “(...) modificação no debate e uma mudança na percepção sobre a natureza e o significado dos imperativos do desenvolvimento tecnológico” (Vianna, 1993). Essa mudança esteve associada a um desvio na unidade de observação de inovações particulares para uma visão mais ampla do desenvolvimento das tecnologias. Cresce a convicção de que inovações não devem ser consideradas isoladamente, mas devem ser entendidas em termos de uma estrutura tecnológica em evolução (Coombs, 1988).

Os Paradigmas Tecnológicos e suas Trajetórias

Retomando o pressuposto schumpeteriano de que a geração e difusão de inovações tecnológicas são o elemento indutor por excelência da criação e transformação das estruturas de mercado, alguns estudos buscaram identificar as características da tecnologia que a tornavam fator de mudança econômica estrutural.

De uma forma geral, inovação tecnológica envolve a solução de problemas, reunindo ao mesmo tempo algum custo e exigência de comercialização. Nenhum algoritmo geral pode ser derivado da informação disponível sobre o problema que gere automaticamente sua “solução”, de maneira que uma solução “nova” para um certo problema envolve quase sempre descoberta e criação.

A solução da maioria dos problemas tecnológicos implica o uso de vários tipos de conhecimentos. Ela envolve tanto o uso de informação derivada do conhecimento formal (como o conhecimento científico direto ou aquele relacionado a princípios aplicativos pervasivos) e de experiências prévias; e, também, capacidades específicas e não codificadas da parte dos “inventores”. Alguns autores (Dosi, 1982; Nelson e Winter, 1982; Winter, 1884) usam o termo “base de conhecimento” para o conjunto de informações, conhecimentos e capacidades a que os inventores recorrem quando buscam uma solução inovativa. Essa base de conhecimento possui elementos que são públicos, universais e bem articulados. Mas também se compõe de outros que são privados, específicos de uma determinada forma de “fazer uma

coisa” e tácitos (no sentido de que são mal definidos, não codificados, não publicados, não podendo ser inteiramente transmitidos numa forma explícita e decorrendo principalmente do aprendizado com a prática).

Esse conjunto de aspectos é essencial para se conceituar tecnologia e para se compreender como os avanços tecnológicos acontecem. Tecnologia passa a ser vista como um conjunto de conhecimentos, tanto diretamente práticos quanto teóricos, não mais livremente disponíveis de todo. Nas palavras de Dosi:

“Podemos definir tecnologia como um conjunto de partes do conhecimento, tanto diretamente ‘práticos’ (relacionados a problemas e artefatos concretos) quanto ‘teóricos’ (praticamente aplicáveis, embora não necessariamente já aplicados), *know-how*, métodos, procedimentos, experiências de sucesso e fracasso e, também, dispositivos e equipamentos físicos. Os artefatos físicos existentes incorporam – por assim dizer – os sucessos no desenvolvimento da tecnologia em uma atividade solucionadora de problemas definida. Ao mesmo tempo, a parte ‘desincorporada’ da tecnologia consiste de perícias particulares, experiência de tentativas e soluções tecnológicas prévias, juntamente com o conhecimento e as realizações do ‘estado-da-arte’” (Dosi, 1982: 151-2).

Porque parte desse conhecimento é privado (podendo estar protegido por segredo ou patentes, por exemplo) e tácito (derivado e dependente de habilidades e experiências particulares), ele se distribui desigualmente e, portanto, as “chances” de determinados agentes (sejam indivíduos, firmas ou países) produzirem inovações são diferenciadas e subordinadas, entre outras coisas, às suas capacidades internas e à sua “história” tecnológica prévia. Dessa maneira, o processo de mudança técnica tende a ser seletivo, cumulativo e tanto tecnologia-específico como firma-específico⁶.

Em decorrência do exposto, tecnologia inclui a percepção de um conjunto limitado de possíveis alternativas de desenvolvimentos futuros. A própria “natureza” da tecnologia determinaria a faixa dentro da qual produtos e processos poderiam ajustar-se às condições econômicas mutantes e às possíveis direções do progresso técnico. Por conseguinte, cada tecnologia – ou grupo de tecnologias afins – traria, incorporada em si, não só um conjunto

⁶ Tecnologia-específica porque as direções da mudança técnica são freqüentemente definidas pelo estado-da-arte das tecnologias já em uso, e porque a natureza da própria tecnologia delimita a faixa dentro da qual produtos e processos podem se ajustar a mudanças nas condições econômicas. Firma-específica porque a probabilidade de avanço tecnológico de uma firma (ou, de uma forma ampliada, de um país) é função, entre outras coisas, do nível tecnológico já atingido por ela (ele) (Dosi, 1988b).

de conhecimentos “práticos”, relacionados ao próprio equipamento, mas um modelo de indagação e de solução de problemas.

Giovanni Dosi, um dos autores que se dedicou a tentar pensar em uma teoria geral de inovação, percebendo a similaridade existente – em termos de definição e procedimentos – entre esta forma de ver tecnologia e os atributos da ciência – tais como sugerido pelo debate sobre a epistemologia nos anos 70 – defende que, à semelhança dos paradigmas ou programas de pesquisa científicos, existiriam também “paradigmas tecnológicos”⁷.

