

## As relações entre tecnologia, inovação e sociedade[\*]

*The relations between technology, innovation and society*

por [Carlos José Saldanha Machado](#)

**Resumo:** Debate-se muito no mundo, hoje, o que é a tecnologia, o que ela faz com as pessoas, as empresas e as sociedades. O objetivo deste artigo é dar uma visão de conjunto das obras dos principais autores em torno dos quais se organiza a reflexão teórica contemporânea sobre as relações entre tecnologia, inovação e sociedade. Como as tecnologias mediatizam nossas relações com o real? Quais as relações existentes entre os conteúdos técnicos e as formas de vida social? Qualquer que seja a distância que separe os autores escolhidos, três conjuntos de modelos são identificados, sistematizados e apresentados.

**Palavras-chave:** Antropologia; Economia; Filosofia; História e Sociologia da Tecnologia.

**Abstract:** It is open to discussion nowadays what technology is and how it influences people, businesses and societies. The aim of this article is to resume the thinking of main authors who led the theoretical analysis upon the relationship between technology, innovation and society. How do technologies mediate our relationship with the real world? What are the relation between technical contents and social life forms? No matter the distance between the chosen authors, tree groups of models are identified, systematized and presented.

**Keywords:** Anthropology; Economy; Philosophy; History and Sociology of Technology.

### 1. Introdução

Os países desenvolvidos, e um grupo cada vez maior de países com um menor desenvolvimento relativo[1], têm colocado a produção de conhecimentos científicos e a inovação tecnológica no centro de suas políticas para o desenvolvimento (OECD, 2002, 2000). Contudo, há muitas décadas, constata-se nesses países a existência de um debate acadêmico sobre o que é a tecnologia, o que ela faz com as pessoas, as empresas e as sociedades, sendo a produção científica brasileira sobre esse tema inexpressiva e marginal (Machado, 2005).

O presente artigo tem como objetivo dar uma visão de conjunto das obras de alguns autores que se tornaram referências obrigatórias, e em torno dos quais se organizam as reflexões teóricas contemporâneas sobre as relações entre tecnologia, inovação e sociedade. Algumas questões estão no cerne dessa discussão: em que as tecnologias participam de nossa cultura ocidental moderna? Como elas mediatizam nossas relações com o real? De que maneira elas se inscrevem nas relações que os homens mantêm entre si e com o meio ambiente? Quais as relações existentes entre os conteúdos técnicos e as formas de vida social? Para apresentar essa reflexão, partirei de uma dupla interrogação assentada, ao mesmo tempo, sobre a natureza do processo tecnológico e sobre as formas de relações existentes entre tecnologia, inovação e sociedade, para poder agrupar os autores escolhidos em três grandes modelos teóricos.

### 2. A tendência evolucionista ou a construção social das tecnologias e construção tecnológica da sociedade

Inicialmente, os trabalhos reagrupados nesta seção se atêm a analisar modalidades de interações entre tecnologias e sociedades, entidades que permanecem bastante separadas umas das outras nesses modelos. Os dois sub-conjuntos de modelos, bem diferentes entre si, podem ser caracterizados pelo entendimento que os autores têm sobre o motor da mudança tecnológica: ou ele é definido de maneira geral ou, ao contrário, só pode ser apreendido localmente. O primeiro grupo

compreende modelos bastante heterogêneos. Contudo, eles têm em comum um alcance globalizante, cobrindo longos períodos e fixando-se como objetivo explicar o conjunto da evolução social, técnica, política e econômica. O segundo grupo é mais homogêneo e reúne trabalhos de economistas e de sociólogos que procuram apreender os determinantes da mudança técnica/tecnológica e dar conta das formas assumidas pela inovação.

## **2.1 Os modelos globais**

Contudo, por limitações de ordem editorial, somente três autores serão aqui apresentados: André Leroi-Gourhan (1943, 1945, 1964, 1965, 1982), Lewis Mumford (1934, 1967, 1970) e Karl Marx ([1867] 1983, 1984a, 1984b, 1984c, 1984d). Para além daquilo que os aproxima, eles se distinguem pelas definições atribuídas à técnica e à tecnologia: para Leroi-Gourhan, a técnica deve ser considerada em relação à continuidade da evolução natural, evolução que vem se prolongar numa forma extra-corporal; para Mumford, a técnica se apresenta como a continuação da política, no sentido mais amplo, por outros meios; já para Marx, a tecnologia se situa numa dinâmica socioeconômica.

