

## **Dos paradigmas científicos aos tecnológicos: considerações sobre o uso de uma analogia**

Fabrcio Monteiro Neves<sup>1</sup>  
Hlio Afonso de Aguiar Filho<sup>2</sup>

**Resumo:** A noção de paradigmas tecnol3gicos de Giovanni Dosi constitui uma ferramenta te3rica de grande utilidade para o entendimento da relaça3o entre tecnologia, ci4ncia e sistema econ4mico. Esse instrumental foi desenvolvido a partir da analogia com a noça3o de paradigmas cient3ficos de Thomas Kuhn e seus usos na filosofia da ci4ncia. O objetivo do presente trabalho 4 destacar e analisar uma dificuldade espec3fica na construça3o dessa analogia, qual seja, conceber os paradigmas tecnol3gicos como fen3menos comunit3rios. Sugere-se, por conseguinte, que tal problema n3o inviabiliza a formulaça3o te3rica de Dosi, podendo esta ser complementada pela perspectiva mais geral da Sociologia da Construça3o Social da Tecnologia.

**Palavras-chave:** Paradigmas Cient3ficos. Paradigmas Tecnol3gicos. Giovanni Dosi. Thomas Kuhn. Fen3menos Comunit3rios. Revoluç3es Cient3ficas.

**From scientific paradigms to technological paradigms:** considerations on the use of an analogy

**Abstract:** The notion of technological paradigms of Giovanni Dosi represents on a very useful theoretical tool for understanding the relationship between technology, science and economic system. This instrument was developed from the analogy with the notion of scientific paradigms by Thomas Kuhn and its uses in philosophy of science. The aim of this paper is to highlight and analyze a specific difficulty in building this analogy, namely, designing technological paradigms such as community phenomena. We suggested therefore that this problem does not invalidate the theoretical formulation of Dosi, which may be complemented by a broader perspective of Sociology of the Social Construction of Technology.

**Keywords:** Scientific Paradigms. Technological Paradigms. Giovanni Dosi. Thomas Kuhn; Phenomena Community. Scientific Revolutions.

**Classificaça3o JEL:** B31; B41; O33

### **Introduça3o**

A import3ncia do artigo de Giovanni Dosi, *Technological Paradigms and Technological Trajectories*, publicado em 1982, est3, juntamente com as cr3ticas que tece 3 teoria econ4mica convencional e a compreens3o est3tica dessa do processo de mudança t3cnica, em propiciar um instrumental te3rico de grande utilidade para o entendimento das principais forças que movem o progresso t3cnico, bem como suas distintas direç3es. Esse instrumental 4 desenvolvido a partir da analogia com um conceito tomado da filosofia da ci4ncia e seus usos por Thomas Kuhn: a noça3o de paradigmas cient3ficos.

Um problema decorrente do uso de analogias em ci4ncia foi salientado por Bachelard (1978) e diz respeito 3 necessidade de vigil3ncia epistemol3gica permanente, j3 que tal uso, entre 3reas teoricamente incomensur3veis, pode conduzir ao exagero anal3tico e perda de rigor. Por isso, a construça3o te3rica de Dosi, apesar dos avanços que representa nos estudos sobre tecnologia, suscita

---

<sup>1</sup> \* Doutor em Sociologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Professor adjunto da Universidade de Bras3lia e do Programa de P3s-Graduaça3o em Ci4ncias Sociais da Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: fabriciomneves@gmail.com.br

<sup>2</sup> \* Doutor em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Professor adjunto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: haaf73@yahoo.com.br

também questões quanto à própria possibilidade dessa analogia, por tratar de áreas que se ocupam com distintas dimensões da realidade. Deste modo, levantamos nesse artigo uma dúvida quanto à possibilidade dos paradigmas tecnológicos de Dosi serem tratados analiticamente como fenômenos comunitários, tal qual na análise de Kuhn, para quem os diversos membros do paradigma científico compartilham significados, expectativas e práticas. Segue, portanto, como objetivo para o presente trabalho, analisar comparativamente os dois conceitos de “paradigma”, destacando tal dificuldade diante da perspectiva mais ampla da Sociologia da Construção Social da Tecnologia.