Esses paradigmas (ou programas de pesquisa) tecnológicos incorporariam uma determinada perspectiva, um “olhar” que mapeia os problemas relevantes, determinando modelos e desenhos de pesquisa e padrões de solução dos problemas, que definiriam contextualmente as necessidades que precisam ser preenchidas, os princípios científicos utilizados para a tarefa e a tecnologia material a ser utilizada. Ou, como diz Dosi:

“Um paradigma tecnológico pode ser definido como um ‘modelo’ de solução de problemas tecnoeconômicos selecionados baseados em princípios altamente seletivos derivados das ciências naturais, juntamente com regras específicas voltadas para a aquisição de novos conhecimentos e para a salvaguarda, sempre que possível, de sua rápida difusão entre os competidores” (Dosi, 1988a: 1.127).

Visto dessa forma, um paradigma tecnológico tanto é um artefato, com características técnicas e econômicas que podem ser desenvolvidas e melhoradas, como um conjunto de heurísticas que definem as oportunidades tecnológicas de posteriores inovações e alguns procedimentos básicos sobre como explorá-las.

Segundo Dosi, “uma implicação desta visão paradigmática do conhecimento tecnológico é que as atividades inovativas seriam fortemente seletivas, direcionadas e cumulativas na aquisição de capacidades e instrumentos de resolver problemas” (Dosi, 1988a: 1.128). Da mesma forma que um paradigma científico determina o campo de investigação, os problemas, procedimentos e tarefas, o mesmo faria o paradigma tecnológico nesta definição⁸. Assim, os procedimentos, as competências e as heurísticas seriam es-

⁷ Dosi tinha em mente a noção de ciência surgida no debate sobre epistemologia que se instalou a partir da obra de Thomas Kuhn, no início da década de 70.

⁸ Nessa analogia, “ciência” e “tecnologia” não equivalem a uma identidade: o conhecimento tecnológico é muito menos articulado que o científico; em grande parte não está escrito, mas está explícito na “experiência”, em ferramentas, etc. O próprio Dosi alerta que a idéia de paradigma tecnológico deve ser tomada como uma aproximação, adequada a alguns casos e menos apropriada em outros.

pecíficas para cada paradigma tecnológico, que envolveriam uma “tecnologia de mudança técnica” específica. Ou seja, cada paradigma definiria seu “progresso”, sua “trajetória” de evolução técnica⁹.

Observando-se o desenvolvimento das tecnologias, pode-se reconhecer que existem modelos relativamente ordenados de inovações, caminhos do desenvolvimento tecnológico que são resultado de cada padrão de atividade solucionadora de problemas, ou seja, de cada paradigma tecnológico. Existiria, enfim, o que Dosi conceitua como trajetórias tecnológicas:

“Uma trajetória tecnológica, isto é, uma atividade solucionadora de problemas ‘normal’, determinada por um paradigma, pode ser representada pelo movimento de *trade-offs* multidimensionais entre as variáveis tecnológicas que o paradigma define como relevantes. Progresso pode ser definido como o aperfeiçoamento desses *trade-offs*” (Dosi, 1982: 154).

Esses resultados concretos das mudanças nas características tecnoeconômicas dos artefatos, em função de seus usos nos sistemas socioeconômicos, incorporam um conjunto de heurísticas positivas e negativas, que prescreve sobre as direções que a mudança técnica deve seguir e aquelas que deve evitar.

Conceitos, semelhantes ou relacionados, foram desenvolvidos por outros autores (Rosenberg, 1976; Nelson e Winter, 1977; Sahal, 1981, 1985; Utterback e Abernathy, 1975; Utterback e Suárez, 1993) e parecem ser bastante úteis para a compreensão do processo de inovação tecnológica e seus determinantes, bem como das relações entre inovação e competição.

Sahal (1981, 1985) sugere que o maior impulso para a inovação residiria em desequilíbrios entre as dimensões técnicas dos produtos. Ele vê a mudança tecnológica como relacionada a melhorias em alguns atributos de *performance* dos artefatos. A partir de evidências de que o desenvolvimento tecnológico conduz a certos modelos que permanecem relativamente inalterados em seus aspectos fundamentais, por longos períodos de tempo, e que são capazes de direcionar os caminhos a serem seguidos pelos desenvolvimentos mais incrementais, ele cria o conceito de *technological guide-*

⁹ “[...] uma trajetória tecnológica é um conjunto de possíveis direções tecnológicas cujos limites externos são definidos pela natureza do próprio paradigma” (Dosi, 1982: 154).

*post*¹⁰. Um “guia tecnológico” seria um artefato básico cujas características técnicas e econômicas são progressivamente melhoradas e que guiaria o curso dos desenvolvimentos subsequentes, com os avanços técnicos ocorrendo de maneira sistemática naquilo que o autor chama de *innovation avenues*.

Ambos os conceitos, de trajetória tecnológica ou de “avenidas de inovação”, são muito próximos da noção de “trajetória natural”¹¹, desenvolvida por Nelson e Winter (1977), na medida em que essas várias conceituações incorporam simultaneamente elementos tecnológicos e econômicos, cujas dimensões definem, a cada passo, o *trade-off* relevante a ser focalizado pela pesquisa tecnológica e, conseqüentemente, a direção a ser tomada pelo progresso técnico.

No período inicial de desenvolvimento de uma tecnologia, existe incerteza tanto sobre as alternativas técnicas possíveis quanto sobre as necessidades e preferências dos consumidores. A indústria busca satisfazer as diferentes demandas dos usuários, ainda não de todo claras, mediante uma variedade de produtos e *designs* do equipamento diversos. Um grande número de inovações sucede-se rapidamente. À medida que o desenvolvimento prossegue, tende a ocorrer uma interação entre a lógica interna de solução de problemas, presente numa dada tecnologia, e a evolução das necessidades de seus consumidores, conduzindo ao estabelecimento de um certo modelo de *design* prevalente. A diversidade tecnológica começa, a partir daí, a dar lugar à padronização (Utterback e Abernathy, 1975; Clark, 1985).