### **2.1.1 A técnica no prolongamento da evolução natural**

Pré-historiador e antropólogo, Leroi-Gourhan [1911-1986] procurou construir um quadro teórico que permitisse ao mesmo tempo pensar o desenvolvimento humano na continuidade da evolução do reino animal e que desse conta da especificidade humana definida pela emergência de uma sociedade cada vez mais complexa, produtora de informações em taxas exponenciais, acompanhada pela sofisticação sempre crescente das técnicas. A evolução natural pode ser resumida, para Leroi-Gourhan, pela especialização progressiva, e desigual, segundo as espécies, de duas zonas corporais, a face e os membros anteriores. Nesse quadro, o homem é considerado como o ponto de coroamento dessas duas tendências levadas ao extremo.

O acesso dos antropóides à postura vertical desempenha um papel fundamental nesse processo: a bipedia permite a liberação da mão das exigências da locomoção, liberação que desbloqueia a face das tarefas ligadas à procura de comida; aliás, ela propicia modificações substanciais na maneira pela qual a cabeça é suspensa no tronco, autorizando a transformação da caixa craniana e a expansão volumétrica do cérebro. Em outras palavras, as possibilidades intelectuais do homem são o resultado de uma evolução governada nos primórdios por entraves mecânicos, eles mesmos sendo considerados na dinâmica seletiva. Aquela transformação e expansão não estabelecem de imediato a cisão entre o mundo animal e o mundo humano, e não podem ser tomadas como fatores explicativos da evolução: o pensamento não derrubou as paredes anatômicas para construir um cérebro.

A evolução da mão vai ser prolongada pela ferramenta, considerada como uma extensão do corpo do antropóide, o que, conjugado às possibilidades mecânicas oferecidas pela bipedia, permite o desenvolvimento do cérebro com sua progressiva especialização, sendo o crescimento de zonas convergentes para a linguagem uma de suas expressões. Uma vez que o homem alcançou sua morfologia atual, a evolução vai continuar de maneira extra-corporal, através do desenvolvimento conjunto das técnicas e da organização social, considerada como uma espécie de meta-organismo em relação ao organismo individual.

É a partir desse momento que se passa, para Leroi-Gourhan, de uma evolução cultural ainda dominada pelos ritmos biológicos para uma evolução cultural dominada pelos fenômenos sociais. Em todas as etapas, a evolução se apresenta como um jogo dialético entre dois termos, membro anterior/face, ferramenta/cérebro (linguagem), técnicas/sociedade, jogo cuja saída é governada pela seleção operada sob a pressão do meio ambiente. A progressiva exteriorização corporal, ao mesmo tempo no corpo social e nas técnicas, de funções anteriormente assumidas pelo organismo biológico se faz acompanhar de uma redefinição das competências globais do sistema formado pelo homem e seus apêndices, redefinição que reabre as possibilidades da evolução.

Essa teoria desemboca na constituição de uma *tecnologia* (ciência das técnicas), considerada como

um prolongamento da biologia, sendo a ferramenta considerada como o equivalente do esqueleto dos paleontólogos, a saber: um testemunho das relações entre os seres estudados e o meio ambiente.

Assim, como a análise do desenvolvimento biológico não podia separar a evolução da mão da evolução do cérebro, ambas consideradas numa relação de co-determinação, o analista do desenvolvimento propriamente humano se constitui através da análise das interações entre as técnicas, que prolongam a mão, e a organização social, que prolonga o cérebro. A tradição é considerada por Leroi-Gourhan como a exteriorização corporal da memória, exteriorização corporal que permite uma liberação relativa do cérebro para novas tarefas.

Portanto, para Leroi-Gourhan, a evolução técnica se insere num movimento mais amplo de delegação e de exteriorização corporal de funções assumidas pelo indivíduo ou pela espécie, em construções que lhe são exteriores. Formam-se, dessa maneira, ciclos de evolução nas interações entre as duas formas sociais e técnicas de exteriorização corporal: as técnicas e as sociedades são partes constituintes de um mesmo organismo, sem o qual elas não têm nenhum sentido.