Uma justificativa para o presente trabalho advém da própria importância que ganharam os estudos do papel da tecnologia e da ciência para a configuração dos sistemas econômicos. Dentro deste quadro, uma análise do trabalho de Giovanni Dosi guarda por si grande significância, por se tratar de um escrito pioneiro e que se faz sempre atual. Seu pioneirismo está em ter sido o fundador de um arcabouço teórico paradigmático no campo da ciência, da tecnologia e sua interface com a economia. Sua atualidade está em permitir entender os diversos processos envolvendo a interação complexa entre tecnologia e a dinâmica dos sistemas econômicos. Sabe-se, em consequência, que o olhar crítico sobre esses escritos fundamentais é a própria forma das ciências sociais se fazer (GIDDENS, 2009). Outra justificativa é de ordem epistemológica e diz respeito à necessidade de uma observação conceitual atenta na luta contra as analogias, imagens e metáforas empregadas na construção do conhecimento científico, pois, como salientado por Bachelard (1978), estas podem provocar fuga de ideias e impedir que a curiosidade homogênea faça a paciência seguir uma sequência de fatos bem definida. A última justificativa é de ordem normativa. A consequência da falta de acuidade conceitual, pelos usos de analogias, pode ser limitar a observação do fenômeno de inovação tecnológica bem como as informações que vão nortear as políticas públicas de ciência e tecnologia e as decisões de investimento das empresas. Portanto, novos *insights* e novos caminhos podem surgir da crítica, não somente para a compreensão, mas para a consecução de políticas de desenvolvimento científico e tecnológico que terão impacto sobre a competitividade e o desenvolvimento econômico das distintas nações e regiões.

O presente trabalho está dividido em três seções. Na primeira, apresenta-se o conceito fundamental de paradigmas científicos de Kuhn e a forma pela qual o autor observa a evolução da ciência; na segunda seção aborda-se a noção de paradigmas tecnológicos comparativamente à noção de paradigmas científicos de Kuhn. Na terceira seção, trata-se especificamente da questão dos paradigmas tecnológicos como fenômenos comunitários, de onde se apontam as limitações do uso da analogia por Dosi, bem como a perspectiva da Sociologia da Construção Social da Tecnologia.

## 1. Thomas Kuhn e os paradigmas científicos

Thomas Kuhn em seu livro “A Estrutura das Revoluções Científicas”, publicado em 1962<sup>3</sup>, coloca-se em oposição a certa visão simplista e linear a respeito do progresso da ciência. É comum se acreditar que o conhecimento científico evolui tanto extensivamente, com a incorporação de procedimentos cada vez sofisticados, quanto pelo aprofundamento, com novas técnicas e maior sistematicidade da linguagem interpretativa. Em oposição, o que o autor propõe é que a evolução das ciências ocorre por meio de saltos descontínuos denominados “revoluções científicas”.

A ciência, na perspectiva kuhniana, opera antes no seio de uma perspectiva de mundo. Esta norteia a forma pela qual os fenômenos são vistos bem como os critérios usados pelos cientistas para entendê-los<sup>4</sup>. Para compreender a estabilidade e a mudança das teorias, Kuhn usa o conceito de “paradigma científico”. Este diz respeito aos elementos partilhados pelos integrantes da comunidade e que dão caráter “não-problemático” à comunicação entre cientistas (Kuhn, 1995). Um paradigma é essencial para a investigação em ciência, esta prescinde de algum corpo implícito de crenças interligadas, teórica e metodologicamente, facilitando a seleção de fatos, a avaliação e a crítica.

<sup>3</sup> Para o presente trabalho usou-se a versão em português da edição de 1970.

<sup>4</sup> Esta ficou conhecida como a perspectiva *theory-landen*, ou seja, há a determinação dos fatos pela teoria, pela perspectiva de mundo adotada (HESS, 1997).

Na fase de estabilidade, ou pré-revolucionária, denominada pelo autor de “ciência normal”, os principais problemas que surgem são: i) determinar um fato significativo; ii) combinar os fatos com a teoria e; iii) articular uma teoria. Deve-se entender também que os problemas surgidos neste momento já estão limitados pela extensão e precisão do paradigma. Dito de outra forma, os problemas e soluções encontradas já estão contidos no paradigma adotado. Isto não quer dizer que não haja progresso e resultados inesperados, mas o que há é, sobretudo, maior coordenação dos fatos conhecidos. Quando se diz “ciência normal” quer-se dizer que a pesquisa está firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas, algumas conquistas que determinada comunidade científica reconhece por um tempo como fornecedoras das bases conceituais para futuras práticas. Segundo o próprio Kuhn (1995),

[...] o sucesso de um paradigma (...) é, em grande parte, uma promessa de sucesso que pode ser descoberta em exemplos selecionados e ainda incompletos. A ciência normal consiste na atualização dessa promessa, atualização que se obtém ampliando-se o conhecimento daqueles fatos que o paradigma apresenta como particularmente relevantes, aumentando-se a correlação entre esses fatos e as previsões do paradigma e articulando-se ainda mais o próprio paradigma (KUHN, 1995, p. 44).

Apesar de se constituir em um “exemplar” para a prática da ciência normal, a explicação dada pelo paradigma não abrange a totalidade dos fenômenos. Surgem anomalias não cobertas pelo escopo paradigmático, que se acumulam suscitando novas explicações, isto pode levar, e geralmente leva, à crise do paradigma vigente. O momento de superação de um paradigma por outro ou, de “revoluções científicas”, marca o aparecimento de novos fenômenos, onde conhecimentos antigos são abandonados e se operam mudanças radicais na prática científica e na visão de mundo compartilhada (KUHN, 1995; 2006).