Esse modelo de *design*, que passa a impor uma estrutura hierárquica na evolução da tecnologia, é o que Utterback e Suárez chamam de *design* dominante:

“Um *design* dominante geralmente toma a forma de um novo produto (ou conjunto de características), sintetizado a partir de inovações tecnológicas individuais introduzidas independentemente em variantes de produtos prévios.

¹⁰ “Aparentemente, o processo de inovação numa variedade ampla de campos é governado por um sistema comum de evolução. Tipicamente, o processo de desenvolvimento tecnológico dentro de qualquer campo conduz à formação de um certo modelo de *design*. Este modelo, por sua vez, guia os passos subsequentes no processo de desenvolvimento tecnológico. Assim, inovações geralmente dependem de modificações ponto-a-ponto de um padrão de *design* essencialmente invariante. Este *design* básico é, na sua essência, um guia tecnológico que mapeia o curso da atividade inovadora” (Sahal, 1985: 71).

¹¹ “(...) existem fortes heurísticas internas que se aplicam quando uma tecnologia progride em certa direção, e recompensas em se avançar naquela direção existem sob uma ampla faixa de condições de demanda. Inovações têm certa lógica interna [...] avanços parecem suceder-se de uma forma aparentemente inevitável e certamente não sintonizada com as mudanças nas condições de demanda e de custo” (Nelson e Winter, 1977: 56-57).

Um *design* dominante tem o efeito de reforçar ou encorajar a padronização, permitindo que a produção e outras economias complementares possam ser buscadas. Então, competição efetiva começa a ocorrer com base no custo, escala e *performance* do produto” (Utterback e Suárez, 1993: 1).

Designs dominantes tendem a refletir uma consolidação dos padrões da indústria, funcionando como guias para posteriores mudanças no produto ou processo e alterando o caráter da inovação e competição na indústria (Utterback e Abernathy, 1975). Eles reduzem a incerteza relacionada à atividade inovativa, tornando as expectativas tecnológicas e de mercado mais seguras.

O processo de melhoria e avanço técnico, em grande parte endogenamente determinado, envolve o desenvolvimento de competências e domínios específicos. Rosenberg (1976) sublinha a importância dos diversos problemas, oportunidades e objetivos em se focar o processo de pesquisa em direções particulares. Esses “mecanismos focalizadores” ajudariam a explicar o porquê da emergência de certos paradigmas tecnológicos em relação a outras possibilidades alternativas.

A emergência de novos paradigmas não estaria apenas na dependência de novas oportunidades oferecidas pelos desenvolvimentos científicos e/ou de dificuldades crescentes em se progredir ao longo de uma trajetória tecnológica já estabelecida. A simples existência de dificuldades ou problemas não resolvidos com um “velho” paradigma, ou a disponibilidade de conhecimento científico relevante relacionado não implica, necessariamente, o aparecimento de um novo paradigma.

Diversos fatores – econômicos, sociais e institucionais – atuariam como mecanismos seletores dentro de um amplo conjunto de possibilidades de desenvolvimento permitido pela ciência, definindo o(s) caminho(s) a ser(em) seguido(s) (Nelson e Winter, 1977). Poderiam ser citados, dentre esses critérios selecionadores, que auxiliariam na escolha entre paradigmas (e trajetórias) tecnológicos alternativos: a capacidade de poupar trabalho e custos (via mecanização e exploração de economias de escala) e as possibilidades de lucratividade diferencial (através de lucros provenientes do período em que uma firma detém o “monopólio” sobre uma dada inovação, ou aqueles advindos da abertura de novos mercados e/ou ampliação ou manutenção da posição já ocupada por uma empresa no mercado). Da mesma forma, outros fatores – os interesses econômicos das organizações de pesquisa e desenvolvimento envolvidas, a “história” tecnológica prévia das firmas e seus campos

de experiência, os efeitos das políticas governamentais (provendo suporte financeiro ou garantindo mercados, por exemplo) – também teriam atuação nesse processo de seleção inicial.

No final da seqüência lógica que vai da ciência à produção, quando a inovação transformada em produto começa a ser comercializada, o mercado novamente operaria seletivamente, escolhendo entre uma faixa de produtos já determinados pelos padrões tecnológicos escolhidos no lado da oferta. Ou seja, validando ou não uma inovação realizada, através de sua implementação prática e eventual difusão no mercado e/ou entre empresas concorrentes.

Visto dessa maneira, o “ambiente de seleção” que envolve uma inovação tem o mercado como um de seus mecanismos centrais, mas não exclusivo. Como afirma Dosi:

“(...) fatores econômicos, mais gerais que simples trocas de mercado, tais como a busca por lucros diferenciais ou a tendência aparente para a mecanização, que são traços estruturais de nossos sistemas econômicos, operam como mecanismos seletivos (‘focalizadores’) *ex ante*. Por outro lado, o mercado opera como um ambiente de seleção *ex post*” (Dosi, 1981: 10).

Além disso, outros ambientes selecionadores, como as agências públicas e os mecanismos regulatórios, também podem interferir grandemente. Mais: as decisões de investimento das firmas incluem em seus “cálculos” não apenas os sinais provenientes do mercado, mas consideram ainda investimentos e acúmulos prévios (aí incluídos desde estoques de capital já investidos até o acervo de conhecimentos adquiridos), e a possibilidade de manter, pelo maior tempo possível, seus ganhos em relação às firmas concorrentes.