### **2.1.2 A técnica no prolongamento da organização política**

O ponto de partida da teoria de Lewis Mumford [1895-1988] é aproximadamente o oposto daquele de Leroi-Gourhan. Enquanto para este último existe continuidade da evolução humana com a evolução animal, e as possibilidades intelectuais e de comunicações do homem são o resultado de um jogo de interações, sob pressão do meio ambiente, de exigências biológicas e mecânicas, para Mumford, o homem é caracterizado pelo tamanho e pela potência de seu cérebro: são esses dois aspectos que lhe confere, desde a origem da espécie, uma capacidade incomparável de simbolização, capacidade que dará lugar ao desenvolvimento da linguagem e dos modelos intelectuais. Nesse quadro, a linguagem é considerada como a primeira, no tempo e em importância, de todas as tecnologias: é o artefato de maior facilidade de transporte que existe, e é o único que permite uma total simetria entre produtor e consumidor; sua mobilização é imediata e sua flexibilidade é perfeita. Ainda que constituída de elementos padronizados, ela permite um máximo de variedade, de individualidade e de autonomia. Graças a seu cérebro e à linguagem, o homem vai desenvolver, ao mesmo tempo, dispositivos técnicos que, como o arco e a flecha, não são cópias servis da natureza, demonstrando o primado das capacidades intelectuais, e formas de atividade em comum, como a caça, que se expandem em organismos sociais mais amplos até as grandes civilizações como as do Egito antigo. Estas, em ruptura com as civilizações rurais que as precederam e das quais elas procedem, são marcadas pela criação de um novo gênero de organização social, o que Mumford (1934) chama de Mega-máquina, cuja potência é simbolizada pela edificação das pirâmides egípcias.

A aliança entre o chefe da caça e o padre, entre poder temporal e poder espiritual, e a agregação, sob sua dupla tutela, de pequenas comunidades rurais autônomas - o que permite obter mais-valias, tornando possível a manutenção de um exército, de uma burocracia e de um clero - estariam na origem dessa Mega-máquina. Esta é caracterizada por uma forma de organização político-social hipercentralizada, que transforma os homens em engrenagens e desemboca na concentração das forças mecânicas, as quais são a chave da potência e do poder. Partindo daí, a evolução das sociedades pode ser compreendida como o aperfeiçoamento contínuo dessa Mega-máquina, graças ao desenvolvimento das ciências e das técnicas, que permitem substituir alguns elementos humanos da Mega-máquina por elementos não-humanos. Nessa corrida à potência, que só pode, para Mumford, resultar numa catástrofe, tudo é invertido na ordem dos valores: Galileu, que permitiu a separação das esferas subjetiva e objetiva; Descartes, que colocou o homem no centro da criação e o faz o mestre da natureza por meio do conhecimento; Hobbes que teorizou a Mega-máquina e que faz da autonomia centralizada o último recurso para a sociedade; Bacon que uniu ciência e aplicações técnicas e afirma a identidade entre ciência e poder, todos esses habituais heróis positivos da civilização ocidental transformam-se nos mais odiados criminosos por terem contribuído, através de sua materialização, para a estabilização e o crescimento da Mega-máquina tornada possível pelo avanço das técnicas.

### 2.1.3 A tecnologia na dinâmica socioeconômica

Em Marx [1818-1883], vemos um movimento análogo de substituição progressiva dos homens pelas máquinas, substituição indissociável do crescimento do capitalismo, que concorre para a concentração do poder socioeconômico nas mãos dos capitalistas. Alguns autores como Mackenzie (1984) e Westrum (1991) consideram que Marx foi o primeiro sociólogo das tecnologias. Ainda que sua "sociologia das tecnologias" não possa ser isolada do conjunto de sua teoria, não me deterei aqui sobre sua teoria das trocas nem sobre sua análise da mais-valia. Partirei, no entanto, do seguinte ponto: a diferença ou mais-valia que existe entre o preço-valor que o capitalista recebe pela mercadoria produzida e a soma dos valores dos elementos que permitiram produzi-la (matérias-primas, energia, equipamentos, força de trabalho), provém do fato de que o salário pago ao operário permite ao capitalista comprar sua força de trabalho e não seu trabalho. Em outras palavras, a força de trabalho produz mais trabalho que o trabalho necessário para sua reprodução. O que significa que a jornada de trabalho do operário pode ser dividida em duas partes, uma que serve para a reprodução da força de trabalho, outra que representa um sub-trabalho apropriado pelo capitalista. Observemos que uma tal montagem só é possível se existir, desde o começo, um mercado de trabalho desequilibrado com trabalhadores, de um lado, que têm somente sua força de trabalho a ser trocada para sobreviver e com capitalistas de outro, suscetíveis de comprarem esta força de trabalho.