O novo paradigma rompe com as práticas científicas anteriores introduzindo novas regras dentro de um universo linguístico diferente. No caso da linguagem, a mudança revolucionária que é promovida diz respeito não apenas aos “critérios pelos quais os termos se ligam à natureza, mas também, por extensão, (ao) conjunto de objetos ou situações a que esses termos se ligam” (KUHN, 2006, p. 42). A revolução científica é, portanto, um episódio não cumulativo de desenvolvimento em que um velho paradigma é substituído, no todo ou em parte, por sua incompatibilidade com um novo. Reside aqui a tese da incomensurabilidade de Kuhn (2006, p. 49), se “duas teorias devem estar enunciadas em linguagem mutuamente intraduzíveis (...) então não é possível compará-las, e nenhum argumento evidencial pode ser relevante para a escolha entre duas”.

Estas revoluções são algo análogo às revoluções políticas, em que as instituições antigas perdem a funcionalidade para resolver problemas colocados pelo novo ambiente social. As pessoas passam a demandar propostas concretas para a reconstrução da sociedade em um novo quadro institucional. Antigos fatos científicos só muito raramente vão ser incorporados ao novo paradigma, assim como as regras antigas em relação ao novo quadro institucional promovida pela revolução política. Se não fosse assim, o desenvolvimento científico seria cumulativo, e na visão de Kuhn não é isso que ocorre. Como visto, os novos paradigmas surgem como mudanças destrutivas nas crenças sobre a natureza.

Kuhn elabora alguns critérios que geralmente orientam a escolha entre teorias rivais. O primeiro é a precisão de previsão; o segundo critério é o do equilíbrio entre assuntos esotéricos e os cotidianos; o terceiro é o número de problemas diferentes resolvidos; o quarto é a simplicidade; o quinto o escopo e, finalmente; compatibilidade com outras áreas do conhecimento. No entanto, para o autor, parece não haver, conforme assinala Chalmers (1997), critério mais elevado do que o assentimento da comunidade científica.

A visão de Thomas Kuhn afronta, portanto, as teses mais convencionais sobre a forma de se fazer ciência e seus caminhos. Alguns de seus intérpretes, como Barnes (1982), afirmam que Kuhn, inclusive, levanta objeções quanto à possibilidade de se avaliar o progresso científico de forma

objetiva. Em primeiro lugar porque não se acessa a realidade sem a mediação de paradigmas científicos, visões de mundo e de teorias. Segundo, porque a própria teoria é um instrumento que visa produzir previsões, não tendo qualquer compromisso com a verdade.

Para mais bem entender as dificuldades inerentes a construção teórica de Dosi, apresentou-se nesta seção a perspectiva de Kuhn, para quem o paradigma científico é constituído por um conjunto de artefatos e em um referencial heurístico que permitem mapear os problemas relevantes para os pesquisadores.

## 2. Paradigmas científicos e tecnológicos: digressões sobre uma analogia

As tentativas de explicação da dinâmica entre avanço tecnológico, sua implementação e difusão no processo de evolução econômica e organizacional é o objetivo principal da explicação evolucionária<sup>5</sup>. Como afirma Dosi (2006, p.17), “o relacionamento entre crescimento econômico e mudança, de um lado, e progresso técnico de outra é evidente e um fato bem reconhecido no pensamento econômico”. Quais são então os elementos envolvidos na mudança tecnológica? Como a tecnologia participa do processo econômico e vice-versa? Por que algumas tecnologias são selecionadas e outras abandonadas? Para estas perguntas, a teoria evolucionária formulou uma série de respostas que teve impacto na compreensão da natureza da ciência e da tecnologia, na política pública de Ciência e Tecnologia (C & T) e na própria economia.

A contribuição de Dosi para os estudos sobre a tecnologia e sua importância na dinâmica econômica foi apresentada por meio do seu conceito de “paradigmas tecnológicos”, o qual recorre obviamente a seu conceito co-irmão, derivado da epistemologia das ciências de Kuhn (1995). A construção de Dosi permite entender a evolução tecnológica como algo altamente seletivo, direcionado e cumulativo na aquisição de capacidades e instrumentos de resolver problemas. Existiriam em consequência, caminhos tecnológicos, modelos altamente definidos a que se pode denominar de “trajetórias tecnológicas”. Essas trajetórias prescrevem os caminhos a serem seguidos ou evitados pela mudança técnica.