Esta concepção de progresso técnico centrada em paradigmas e trajetórias tecnológicas é bastante útil para explicar o papel da continuidade *versus* descontinuidade na mudança técnica. Inovações incrementais e radicais¹² podem ser reinterpretadas em termos de progresso técnico “normal”¹³, em oposição a novos paradigmas tecnológicos emergentes. Ela permite, também,

¹²Utilizando os conceitos de Schumpeter (1985), inovações radicais representariam descontinuidades maiores no processo de desenvolvimento tecnológico, tendo um impacto destruidor sobre o sistema produtivo e estando relacionadas, portanto, com a abertura de novos caminhos a serem percorridos numa trajetória. Já inovações incrementais seriam resultado de melhorias sucessivas nos produtos e processos, através de mudanças na qualidade, na produtividade, na eficiência técnica ou nos custos, não tendo o potencial de desequilíbrio ou de abertura de novos mercados.

¹³A noção de normal aqui é análoga à de Kuhn. Assim, por progresso técnico “normal” entende-se as inovações e aperfeiçoamentos, maiores ou menores, ao longo de uma trajetória tecnológica já definida.

responder pelo fenômeno freqüentemente observado da cumulatividade dos avanços tecnológicos (dentro de uma trajetória estabelecida).

A conceitualização de tecnologias e mudanças tecnológicas baseadas em paradigmas ou “guias” tecnológicos contribui, ainda, para resolver o longo debate na literatura acerca da importância do desenvolvimento tecnológico determinado pela demanda ou pela tecnologia.

Fatores relacionados ao meio econômico, como demanda e preços relativos, são instrumentos que ajudam a modelar tanto as taxas de progresso técnico como a precisa trajetória do avanço, dentro do conjunto, limitado, permitido por dado paradigma. Eles servem, também, como um dos critérios de seleção entre novos paradigmas potenciais. Na verdade, esse processo de seleção inicial – que faz com que apenas alguns, do amplo *pool* de paradigmas potenciais produzidos pelo progresso científico geral, sejam realmente desenvolvidos e economicamente aplicados – depende de algo mais que apenas a influência de fatores econômicos. Dosi (1988a) considera que intervêm nesse processo de seleção: (a) a natureza e os interesses das “instituições-ponte” entre a pesquisa pura e as aplicações econômicas; (b) fatores institucionais *stricto sensu*, tais como agências públicas; (c) mecanismos de exploração de novas tecnologias na base da “tentativa-erro”, freqüentemente associados a empresários “schumpeterianos”; e (d) critérios de seleção de mercado e/ou exigências tecnoeconômicas dos primeiros usuários.

Por outro lado, o conhecimento científico desempenha um papel fundamental na abertura de novas possibilidades de avanços tecnológicos maiores e, com freqüência, a fonte de paradigmas inteiramente novos tem sua origem em avanços fundamentais na ciência e na tecnologia a ela relacionada. Além disso, cada corpo de conhecimentos, experiências, princípios físicos e químicos selecionados – isto é, cada paradigma – determina tanto as oportunidades de progresso técnico como as fronteiras dentro das quais o meio pode exercer sua influência.

Inovação Tecnológica como Fator de Mudança Econômica

A inovação tecnológica pode influenciar atores econômicos de diversas formas e é essa variedade que dá origem às diferentes visões sobre o significado do progresso na tecnologia. Isso acontece porque as inovações possuem uma série de características, no que se refere à sua dimensão econômica (Dosi, 1981, 1984, 1988b), que são cruciais para que o progresso tecnológico possa ser fator de mudança econômica estrutural, induzindo à

(e sendo afetado pela) transformação das estruturas industriais e de mercado.

A primeira dessas características está relacionada com a oportunidade de introdução de avanços tecnológicos relevantes e rentáveis. Um dado paradigma tecnológico determina, juntamente com as dimensões através das quais pode ser definido seu progresso¹⁴, o escopo (ou, dito de outra maneira, o “potencial”) para futuras inovações e aperfeiçoamentos, bem como a facilidade para consegui-las. Essa oportunidade será variável conforme a natureza de cada paradigma, o grau em que ele se beneficia do progresso no conhecimento científico que lhe serve de base ou de outros novos avanços tecnológicos relacionados, assim como sua fase de “maturidade”¹⁵. Oportunidades paradigma-específicas são um dos fatores que determinam diferenças nas taxas de inovação entre os vários setores industriais.

A cumulatividade inerente aos padrões de inovação e à capacidade das firmas em inovar é outra dessas características. Como já discutido, avanço tecnológico não é um processo randômico, mas detém um caráter de acúmulo, que varia entre diferentes tecnologias e entre diferentes indústrias¹⁶. Esse padrão cumulativo de progresso técnico implica que a capacidade de inovar (e/ou a velocidade de imitação) está relacionada com o estoque disponível prévio de conhecimentos e experiências e, por conseguinte, com a posição (ou nível tecnológico) inicial ocupada por uma firma. Dessa maneira, a possibilidade de “aproveitar” uma dada oportunidade tecnológica será variável entre um conjunto de companhias concorrentes.

Finalmente, uma terceira dimensão importante diz respeito aos incentivos para inovar. Em economias capitalistas, firmas empreenderão atividades inovativas se estas envolverem alguma expectativa de retorno econômico¹⁷. Para qualquer percepção de oportunidade tecnológica, os benefícios econômicos conseguidos por uma firma inovadora (ou uma imitadora precoce)

¹⁴ Usando, como exemplo, o tomógrafo computadorizado, “progresso” pode ser definido em termos de *trade-offs* entre custos, velocidade de aquisição de dados, tempo de reconstrução da imagem, dose de radiação envolvida, possibilidades de opções de imagem, etc.