O interesse do capitalismo é de aumentar a mais-valia, o que pode se fazer tanto pelo prolongamento da jornada de trabalho, implicando num aumento absoluto da quantidade de sobre-trabalho, quanto pelo aumento da "produtividade", isto é, pelo aumento relativo da quantidade de sobre-trabalho em relação ao trabalho total. Este aumento da produtividade pode ser obtido pela intensificação das cadências ou pela introdução de máquinas. Mas o prolongamento da jornada de trabalho e a intensificação das cadências encontra, rapidamente, obstáculos físicos e sociais; daí o interesse do capitalista em recorrer à mecanização da produção. É muito importante observar que a vantagem relativa obtida por um capitalista, devida a um aumento de produtividade, é transitório, o que confere um caráter dinâmico ao modelo de Marx: na realidade, as mercadorias são trocadas a um preço que corresponde a seu "valor social", isto é, a um preço proporcional à quantidade média do trabalho incorporado; o capitalista que mecaniza a produção será beneficiado por uma mais-valia relativa, desde que os outros produtores não tenham alcançado o mesmo nível de produção. Mas, se supusermos que todos os capitalistas são conscientes de seus interesses, o modelo tende em direção a uma homogeneização da produtividade, que se traduz por um aumento da quantidade de bens produzidos e pela baixa de seu preço unitário, já que os preços se estabelecem com base no valor dos produtos, o que, finalmente, é suscetível de beneficiar o conjunto da sociedade sob a forma de um crescimento geral do bem estar. Esse fenômeno permite explicar uma parte das ambivalências que Marx alimenta a respeito do maquinismo: é a utilização capitalista das máquinas que está em questão e não as próprias máquinas.

Para compreender o que são as máquinas no pensamento de Marx, é necessário voltar ao conjunto do processo histórico que conduz, desde a Idade Média, marcada pelo primado dos ofícios, à grande indústria do Século XIX. Três etapas podem ser caracterizadas pela forma de organização do trabalho que se implanta, a saber: a cooperação, a divisão do trabalho e o maquinismo.

A cooperação consiste em reunir num mesmo atelier um grande número de operários, permitindo, primeiro, uma economia dos meios de produção independente dos operários; segundo, a emergência do "trabalho social", isto é, do trabalho, meio que serve para a fixação do valor e, terceiro, uma competição e uma coordenação entre os operários que ocasionam uma melhor eficácia.

Essa primeira recomposição econômica e social do atelier, que resulta simplesmente do ajuntamento dos operários, prossegue na passagem para a manufatura, caracterizada por uma divisão forçada do trabalho. O ajuntamento de ofícios diversos num mesmo espaço físico-geográfico, o atelier, e a cooperação entre operários do mesmo ofício, permite uma decomposição das tarefas em operações parceladas e dá nascimento ao operário especializado, que transforma seu corpo inteiro em órgão exclusivo e automático da única e mesma operação simples. Os efeitos dessa divisão do trabalho são

múltiplos: 1) ganhos de produtividade são obtidos pela especialização conjunta dos operários e dos instrumentos de trabalho; 2) emergência de uma classe de operários desqualificados; 3) o "trabalho social" torna-se uma medida interna à manufatura, o que permite substituir a hierarquia dos ofícios por uma qualificação "moral" assentada sobre a habilidade do operário. A manufatura, sob sua forma perfeita, cria um trabalhador coletivo cujos órgãos são constituídos pelos trabalhadores individuais: ela se apresenta, pois, como um tipo de maquinaria sociotécnica que associa forma de organização do trabalho e redefinição das ferramentas. Essa "racionalização" do trabalho produtivo torna possível a substituição progressiva do operário por mecanismos que acionam em seu lugar as ferramentas, o que, para Marx, basta para definir a máquina: o sociólogo Donald Mackenzie (1984) observa que, através desta definição, Marx posiciona o desenvolvimento das máquinas num processo histórico e social, podendo-se acrescentar que, para Marx, as grandes mutações socioeconômicas que intervieram entre a Idade Média e o século XIX podem ser descritas sob a forma de uma redistribuição das competências entre indivíduo, grupo, ferramenta e máquinas.