Mas, enquanto Kuhn (1995; 2006) enfatiza a dinâmica de reprodução e dissolução de determinados paradigmas científicos na história da ciência, Dosi (2006) busca exatamente definir a gênese e a dinâmica de determinado padrão de conhecimento tecnológico<sup>6</sup>. A ideia de paradigma em Kuhn pode ser definida, segundo Bloor (1991, p.57), como “uma parte exemplar do trabalho científico que cria uma tradição de pesquisa em alguma área especializada da atividade científica”. Envolve, fundamentalmente, fornecer um guia para o método e experimentação, uma base concreta de procedimentos científicos que permite ademais um ponto de vista sobre a solução de quebra-cabeças importantes, tal a forma que a ciência se apresenta em seu processo “normal”, uma rotina convergente de pesquisa, consensual. Nesse estágio do processo paradigmático, os conflitos são

<sup>5</sup> A discussão sobre o papel da mudança técnica no processo de desenvolvimento econômico vem de longa data na ciência econômica e opõe dois grupos. De um lado situam-se aqueles teóricos vinculados à teoria neoclássica, ressaltando a tendência ao equilíbrio dos mercados e o mecanismo de preços como principal instrumento da concorrência entre as empresas. De outro, encontram-se aqueles de postura mais heterodoxa, seguindo principalmente a tradição neo-schumpeteriana e evolucionária, o destaque destes é para a inovação tecnológica como “principal determinante dos saltos de produtividade que vêm caracterizando o desenvolvimento do sistema econômico, e atribuem à ação das empresas privadas, em sua busca por lucro, a função de principal agente propulsor dessa inovação” (SICSÚ; ROSENTHAL, 2006, p. 10). Os autores afiliados às correntes heterodoxas questionam também as duas concepções vigentes sobre o progresso técnico. A primeira conhecida por *demand-pull theories* confia às forças do mercado a determinação do progresso técnico bem como sua forma e natureza específica; a segunda, conhecida como *technology-push theories*, credita à autonomia relativa dos conhecimentos científicos e ao empreendedorismo da busca de aplicações práticas as inovações na atividade produtiva. A tradição neo-schumpeteriana e evolucionária argumenta, por sua vez, que estas posturas radicalizadas em torno da oferta de tecnologia ou demanda do mercado são insatisfatórias e reducionistas para compreender os complexos mecanismos de *feedback* que se verificam atualmente entre economia, ciência e tecnologia.

<sup>6</sup> Interessante notar que ambos, Kuhn e Dosi, pertencem, em relação a suas específicas áreas, a setores não ortodoxos de pensamento. Ambos compartilham de pressupostos “heréticos” no interior de suas disciplinas. Enquanto Kuhn se enveredou por uma disputa contra o *establishment* do positivismo lógico, Dosi se debruçou nas discussões neoclássicas que concebe a tecnologia e a inovação como elementos exógenos ao modelo econômico.

arrefecidos e a confiança naquele conjunto de regras práticas é reforçada em cada experimento. A crise sucede exatamente dessa perda de confiança que advém de uma anomalia, uma falha paradigmática na resolução do quebra-cabeça. A comunidade então busca novos modelos, isto representa um período de extrema competição. Como destacado na seção anterior, Kuhn trata deste período como ciência revolucionária, a qual se encerrará com a aceitação do novo modelo paradigmático.

Nota-se acima um modelo que envolve consenso e competição, normalidade e crise, desvio e regra. Dosi (2006) tentará adaptar esses elementos à explicação da dinâmica econômica, tendo no conceito de “paradigma tecnológico” o elemento-chave. Esses são definidos como um padrão de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseado em princípios derivados das ciências naturais e em tecnologias<sup>7</sup> materiais selecionadas (DOSI, 2006). Portanto, o que se destaca é a seleção como operação própria da prática tecnológica, de seu processo e desenvolvimento. Neste sentido, quando há invenções físicas incorporadas, o empreendimento de desenvolvimento de tecnologia se resume às atividades de resolução de problemas, ou quebra-cabeça tecnológico, cuja solução já se encontra selecionada no padrão tecnológico adotado. Em resumo, é uma determinada maneira de solucionar problemas em função do conhecimento e materiais conhecidos.

As analogias buscadas por Dosi no modelo de Kuhn continuam na definição das “trajetórias tecnológicas”, que são relacionadas, no modelo desse último, ao período denominado “ciência normal”. No caso da tecnologia, estas trajetórias são padrões normais, paradigmáticos, de resolução de problemas tecnológicos<sup>8</sup>. Esses padrões já têm definidos, devido à sua história, caminhos a evitar e outros a perseguir. Nesse ponto reside a orientação para o processo de seleção de soluções, conhecimentos e materiais a se levar em conta. Portanto, existe um caminho conceitual circular evidente, do paradigma tecnológico à trajetória tecnológica, e vice-versa. Ademais, sendo este processo de soluções dependente do caminho anterior seguido (*path-dependence*), tal processo cristaliza expectativas em relação às possibilidades factíveis, obscurecendo outras, limitando a racionalidade. Assim, um paradigma tecnológico apresenta uma sistematicidade que relaciona cada elemento que o compõe, desde o conhecimento básico empregado, até o padrão de seleção reproduzido. Para identificar tais paradigmas, Dosi (2006,) faz referência

[...] aos objetivos genéricos aos quais é aplicado (por exemplo, amplificar e ligar sinais elétricos), à tecnologia material que ele seleciona (por exemplo, semicondutores e, mais especificamente, silicóne), às propriedades químico/física que ele explora (por exemplo, o “efeito transistor” e o “efeito campo” de materiais semicondutores), às dimensões técnicas e econômicas e os *trade-offs* que ele identifica (por exemplo, densidade dos circuitos, velocidade, imunidade a barulho, dispersão, faixa de frequência, custo por unidade etc.). Uma vez dadas estas dimensões tecnológicas e econômicas, é também possível conceber, falando de maneira ampla, uma ideia de “progresso” como uma melhoria dos intercâmbios relacionados àquelas dimensões (DOSI, 2006, p. 23).