¹⁵ Assim, as ligações entre avanços científicos e oportunidades técnicas tendem a ser mais diretas num estágio precoce de emergência de novos paradigmas tecnológicos (Dosi, 1988b).

¹⁶ “Mudança técnica não ocorre randomicamente por dois motivos. Primeiro, as direções da mudança técnica são comumente definidas pelo ‘estado-da-arte’ das tecnologias já em uso. Segundo, freqüentemente, a probabilidade de as firmas e organizações fazerem avanços tecnológicos é função, entre outras coisas, dos níveis tecnológicos já atingidos pelas mesmas” (Dosi, 1981: 9).

¹⁷ Ou, o que é basicamente a mesma coisa, se a ausência de tais atividades trouxerem a ameaça de perda de alguns dos benefícios econômicos presentes.

estão relacionados com o grau de apropriabilidade privada dos frutos do progresso técnico¹⁸.

A apropriabilidade privada relaciona-se bastante estreitamente com a cumulatividade no nível da firma. A capacidade de uma firma explorar o potencial de uma dada trajetória tecnológica e de apropriar-se dos benefícios econômicos daí advindos é função do acúmulo passado de experiências, conhecimentos e *know-how* que ela possui, e que se diferencia das outras firmas concorrentes no mercado. Se essa capacidade inovativa está grandemente correlacionada, ao longo do tempo, dentro de uma dada firma, os benefícios econômicos advindos das inovações provavelmente irão se reproduzir, conferindo vantagens competitivas àquelas firmas recorrentemente inovadoras.

Oportunidade tecnológica e apropriabilidade privada também representam condições estreitamente interligadas para a atividade inovativa dentro de economias de mercado. Embora oportunidade tecnológica possa ser considerada uma condição necessária à inovação, ela nem sempre é suficiente. É a possibilidade de apropriar privadamente que definirá o grau de compromisso das firmas com a atividade inovativa, para qualquer nível de “oportunidade”¹⁹.

São os elementos acima que

“(…) respondem pela criação e eventual ampliação de vantagens competitivas que reproduzem, no seio da cadeia produtiva, as assimetrias técnico-econômicas tão cruciais, naquele mesmo enfoque [schumpeteriano], pela geração de impulsos dinâmicos na estrutura econômica” (Possas, s/d: 22).

Embora todas as inovações tecnológicas imponham mudanças de alguma espécie e alterem o equilíbrio estabelecido, seus efeitos no meio econômico e seu potencial impacto sobre a dinâmica competitiva numa certa indústria são variados e não necessariamente “destrutivos”.

¹⁸ Por apropriabilidade entende-se “aquelas propriedades do conhecimento tecnológico e dos artefatos técnicos, dos mercados e do ambiente legal, que permitem as inovações e as protegem, em graus variados e enquanto elemento de vantagem econômica, com ... a imitação pelos competidores” (Dosi, 1988a: 1.139). Poderiam ser citados como mecanismos que permitem a apropriabilidade desses benefícios econômicos: patentes, segredo industrial, liderança no tempo, custos e tempo necessário para conseguir uma imitação, efeitos da curva de aprendizado, esforços especiais de vendas e serviços e economias de escala. A importância desses diversos mecanismos e as condições de apropriabilidade serão variáveis entre as diferentes tecnologias e indústrias.

¹⁹ Independentemente das características de uma nova tecnologia, se uma inovação puder ser imitada (“apropriada”) em pouco tempo, isto não dá qualquer vantagem competitiva a longo prazo para as firmas inovadoras. Isto responde pelos vários exemplos em que, a despeito da existência de significativas oportunidades, os esforços inovativos, por parte das firmas de uma dada indústria, são pequenos ou ausentes.

A capacidade de promover desequilíbrios variará significativamente entre inovações radicais e incrementais. As primeiras têm a capacidade de promover rupturas no sistema tecnoeconômico, enquanto as últimas (isto é, aquelas que incorporam pequenas diferenças nas características técnicas, na qualidade, na produtividade, na eficiência técnica e/ou nos custos) são o resultado do conjunto de melhorias sucessivas a que estão submetidas todas as tecnologias com o uso, não implicando necessariamente o aparecimento de novos produtos / processos ou a exploração de novos mercados.

Mesmo entre as inovações radicais, existem diferenças no grau de singularidade e na capacidade de produzir desequilíbrio dentro de um mercado (Vianna, 1994). Algumas inovações radicais estão relacionadas com o surgimento de novas opções ou caminhos a serem percorridos numa trajetória, sendo chamadas de genótípicas. Já outras inovações radicais representam a exploração do potencial definido anteriormente, correspondendo ao aparecimento de novos *designs* no interior de uma trajetória específica. Seriam as inovações radicais fenotípicas.

O significado de uma inovação para a competição dependerá de sua “capacidade de influenciar os recursos, habilidades e conhecimentos existentes” (Abernathy e Clark, 1985)²⁰. Inovações podem conservar ou intensificar a competência²¹ estabelecida das firmas, “aumentando as barreiras à entrada de novos competidores, reduzindo a ameaça de produtos substitutos e tornando as tecnologias competidoras (e, talvez, as firmas que as produzem) menos atraentes” (*idem*: 6). Dessa maneira, elas reforçam a ordem existente, consolidando as posições ocupadas. Mas inovações podem também, ao invés de reforçar e fortalecer, romper e destruir competências²². Podem mudar uma tecnologia, de produto ou de processo, de tal maneira que imponham requerimentos que os

²⁰ Abernathy e Clark chamam a essa capacidade de influenciar os sistemas de produção e *marketing* de “*transilience*”: “[...] o significado competitivo de uma inovação depende de como ela afeta o valor e a aplicabilidade da competência estabelecida, isto é, sua ‘*transilience*’” (Abernathy e Clark, 1985: 7).