A mecanização das atividades produtivas começa pela implantação de máquinas - ferramentas idênticas, freqüentemente transformadas por uma força única; estamos diante de um modelo de cooperação - e conduz à formação de sistemas complexos, que compreendem várias ferramentas e máquinas com funções diferentes funcionando como um mega-organismo. Esta última etapa conduz à objetivação da divisão do trabalho instaurada pela manufatura e prolongada pelo ajuntamento das máquinas, objetivação que se traduz pela desqualificação total dos operários e transferência de suas competências para as máquinas, o que apoia a dominação do capitalismo sobre bases sempre mais sólidas. Em particular, o maquinismo se satisfaz com uma mão de obra aprovionada de fora (mulheres, crianças), concorrendo para redefinir a baixa do valor da força de trabalho, doravante distribuída sobre mais cabeças. Uma vez o processo de mecanização começado, a lógica da mais-valia, tal qual foi explicitada mais acima, propicia a extensão progressiva do maquinismo num mesmo setor de atividade econômica, e de setor em setor. É preciso, evidentemente, que a quantidade do trabalho incorporado na máquina não seja tão importante, o que supõe uma mecanização da produção das máquinas.

### **3. Os modelos de causalidade local**

Os modelos reagrupados nesta seção se distinguem dos apresentados até aqui pela rejeição de uma grande causa de ordem geral que permitiria explicar a direção e a forma assumida para o desenvolvimento das tecnologias. Mais precisamente, observa-se a procura entre economistas e sociólogos de uma terceira via que permita sair das alternativas colocadas por seus predecessores, a saber: entre os economistas, uma alternativa entre "demand pull" e "supply push" e, entre os sociólogos, aquela que opõe o "social determinism" ao "technical determinism".

#### **3.1 A dupla determinação**

Antes de aprofundar a análise desses trabalhos, gostaria de me deter sobre a "Ogburn generation", segundo a denominação de Westrum (1991), que é constituída de um grupo de pesquisadores considerados como os pioneiros da sociologia das tecnologias e que colocaram de maneira tão explícita, talvez pela primeira vez, a existência de uma dupla determinação das tecnologias pelo social e do social pelas tecnologias. Para William Ogburn (1957), os objetos tecnológicos são essencialmente definidos pelo que eles fazem, por suas "funções", o que significa postular de imediato a natureza social das tecnologias, hipótese que reforça a idéia segundo a qual, no estágio da concepção, a "situação sociológica" representa um dos mais importantes fatores explicativos.

Se Ogburn aparece como o cabeça desse movimento, é essencialmente Steve Gilfillan que desenvolveu uma teoria da invenção, o próprio Ogburn se interessando mais pelo impacto das tecnologias do que de sua emergência. Para Gilfillan (1935), a invenção é um processo contínuo que procede da acumulação de mudanças de baixa amplitude, e pode ser descrita como uma nova combinação entre elementos em grande parte pré-existentes. Esses elementos são bastante diversos e compreendem tanto dispositivos técnicos quanto os modos de condução desses dispositivos, os

materiais empregados para construí-los, as matérias-primas necessárias para seu funcionamento, a acumulação de capital que eles pressupõem, os saber-fazer, informações e competências de que eles necessitam, a maneira pela qual estão ligados a outros aspectos da vida social e econômica, etc. As causas da invenção são antes de mais nada sociais - o progresso científico está raramente na origem das invenções - e ocorre frequentemente que as invenções precedam o desenvolvimento das ciências que estão associadas a elas.

Essas causas devem ser procuradas em dois níveis, um nível microsociológico - a origem, a cultura, as aspirações de todos aqueles que dão forma à invenção, principalmente os próprios inventores e os empreendedores - e um nível macrosociológico que compreende tanto fatores econômicos, culturais quanto demográficos. A apreensão da evolução desses fatores que geram novas necessidades pode se fazer tanto pela variação de um certo número de indicadores, onde o preço é um dos mais importantes, quanto por intermédio da transmissão humana que vai dos próprios inventores ao grande público passando por uma "intelligent and technologically minded class". Sendo esse processo, antes de tudo, social, os indivíduos ocupam nele um papel mais limitado: a invenção nasce do encontro entre necessidades e recursos técnicos, científicos e econômicos, o que implica que certas invenções, cujos princípios são lançados "antes da hora", sejam plenamente desenvolvidas somente mais tarde, ou que uma mesma invenção seja enfocada simultaneamente por vários inventores.