Da mesma forma que ocorre com paradigmas científicos, os tecnológicos têm a sua gênese relacionada à seleção entre um número grande deles, competindo em determinado momento do tempo, cuja vitória representa o início de uma nova trajetória tecnológica e, portanto, de um novo patamar de desenvolvimento econômico. No entanto, tanto Dosi (2006, p. 23) quanto Kuhn (1995,

<sup>7</sup> Dosi (2006, p. 21-22) define tecnologia, da qual ressalta o aspecto, “concreto”, “prático” e “aplicável”, “como um conjunto de parte de conhecimento, diretamente ‘prático’ (relacionado a projetos e problemas concretos) e ‘teórico’ (porém aplicável, embora não necessariamente aplicável imediatamente), *Know-How*, métodos, procedimentos, experiência de sucesso e falha e também, claro, invenções físicas e equipamentos”.

<sup>8</sup> Barnes (1982, p. 10-11) define ciência normal como a chave do empreendimento científico, a maneira como o conhecimento é desenvolvido e acumulado no tempo, não é uma atividade inovadora, no sentido revolucionário, “é muito mais uma rotina relacionada a uma dada forma de vida, que emprega procedimentos padrões ao longo de trajetórias indicadas e que assume como verdadeiro o conhecimento existente”.

p. 183) se perguntam, cada qual a sua maneira, a respeito dos elementos que influenciam a seleção e sobre o processo que leva à substituição de um paradigma por outro.

Kuhn, em relação aos paradigmas científicos, apresenta uma posição radical, sociológica pode-se dizer, ao fazer uso do termo “conversão” dos grupos de uma comunidade científica. Segue então, de acordo com o autor, a seguinte questão: “como conseguem (os precursores) e o que devem fazer para converter todos os membros de sua profissão à sua maneira de ver a ciência e o mundo?” (KUHN, 1995, p. 184). A pergunta não faria sentido se Kuhn aceitasse tacitamente a ideia verificacionista do empirismo lógico, a ideia da adequação da teoria às provas, o que não é o caso, já que na competição entre paradigmas, inclusive a veracidade das provas está em evidência, o que leva a uma total “incomensurabilidade” entre perspectivas paradigmáticas em disputa. Neste sentido, o argumento lógico-racional também não teria efeito na solução da querela. A solução, de acordo com o autor, ocorre da seguinte forma:

Em um sentido que sou incapaz de explicar melhor, os proponentes dos paradigmas competidores praticam seus ofícios em mundos diferentes. (...) por exercermos sua profissão em mundos diferentes, os dois grupos de cientistas vêem coisas diferentes quando olham de um mesmo ponto para a mesma direção. (...) É por isso que uma lei, que para um grupo não pode nem mesmo ser demonstrada, pode, ocasionalmente, parecer intuitivamente óbvia a outro. É por isso, igualmente, que antes de poder esperar o estabelecimento de uma comunicação plena entre si, um dos grupos deve experimentar a conversão que estivemos chamando de mudança de paradigma. Precisamente por tratar-se de uma transição entre incomensuráveis, a transição entre paradigmas em competição não pode ser feita passo a passo, por imposição da lógica e de experiências neutras. Tal como a mudança da forma (*gestalt*) visual, a transição deve ocorrer subitamente (embora não necessariamente em um instante), ou então não ocorre jamais (KUHN, 1995, p. 190).

Persuasão, portanto, e conquista de adeptos é a resposta à mudança paradigmática, como defendida por Kuhn (1995, p. 198), “para que o paradigma possa triunfar é necessário que ele conquiste alguns adeptos iniciais”. Isto, de algum modo, pode ser relacionado também às primeiras versões da economia a respeito do empresário inovador e às consequências para a mudança econômica, desenvolvidas por Schumpeter (1961). De alguma forma, existe a similaridade nesta dinâmica inovadora entre as duas versões de paradigma, a despeito de a unidade analítica ser o indivíduo (Kuhn) ou a firma (Dosi). Dosi (2006, p. 23) apresenta uma hipótese afirmando que “ao longo da cadeia ciência-tecnologia-produção, as forças econômicas aliadas a fatores institucionais e sociais operam como um mecanismo seletivo”. Desse modo, haveria uma miríade de elementos em interação cujo resultado levaria ao estabelecimento de um novo paradigma e de uma nova trajetória tecnológica. No entanto, na visão do presente trabalho, a partir desse ponto, têm início as dificuldades da analogia.