²¹ O termo competência é usado neste texto com um sentido genérico, que inclui perícia, habilidades, conhecimentos, bem como recursos, patentes, etc.

²² Esses dois tipos de inovações, que tanto podem ser de produto quanto de processo, são denominados por Tushman e Anderson de descontinuidades tecnológicas “*competence-destroying*” e “*competence-enhancing*”. As primeiras representariam avanços técnicos que requerem novos conhecimentos e perícias, alterando significativamente o conjunto de competências relevantes dentro de uma determinada classe de produtos, ou representando uma nova forma de fazer um dado produto. Elas tendem, com frequência, a ser iniciadas por firmas novas numa indústria e a abrir o mercado a novos entrantes não constrangidos por tecnologias prévias e inércia organizacional. Já o segundo tipo de inovações inclui avanços que se baseiam nas habilidades e *know-how* existentes, reforçando a ordem técnica estabelecida e tendendo a consolidar a posição das empresas líderes já presentes na indústria (Tushman e Anderson, 1986).

recursos, habilidades e conhecimentos existentes não possam satisfazer. Seu efeito é então o de reduzir o valor da competência existente e, em casos extremos, torná-la obsoleta, estando associadas a alterações significativas na estrutura do mercado e da indústria (Tushman e Anderson, 1986).

Inovações tecnológicas são, então, fonte de oportunidade (e de ameaça) para as firmas. Elas oferecem a possibilidade de vantagens competitivas para as empresas que se dispõem a correr os riscos inerentes à incerteza das atividades inovativas. Aquelas firmas que reconhecem e aproveitam a oportunidade apresentada pelos avanços ganham as vantagens dos primeiros “pioneiros”. As que não adotam precocemente as inovações ou, pior, aumentam seus investimentos em tecnologias “ultrapassadas”, arriscam-se a perder mercado e até a falir, na medida em que as condições do meio mudem muito intensamente após a introdução de uma dada inovação.

Dessa forma, graus diferenciados de sucesso na inovação (e imitação) continuamente induzem a assimetrias entre as firmas e são um fator primordial na mudança da estrutura e das fatias de mercado. Isto é verdadeiro, embora de maneiras diferentes, tanto nas fases iniciais do desenvolvimento de uma tecnologia quanto quando a mesma já está madura e bem estabelecida (Achilladellis *et al.*, 1990; Utterback e Suárez, 1993).

Na fase de emergência de um novo paradigma tecnológico, a síntese de uma inovação por uma ou poucas firmas resulta numa situação de monopólio temporário e de preços e margem de lucros altos. O mercado premia, com a liderança nos lucros e tecnológica, aquelas firmas inovativas que primeiro reconhecem e exploram as oportunidades tecnológicas²³, isto é, aquelas que foram capazes e se dispuseram a empreender projetos de pesquisa de risco que redundaram em produtos ou processos bem-sucedidos do ponto de vista comercial.

O sucesso de mercado estimula tanto uma elevação da curva de demanda quanto a exploração das oportunidades oferecidas por aquela trajetória tecnológica. À medida que a demanda cresce e fica mais evidente o conjunto de possibilidades potenciais (técnicas e comerciais) de exploração do paradigma, ocorre um grande fluxo de “novas”²⁴ firmas entrando no mercado em expansão. É um período de crescimento de inovações relacionadas, com o surgimento de variadas versões experimentais do produto (ou processo).

²³ Os “empresários inovadores”, na terminologia schumpeteriana.

²⁴ “Novas” firmas incluem tanto empresas novas, no sentido de recém-criadas, quanto companhias já existentes que se movem de uma base tecnológica ou mercado estabelecidos para uma nova área de produtos.

As várias alternativas tecnológicas e seus produtores competem, intensamente, em busca do retorno econômico decorrente da situação temporária de vantagem diferencial obtida por aquelas firmas com maior capacidade inovativa (e/ou imitativa).

À medida que o paradigma tecnológico vai “amadurecendo”, um *design* dominante tende a emergir como síntese da experimentação tecnológica prévia. O progresso técnico começa a ocorrer ao longo de uma trajetória mais estabelecida. Grandes avanços técnicos tornam-se menos freqüentes e os efeitos da cumulatividade e da apropriabilidade privada começam a se fazer sentir, desviando a ênfase competitiva a favor daquelas firmas que foram capazes de desenvolver e/ou acumular maiores habilidades internas e, portanto, melhores condições para aproveitar as oportunidades de desenvolvimento, abertas pelo referido paradigma.

Finalmente, à medida que o progresso técnico se torna mais lento e os produtos e técnicas de produção tornam-se padronizados, as barreiras à entrada aumentam e os preços dos produtos e custos de produção tendem a cair. A ênfase competitiva se desvia da “inovação de produto predominantemente empreendedora para desenvolvimentos de processo, escalas de produção, técnicas de gerenciamento da produção e elaboração de programas de pesquisa voltados para mudanças incrementais planejadas” (Utterback e Suárez, 1993: 17), favorecendo principalmente as firmas maiores. O mercado tende a concentrar-se em poucas grandes firmas que produzem produtos padronizados ou levemente diferenciados, com vendas e frações do mercado relativamente estáveis. Esse período de estabilidade costuma se manter até que uma outra grande descontinuidade tecnológica surja e inicie um novo ciclo.