Uma vez que as invenções são difundidas, elas tornam-se o motor de mudanças sociais, fenômeno que interessa mais particularmente a Ogburn. Um dos problemas principais que Ogburn vai tentar resolver é a conciliação, numa teoria, do modo pelo qual entidades inanimadas como os objetos induzem mudanças sociais, com uma filosofia que dota o indivíduo de liberdade e de capacidade de escolha. Para fazer isso, ele se consagra primeiro a uma teoria da causa, imitando exatamente o modo de raciocínio das ciências naturais: para que se possa falar de dois fenômenos em termos de causa e efeito, é preciso que eles variem de maneira concomitante e que se possa atá-los por uma cadeia de mediadores. Ora, a não ser que nós nos situemos numa escala considerável de tempo, a psicologia, a inteligência e as aptidões individuais são, para Ogburn, variáveis estatísticas, não históricas. O que o conduz a considerar que uma frase como "os automóveis causaram o desenvolvimento dos motéis" seja dotada plenamente de sentido, ao passo que ele nega toda virtude explicativa a um enunciado do tipo "João da Silva inventou a máquina a vapor". Mas, para que o automóvel possa ser elevado ao nível de causa, basta que os indivíduos tenham escolhido utilizar esse novo meio de locomoção, escolha que eles fazem, ao menos em princípio, livremente em função de suas necessidades, as quais não estão necessariamente em perfeita correspondência com aquelas que foram identificadas pelos inventores; além do mais, a utilização que eles fazem de tal ou qual dispositivo técnico não é inteiramente programada de dentro, pela concepção dos dispositivos: existe uma certa flexibilidade dos objetos. Essas duas ressalvas permitem a Ogburn evitar a armadilha do "determinismo técnico".

Dessa maneira, ele pode afirmar ter mostrado como objetos inanimados tais como as invenções podem causar mudanças sociais por meio de agentes humanos ativos, com capacidade de escolha. Partindo daí, o impacto social das tecnologias pode ser apreendido por métodos estatísticos que permitem relacionar a difusão de uma tecnologia com um certo número de fenômenos sociais.

Ainda que se possa traçar certos paralelos entre as teorias da "Ogburn generation" e as teorias mais recentes que serão mais adiante alvo da minha atenção, a recusa de um modelo linear indo da ciência em direção às aplicações e ao mercado, bem como de um determinismo técnico; a técnica como conjunto complexo de dispositivos, saberes, saber-fazer, informações; a presença de atores com motivações heterogêneas, vários outros elementos parecem-nos encaminhar mais no sentido de uma divergência. De um lado, Ogburn e seus colegas se apoiam sobre um corte radical entre tudo o que diz respeito à concepção das inovações e sua difusão, a mediação entre esses dois termos estando assegurada por "necessidades" pré-existentes à inovação. De outro lado, a própria tecnologia é finalmente dotada de pouca espessura e, ainda que o modelo se feche sobre si mesmo, ainda assim são os fatores sociais que, em última instância, constituem o motor da inovação.

### 3.2 A sociologização do determinismo tecnológico

Num artigo célebre, o historiador Heilbroner (1967) vai retomar o questionamento de Ogburn e de Gilfillan partindo da problemática marxista: é verdade, como escreveu Marx na *Miséria da Filosofia* [1847], que o moinho de vento gerou a sociedade feudal, e que o moinho a vapor a sociedade industrial capitalista? Como bom historiador, Heilbroner vai atenuar essa ambição intelectual. Para ele, o desenvolvimento econômico está baseado sobre um desenvolvimento tecnológico cujo sentido está amplamente determinado; em particular, os países com um menor desenvolvimento relativo não terão outra possibilidade para se desenvolverem senão passar pelo caminho já traçado nos países industrializados. Por outro lado, parece-lhe que existem fortes laços entre as tecnologias utilizadas e as formas de organização social necessárias.

Entretanto, um salto precisa ser dado sobre o reconhecimento dessa associação e a atribuição da causa aos dispositivos técnicos, transição que ele vai tentar manejar restabelecendo mecanismos de causalidade no sentido inverso: a tecnologia é o produto de uma atividade socialmente organizada, seu desenvolvimento temporal pode ser posto em relação com a existência de incentivos e, de um modo geral, de condições sociais favoráveis; donde, finalmente, uma mudança brusca de argumento que, a exemplo da operação realizada por Ogburn nas atribuições das causas, sociologiza o determinismo tecnológico, isto é, o conduz a uma certa configuração social historicamente constituída: é porque o mercado fornece fortes incentivos para a mudança técnica, e desde que nenhum outro mecanismo de controle ou de avaliação das tecnologias venha a modificar o curso dessa trajetória, que se tem a impressão de um desenvolvimento tecnológico autônomo que impõe sua ordem social.