### 3. Paradigmas científicos e tecnológicos como fenômenos comunitários

Com relação à busca de identidade entre os conceitos de “paradigmas tecnológicos” e “paradigmas científicos”, na conceituação de Kuhn, os paradigmas levam em conta a dinâmica da comunidade científica unicamente, limitada pela sua lógica própria, enquanto, na de Dosi, extrapola este limite, levando em conta também “forças econômicas, fatores sociais e institucionais”. Em Kuhn, a vitória de um paradigma diz respeito à adesão de colegas, em Dosi diz respeito desde critérios científicos, sociais, até critérios puramente econômicos, ligados, neste último caso, às condições de demanda, por exemplo. Em síntese, o critério de seleção kuhniano é centrífugo (dinâmica voltada para dentro), ao passo que o de Dosi é centrípeto (dinâmica voltada para fora). Dosi (2006, p. 23) explicita da seguinte forma esta dinâmica:

Dentro de um amplo conjunto de possibilidades de direções do desenvolvimento, notadamente aprovado pela ciência, um primeiro nível de seleção (ao menos dentro da esmagadora maioria das atividades de pesquisa do setor empresarial) opera com

questões mais gerais do tipo: “pode-se conceber alguma aplicação prática?”; “existiria alguma possibilidade dessa aplicação ser comercializável?” etc. Do nível mais básico da *big science* à produção (...) a capacidade de determinação da seleção aumenta: em uma ponta tem-se a atividade de resolver problemas definidos pelo paradigma científico *stricto sensu*, na outra, tem-se uma tecnologia porque é especificamente (economicamente) finalizada, as atividades visadas no “progresso técnico” tem ainda muitos procedimentos e aspectos similares à “ciência”, distintivamente a atividade de resolver problemas ao longo do percurso definido pela natureza do paradigma. O critério econômico agindo como seletor define cada vez mais precisamente o caminho atual seguido dentro de um conjunto muito maior de possibilidades (DOSI, 2006, p. 23).

A passagem acima, que expõe a dinâmica centrípeta intrínseca à lógica de desenvolvimento do paradigma tecnológico, é uma analogia problemática em relação à noção de paradigma de Kuhn, a qual faz menção aos termos e práticas circunscritas a uma comunidade de pesquisa. A construção de Dosi faz referência a outras lógicas sociais envolvidas no processo de construção paradigmática. O próprio autor afirma a maior abrangência dos paradigmas tecnológicos, ao considerá-los fenômenos emergentes, por esses não envolverem somente uma lógica específica. No caso particular da dinâmica de seleção, para o paradigma tecnológico, esta é feita em vários âmbitos, como a ciência, a economia, a política, o direito, entre outros. Em contraposição, o processo de seleção do paradigma científico é feito na comunidade científica, como afirma Kuhn. Portanto, quanto à abrangência e ao envolvimento de outros *locus* de seleção, paradigmas científicos e tecnológicos apresentariam problemas no que tange à transposição por analogia para distintas áreas do conhecimento científico.

Da questão da analogia decorre outro problema que se relaciona à forma pela qual o autor trata a conexão entre ciência e tecnologia. Em uma passagem de sua obra, Dosi afirma que “A principal tarefa das abordagens do lado da oferta é evitar uma concepção unidimensional da tríade “ciência-tecnologia-produção”, na qual o primeiro representaria um tipo de *deus-ex-machina* exógeno e neutro” (DOSI, 2006, p.151). Nesta tríade, o *locus* originário é a ciência e a tecnologia é o fim. Como o próprio autor afirma, soluções tecnológicas são baseadas em princípios “derivados das ciências naturais” (DOSI, 2006, p. 22). Tal passo – produto da analogia, que nos lega um modelo mental –, contudo, não está em acordo com a literatura corrente sobre a relação entre ciência e tecnologia, especificamente aquela relacionada às pesquisas da construção social da tecnologia (BIJKER *et al.*, 1989).

Os novos modelos que abordam o desenvolvimento tecnológico, em especial o mencionado acima, vão ressaltar dois elementos de discordância com o modelo de Dosi. Primeiro, muitas soluções tecnológicas são selecionadas em contextos que transcendem o das ciências naturais, como se pode ver nos estudos do *design* e da antropologia. Nesses contextos, a propósito, nenhuma solução tecnológica penetra incondicionalmente, há sempre transformação, remodelagem e crítica. Não há uma solução ótima para os problemas técnicos que a sociedade se coloca que possa assim ser considerada e aceita por toda ela. Dessa forma, paradigmas tecnológicos não são “modelos” para todos os contextos que dele fazem uso. Segundo, o próprio conhecimento científico tem sido gerado, ressignificado e transformado em seu contexto de aplicação, por isso não haveria mais uma relação verticalizada entre os âmbitos ciência pura e aplicada, envolvidos na inovação tecnológica.