Nesse contexto, as trajetórias tecnológicas poderiam ser classificadas em progressivas e degenerativas. Nas primeiras, não existe ainda um padrão de *design* amplamente aceito e/ou o número de inovações radicais é elevado, com várias firmas tentando produtos próprios ou diferentes, como uma estratégia para entrar ou ganhar espaço num mercado altamente competitivo. Nas trajetórias degenerativas, o ritmo de renovação de inovações radicais está sensivelmente reduzido, predominando as inovações de caráter incremental, com a competição tecnológica ocorrendo via exploração das capacidades intensivas dos processos de produção e na qual a diferenciação – muitas vezes subjetiva – dos produtos e seu *marketing* desempenham papel importante²⁵.

²⁵ Para mais detalhes sobre essa categorização e sua importância para o delineamento de políticas tecnológicas específicas, ver Vianna (1994, 1996).

As várias alternativas tecnológicas e seus produtores competem, intensamente, em busca do retorno econômico decorrente da situação temporária de vantagem diferencial obtida por aquelas firmas com maior capacidade inovativa (e/ou imitativa).

À medida que o paradigma tecnológico vai “amadurecendo”, um *design* dominante tende a emergir como síntese da experimentação tecnológica prévia. O progresso técnico começa a ocorrer ao longo de uma trajetória mais estabelecida. Grandes avanços técnicos tornam-se menos frequentes e os efeitos da cumulatividade e da apropriabilidade privada começam a se fazer sentir, desviando a ênfase competitiva a favor daquelas firmas que foram capazes de desenvolver e/ou acumular maiores habilidades internas e, portanto, melhores condições para aproveitar as oportunidades de desenvolvimento, abertas pelo referido paradigma.

Finalmente, à medida que o progresso técnico se torna mais lento e os produtos e técnicas de produção tornam-se padronizados, as barreiras à entrada aumentam e os preços dos produtos e custos de produção tendem a cair. A ênfase competitiva se desvia da “inovação de produto predominantemente empreendedora para desenvolvimentos de processo, escalas de produção, técnicas de gerenciamento da produção e elaboração de programas de pesquisa voltados para mudanças incrementais planejadas” (Utterback e Suárez, 1993: 17), favorecendo principalmente as firmas maiores. O mercado tende a concentrar-se em poucas grandes firmas que produzem produtos padronizados ou levemente diferenciados, com vendas e frações do mercado relativamente estáveis. Esse período de estabilidade costuma se manter até que uma outra grande descontinuidade tecnológica surja e inicie um novo ciclo.

Nesse contexto, as trajetórias tecnológicas poderiam ser classificadas em progressivas e degenerativas. Nas primeiras, não existe ainda um padrão de *design* amplamente aceito e/ou o número de inovações radicais é elevado, com várias firmas tentando produtos próprios ou diferentes, como uma estratégia para entrar ou ganhar espaço num mercado altamente competitivo. Nas trajetórias degenerativas, o ritmo de renovação de inovações radicais está sensivelmente reduzido, predominando as inovações de caráter incremental, com a competição tecnológica ocorrendo via exploração das capacidades intensivas dos processos de produção e na qual a diferenciação – muitas vezes subjetiva – dos produtos e seu *marketing* desempenham papel importante²⁵.

²⁵ Para mais detalhes sobre essa categorização e sua importância para o delineamento de políticas tecnológicas específicas, ver Vianna (1994, 1996).

Esta dinâmica é uma parte crucial do processo de transformação industrial induzida pela inovação tecnológica. Estruturas de mercado e progresso técnico estão intimamente correlacionados. Por um lado, uma determinada estrutura de mercado é função da “*innovativeness*”, das oportunidades tecnológicas e do grau de apropriabilidade passados. Por outro, embora o progresso técnico tenda a seguir trajetórias definidas por conjuntos específicos de conhecimentos e experiências, o processo de geração e difusão de inovações é, pelo menos em grande parte, endogenamente conduzido pelo processo competitivo entre as firmas pertencentes a um dado mercado.

A observação do processo de desenvolvimento tecnológico no campo da saúde, em especial aquele presente no setor de equipamentos médicos, permite a identificação de modelos relativamente ordenados de inovações, caminhos de desenvolvimento que caracterizam trajetórias tecnológicas relativamente bem definidas. Alguns estudos empíricos realizados (Caetano, 1996; Erickson, 1993; Gelinjs e Pannenberg, 1993) também parecem confirmar que, pelo menos para algumas tecnologias, é possível reconstruir retrospectivamente esses caminhos. Mais: essas trajetórias foram, geralmente, resultado de um *trade-off* dinâmico entre diferentes condicionantes – com as diversas estratégias e mecanismos de competição industrial do setor produtor de fármacos e equipamentos médicos; os vários tipos de políticas governamentais voltadas tanto para o incentivo e fomento dessas indústrias quanto dirigidas à regulação e controle da adoção de tecnologias de alto custo; e à organização da oferta e uso dessas tecnologias nos sistemas de saúde – assumindo papel destacado.

Dessa maneira, a utilização dos conceitos de paradigma tecnológico, trajetória tecnológica e *design* dominante – que consideram a multideterminação do desenvolvimento tecnológico, reconhecendo a inter-relação entre os determinantes do mercado e do processo científico, e a conexão dinâmica entre o progresso técnico e estrutura industrial – parece ser um referencial teórico útil no estudo do processo de inovação tecnológica no campo da saúde.