### 3.3 A inovação como processo social

Organizaremos nossa apresentação em torno de dois grupos de autores: (1) os economistas - Nelson (1993, 1981), Nelson e Winter (1982, 1977), Dosi (1982), Dosi, Teece e Winter (1992), Dosi, Pavitt e Soete (1990), Dosi, Freeman, Nelson e Soeti (1988) - e os sociólogos - Bijker e Law (1992), Bijker e Pinch (1989) e Pinch e Bijker (1984). As similitudes entre seus trabalhos me parecem bastante forte para que possa, para além das barreiras disciplinares e de diferenças de vocabulário, tentar uma apresentação conjunta de seus modelos. Essas similitudes não são fruto do acaso: uns conhecem mais ou menos o que fazem os outros. Como havia dito anteriormente, a busca de uma solução para sair da alternativa binária entre "demand/supply" ou "social determinism/technical determinism" orienta suas reflexões em direções convergentes. Enfim, a nova sociologia das ciências se constituiu numa fonte de inspiração comum para os trabalhos de Giovanni Dosi, Wiebe Bijker, John Law e Trevor Pinch, mesmo si os autores considerados por eles não sejam bem os mesmos (Machado, 2003).

Para esses dois grupos de autores a tecnologia é definida como um conjunto complexo que compreende e associa dispositivos técnicos, saberes e saber-fazer, uma certa apreensão do estado da arte e dos problemas que permanecem em aberto, uma representação dos métodos disponíveis ou pertinentes para resolver esses problemas, um certo número de idéias sobre as lições a serem tiradas das experiências passadas e sobre o futuro possível ou provável das tecnologias. Assim, a tecnologia se apresenta, essencialmente, como saber que pode ser incorporado em artefatos, ou desincorporado em relação aos artefatos, mas incorporado na prática cotidiana de todos os atores envolvidos com o desenvolvimento tecnológico. Esse saber pode ser próprio a um grupo de atores (Pinch e Bijker, 1984), uma empresa ou um setor industrial (Nelson e Winter, 1982, 1977), ou ter um alcance mais geral, como para Dosi (1982) onde ele toma a forma de "paradigmas tecnológicos".

Os atores implicados, sempre humanos e freqüentemente formados de coletivos, são, nesses dois modelos, bastante diversos[2]. Além das empresas, vemos intervir engenheiros, pesquisadores, políticos, organismos públicos em todos os domínios (pesquisa, indústria, mas também educação, saúde, etc.), "usuários" primários (companhias aéreas, no caso dos aviões, por exemplo) e secundários (passageiros dessas companhias aéreas). Mais ainda, cada ator tem sua própria definição do que é "vantajoso", ou, dito de outro modo, dos objetivos gerais que ele se fixa e que podem ser o lucro econômico para uma empresa privada, mas também uma melhor qualidade de

tratamento para o setor médico ou uma melhor capacidade de defesa para as organizações militares. Pinch e Bijker (1984) insistem sobre o fato de que a lista dos atores envolvidos, o que eles chamam os "relevant social groups", é específico de cada inovação e assume um caráter estratégico no desenvolvimento das inovações: são eles que definem os problemas aos quais a inovação deve trazer uma resposta.

Para Richard Nelson e Sidney Winter (1982, 1977), as estratégias de P&D que dão nascimento às inovações são o resultado de um processo heurístico, próprio à cada empresa, que deve ser concebido como um conjunto de procedimentos, permitindo definir objetivos e métodos para atingi-los. A heurística incorpora não somente saberes propriamente tecnológicos mas também modelos de organização interna, métodos de aprendizado e da consideração da demanda, etc. Entre as diferentes estratégias que emergem desse processo heurístico, algumas têm a particularidade de aparecerem como desejável ou rentável sob uma ampla gama de condições do lado da demanda: elas representam o que Nelson e Winter chamam "trajetórias naturais" e reagrupam, por exemplo, as estratégias que visam à exploração econômica de escala, a mecanização das operações de produção ou a incorporação de dispositivos eletrônicos.