Em resumo, o caminho proposto acima por Dosi para a dinâmica do paradigma tecnológico – da ciência à tecnologia – desprezaria uma dinâmica menos linear do processo. “Paradigma” não seria o modelo mental mais apropriado para se falar da dinâmica da inovação tecnológica, posto que, nenhuma invenção, ao transcender seu *locus* originário serve de “modelo” para os outros, como os paradigmas científicos fazem. A respeito dessa discussão, para exemplificar, Barnes (1982) apresenta um modelo que propõe uma forma alternativa de se observar o relacionamento entre ciência e tecnologia. Este modelo é sintetizado na tabela abaixo:

Tabela 1 - Concepções do relacionamento entre ciência (C) e tecnologia (T)

As instituições comparadas	"Malditos velhos tempos"	Presente
Formas de atividades	C descoberta/ criação do conhecimento T aplicação/ uso do conhecimento	C Invenção T Invenção
Recursos principais	C Natureza T Ciência	C Ciência existente T Tecnologia existente
Principais restrições aos resultados	C O estado da natureza T O estado da ciência	C Nenhuma restrição isolada T Nenhuma restrição isolada
Formas de conhecimento	C Criativo/ Construtivo T Rotina/ Dedutivo	C Criativo/ Construtivo T Criativo/ Construtivo
<b>Seus relacionamentos</b>		
Imagem geral	C T Dependência hierárquica.	C T Igualdade interativa
Principais agências mediadoras	Palavras	Pessoas
<b>RESULTADOS</b> a. Para o desenvolvimento do conhecimento.	a. Consequências previstas. T deduz as implicações de C e dá a elas representação física. Não há <i>feedback</i> de T a C	a. Sem consequências previstas. T faz uso criativo ocasional de C. C faz uso criativo ocasional de T. Interação.
b. Para o desenvolvimento da competência e da técnica	b. C pode fazer uso criativo de T como um recurso na pesquisa.	b. Não há questões separadas. Interação.
c. Para a avaliação do conhecimento e competência	c. Descobertas avaliadas de uma maneira contexto-independente imutável. T é avaliada de acordo com sua habilidade para inferir as implicações de C. Sucesso em T é o uso apropriado de C. Falha em T é o uso impróprio de C.	c. C e T são inventivos e envolvem avaliação em termos de suas finalidades. Nenhuma razão <i>a priori</i> de porque a atividade em T não deva ser avaliada pela referência a finalidades relevantes para os agentes em C, ou vice-versa.

Fonte: Barnes (1982). Traduzida pelos autores.

O que o modelo de Barnes (1982) mostra, e que vai servir para orientar outros trabalhos que buscam entender o relacionamento contemporâneo entre ciência e tecnologia, é que a relação ciência-tecnologia não é mais hierárquica, não há um *locus* de onde a iniciativa tecnológica parta, como se supunha ser as ciências naturais. Atualmente, a própria atividade de inovação tecnológica serve de substrato para si mesma e suas potencialidades não são mais restritas ao estado da ciência: elas se apresentam como resultado interativo do processo tecnocientífico horizontalizado, que envolve atores com lógicas distintas de seleção e compreensão. Neste sentido, qualquer abordagem que busque um “caminho natural para a inovação” simplificaria o processo, reproduzindo modelos hoje pouco analíticos.

Bijker (1989) aponta que essa “horizontalização” do processo de inovação tecnológica tem como resultado a polissemia dos interesses vinculados à estabilização dos artefatos tecnológicos. O autor fará uso para entender tal processo do conceito de “flexibilidade interpretativa”, advindo da sociologia da ciência de Harry Collins. Para esses autores, o “grupo social relevante” que se engaja na controvérsia de qualquer artefato agirá conforme interesses e expectativas próprias, nem sempre coincidentes. Não há um modelo ideal segundo o qual os engajados na construção do artefato

tecnológico possam seguir. Ao contrário, as disputas para a estabilização do artefato e, portanto, de novas gerações tecnológicas são preenchidas por falta de acordos, interpretações díspares a respeito da natureza do conhecimento envolvido, conhecimento tácito, uso de argumentos retóricos a favor das interpretações próprias, conflito, entre outros elementos<sup>9</sup>.

A lógica de produção, diríamos estabilização, de um paradigma tecnológico hoje é amplamente aceita como um processo abrangente que envolve distintos atores e grupos engajados. Dosi acertadamente discute esta ideia e nos fornece ricos elementos para compreender esta dinâmica. No entanto, o conceito de “paradigma” utilizado como analogia ao conceito introduzido por Kuhn para compreensão da ciência não é o mais apropriado para fazer referência a este processo. O modelo mental que tal conceito nos oferece desde Kuhn leva-nos a pensar imediatamente em “consenso interpretativo”, em comunidade, aspectos conceituais que não se coadunam com a lógica de produção de paradigmas tecnológicos que Dosi busca elucidar.