Referências Bibliográficas

- ABERNATHY, W.J. e CLARK, K.B. Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction. *Research Policy*, v. 14, p. 3-22, 1985.
- ACHILLADELIS, B.; SCHWARZKOPF, A.; CINES, M. The Dynamics of Technological Innovation: The Case of the Chemical Industry. *Research Policy*, v. 19, p. 1-34, 1990.
- BLUME, S.S. The Significance of Technological Change in Medicine: An Introduction. *Research Policy*, v. 14, p. 173-177, 1985.
- CAETANO, R. *A Imagem em Progresso: Estudo da Trajetória Tecnológica do Tomógrafo Computadorizado*. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1996. 174 p.
- CLARK, K.B. The Interaction of Design Hierarchies and Market Concepts in Technological Evolution. *Research Policy*, v. 14, p. 235-251, 1985.
- COOMBS, R. Technological Opportunities and Industrial Organisation. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (eds.). *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publishers, 1988. p. 294-307.
- COOPER, C. Are Innovation Studies on Industrialised Economies Relevant to Technology Policy in Developing Countries? Nova York: United Nations University / Institute for New Technologies, 1991. 29 p. (Working Paper, 3).
- DOSI, G. Technology, Industrial Structures and International Economic Performance: An Assessment of the State of the Art and some Suggestions for Future Study. *Organization for Economic Co-operation and Development*. Paris: Directorate for Science, Technology and Industry, 1982. 58 p. (mimeo).
- . Technological Paradigms and Technological Trajectories. A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change. *Research Policy*, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982.
- . Technical Change and Industrial Transformation: The Patterns of Industrial Dynamics. In: DOSI, G. *Technical Change and Industrial Transformation: The Patterns of Industrial Dynamics*. Londres: Macmillan, 1984. p. 86-148.
- . Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, v. XXVI, p. 1.120-1.171, 1988a.
- . The Nature of the Innovative Process. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (eds.). *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publishers, 1988b. p. 221-238.
- DOSI, G e ORSENIGO, L. Coordination and Transformation: An Overview of Structures, Behaviours and Change in Evolutionary Environments. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (eds.). *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publishers, 1988. p. 13-37.

- ERICKSON, T.J. Managing the Integration of Technologies: Development of the Immunoassay. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, v. 9, n. 3, p. 162-166, 1993.
- FREEMAN, C. *The Economics of Industrial Innovations*. Cambridge: M.I.T. Press, 1982. 253 p.
- GELINJS, A.C. e PANNENBORG, C.O The Development of Contraceptive Technology: Case Studies of Incentives and Disincentives to Innovation. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, v. 9, n. 2, p. 210-232, 1993.
- GROSSMAN, J.H. Health Care Technology Transfer: An Introduction. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, v. 9, n. 2, p. 157-161, 1993.
- GUIMARÃES, R. e VIANNA, C.M.M. Ciência e Tecnologia em Saúde. Tendências Mundiais. Diagnóstico Global e Estado da Arte no Brasil. In: I CONFERÊNCIA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE. *Anais...* Brasília, 1994. p. 1- 202.
- KUHN, T. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1990.
- LOTZ, P. Demand as a Driving Force in Medical Innovations. *International Journal of Technological Assessment in Health Care*, v. 9, n. 2, p. 174-188, 1993.
- NELSON, R.R. e WINTER, S.G. In Search of Useful Theory of Innovation. *Research Policy*, v. 6, p. 36-76, 1977.
- . *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: The Berknap Press, 1982.
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, U.S. CONGRESS. *Assessing the Efficacy and Safety of Medical Technologies*. Washington, D.C.: Government Printing Office, GPO n. 052-003-00593-0, 1978, 108 p.
- POSSAS, M.L. *Em Direção a um Paradigma Microeconômico: A Abordagem Neo-Schumpeteriana*. São Paulo, s/d. 35 p. (mimeo).
- ROSENBERG, N. *Perspective on Technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. p. 108-125.
- SAHAL, D. Alternative Conceptions of Technology. *Research Policy*, v. 10, p. 2-24, 1981.
- . Technological Guideposts and Innovation Avenues. *Research Policy*, v. 14, p. 61-82, 1985.
- SCHUMPETER, J.A. *Teoria do Desenvolvimento Econômico: Uma Investigação sobre Lucros, Capital, Crédito, Juro e o Ciclo Econômico*. São Paulo: Nova Cultural, 1985. 168 p.
- TEECE, D.J. Profiting from Technological Innovation: Implications for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy. *Research Policy*, v. 15, p. 285-305, 1986.
- TUSHMAN, M.L. e ANDERSON, P. Technological Discontinuities and Organizational Environments. *Administrative Science Quarterly*, v. 31, p. 439-465, 1986.

UTTERBACK, J.M. e ABERNATHY, W.J. A Dynamic Model of Product and Process Innovation. *Omega*, v. 3, n. 6, p. 639-656, 1975.

UTTERBACK, J.M.; ABERNATHY, W.J.; SUARÉZ, F.F. Innovation, Competition and Industry Structure. *Research Policy*, v. 22, p. 1-21, 1993.

VIANNA, C.M.M. *O Legado de Prometeu: Alguns Prolegômenos sobre Tecnologia e Qualificação em Saúde*. Rio de Janeiro: IMS/UERJ, 1993. 20 p. (Série *Estudos em Saúde Coletiva*, 49).

———. *Dinâmica e Política Tecnológica: Uma Abordagem Microeconômica*. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia Industrial da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994. 255 p.

———. *Dependência Tecnológica: Uma Proposta de Interpretação*. Rio de Janeiro, UERJ/IMS, 1996, 25 p. (Série *Estudos em Saúde Coletiva*, 123).

WINTER, S.G. Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes. *Journal of Economic Behavior and Organization*, v. 5, p. 287-320, 1984.