### Considerações finais

O presente trabalho discutiu alguns aspectos da teoria evolucionária em economia que tocam o processo de produção e inovação tecnológica. Como se sabe, a tecnologia é um aspecto central no entendimento da mudança econômica, sendo que sua centralidade advém, sobretudo, da sua vinculação com uma miríade de âmbitos, que envolvem desde as firmas (no caso da economia), o direito, a política e a ciência. Diante dessa abrangência, a analogia desenvolvida por Dosi, “paradigmas tecnológicos”, suscita alguns problemas, apesar dos avanços que trouxe e poderá trazer para a teorização sobre a tecnologia, suas fontes e interações.

Um desses problemas é o de que paradigmas tecnológicos não podem ser considerados fenômenos comunitários, tal qual na análise de Kuhn, para quem os diversos membros do paradigma científico compartilham significados circunscritos a um único *locus*, a comunidade científica. Ao envolver âmbitos distintos, com variados interesses e lógicas de seleção também distintas, os paradigmas tecnológicos tornam-se irreduzíveis a qualquer *locus* específico. Outro problema é que Dosi considera que tecnologias são baseadas em princípios derivados das ciências naturais. O que se enfatiza mais contemporaneamente, em oposição, é que o conhecimento científico tem sido também gerado em seu contexto de aplicação, por isso não haveria mais uma relação verticalizada entre os âmbitos ciência pura e aplicada.

Apesar dos desafios de ordem epistemológica enfrentados pela construção de Dosi e sublinhados anteriormente, a teoria evolucionária constitui-se em um esforço para se entender o que acontece quando da seleção de tecnologia e da estruturação de trajetórias tecnológicas nas firmas. Isto é visto como um processo emergente, não comunitário, abrangente. Esses aspectos de não comunidade e abrangência são captados mais recentemente pela Sociologia da Construção Social da Tecnologia, referenciada ao longo do presente trabalho. Nesta modalidade sociológica o fenômeno do significado da tecnologia é explicitado ao verificar a subordinação de sua existência às lógicas envolvidas em sua construção. A Sociologia da Construção Social da Tecnologia, contudo, prescindir das formulações da dinâmica econômica dos evolucionários. Em conclusão, as duas áreas podem-se ajudar mutuamente, trazendo avanços para ambas na compreensão dos complexos mecanismos que incidem na construção e seleção das tecnologias disponíveis e sua interação com o sistema econômico.

### Referências

BARNES, Barry. The Science-Technology relationship: a model and a query. **Social studies of science**, vº 12, nº 166, 1982.

<sup>9</sup> Ver os estudos de Bijker (1989) sobre o plástico sintético e Pinch; Bijker (1989) sobre o desenvolvimento da bicicleta.

- BACHELARD, Gaston. O novo espírito científico. In: **Os pensadores**. São Paulo: Abril cultural, 1978.
- BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds.). **The social construction of technological systems**. Massachusetts: MIT Press, 1989.
- BIJKER, Wiebe E. The social construction of bakelite: toward a theory of invention. In: BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds.). **The social construction of technological systems**. Massachusetts: MIT Press, 1989.
- BLOOR, David. **Knowledge and social imagery**. Chicago: the University of Chicago Press, 1991.
- BUSH, Vanevar. Ciencia, la frontera sin fin. **Redes: Revista de estudos sociais de la ciência**. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes, vol VI, N° 14, 1999.
- CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CORIAT, Benjamin; DOSI, Giovanni. The institutional embeddedness of economic change: an appraisal of the 'evolutionary' and 'regulationist' research programmes. In: HODGSON, Geoffrey. **A Modern Reader in Institutional and Evolutionary Economics**. Northampton, Massachusetts: Edward Elgar Publishing Limited, p. 95 – 123, 2002.
- DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories. **Revista brasileira de inovação**, v. 5, n 1; 2006.
- DOSI, Giovanni; NELSON, Richard. A introduction to evolutionary theories in economics. **Journal of evolutionary economics**, 4, pp.153 - 172, 1994.
- GIBBONS, Michael et all. (1996)**The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies**. London, Sage.
- GIDDENS, Anthony. **A constituição da sociedade**. São Paulo: Martins Fontes, 2009.
- HESS, David J. **Science studies**. New York: New York University Press.,1997.
- KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1995.
- KUHN, Thomas. **O caminho desde a estrutura: ensaios filosóficos, 1970-1993**. São Paulo: UNESP, 2006.
- PINCH, Trevor; BIJKER, Wiebe. The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. In: BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds.). **The social construction of technological systems**. Massachusetts: MIT Press, 1989.
- SCHUMPETER, Josef. **The theory of economic development**. New York: OUP, 1961.
- SICSÚ, Abrahan B.; ROSENTHAL, David. Apresentando um texto paradigmático. **Revista brasileira de inovação**, vol. 5, nº 1, 2006.

Recebido em 17.04.2012

Aprovado em 25.02.2013