Situação bem parecida àquela que foi descrita por Dosi (1982) quando, num dado momento, nos encontramos face a um paradigma que está solidamente estabelecido. Nesse caso, efetivamente, as direções para as quais são orientados os esforços de desenvolvimento são fortemente pré-determinadas pelas concepções que os atores têm *a priori* dos problemas a serem resolvidos e os métodos que devem ser utilizados para este fim. Em compensação, e ao contrário de Nelson e Winter, que concebem o desenvolvimento tecnológico como um processo muito mais contínuo, a instauração de um novo paradigma supõe um questionamento ao mesmo tempo da tecnologia - se esta estiver situada nos domínios onde os saberes são ainda incertos - e do mercado - trata-se então de construir, quase *ex nihilo*, uma demanda para produtos que não têm equivalentes no passado.

Nos dois modelos, contudo, a progressiva determinação das trajetórias tecnológicas se efetua por um processo de seleção. Para Nelson e Winter, o meio ambiente seletivo compreende todos os atores exteriores à organização (empresarial ou de outro tipo) encarregados do desenvolvimento da inovação. Entre todas as possibilidades consideradas para os diferentes estágios de desenvolvimento, os atores vão selecionar aquelas que parecem assegurar-lhes o melhor lucro, qualquer que seja, de resto, a definição que eles adotem desse lucro. Nessa perspectiva, o mercado é somente um dos meios ambientes seletivos possíveis, aquele pelo qual até então os economistas, sobretudo, se interessavam. Para Dosi (1982), a seleção é o resultado de dois movimentos combinados, um que afeta a determinação dos mecanismos de geração das mutações - a instauração de um paradigma pode ser descrito nesses termos - e o outro que opera a seleção propriamente dita entre os diferentes "mutantes" - aqui o mercado é o principal agente.

De maneira análoga, os mecanismos de variação-seleção estão no coração do modelo de Pinch e Bijker (1984). Cada variante pode ser descrita pelo conjunto dos problemas colocados - aos quais ela pretende dar uma resposta - e os "relevant social groups" que os colocam, uns sendo definidos pelos outros. Mas cada ator é suscetível de ter uma interpretação particular dos problemas e da adequação das soluções que são propostas, o que cria situações de controvérsias. A seleção operada entre as variantes e a estabilização progressiva de certas soluções são interpretadas, nesse esquema, como a convergência dessas diferentes interpretações. Ao final do processo, cada "relevant social group" considera que os problemas estão resolvidos, esse consenso sendo obtido ora porque alguns atores têm a capacidade de impor um encerramento retórico da controvérsia - eles "presumem" que os problemas estejam resolvidos - ora porque no transcorrer das negociações que acompanham a inovação, os problemas foram coletivamente redefinidos.

O que acaba de ser enunciado constitui uma diferença essencial entre esses modelos e alguns daqueles que abordarei em seguida.

#### 4. Os modelos do "tecido sem costuras" ou a emergência das redes

A noção de "tecido sem costuras" foi proposta por Thomas Hughes (1983) para dar conta da heterogeneidade dos elementos associados ao que ele chama *sistema tecnológico*, devido a impossibilidade que existe em recortar, nesse sistema, pedaços de uma textura uniforme, que seja ela social, técnica ou econômica. Para Hughes (1989a, 1989b, 1983, 1979, 1976, 1969) e os autores aqui reunidos, as técnicas/tecnologias são ao mesmo tempo "society shaped" e "society shaping", com uma diferença fundamental em relação aos modelos que a ser estudado mais adiante na subseção *A tecnologia como rede*: existem tantas incertezas sobre a sociedade quanto sobre a tecnologia, ou, dito de outro modo, a inovação é um processo de estabilização conjunta do social e do técnico que conduz a arranjos híbridos, nos quais os elementos tecnológicos e sociais estão indissociavelmente misturados.

##### 4.1 Hughes, ou as técnicas heterogêneas

Vimos na seção que anterior que um certo número de economistas e de sociólogos se esforçaram em aproximar da tecnologia a oferta e a demanda: eles mostraram, particularmente, como o contexto de adoção e de utilização influenciam o contexto da concepção, e vice-versa. Uma barreira foi aqui ultrapassada na medida em que os dispositivos técnicos só têm sentido em relação ao conjunto dos elementos aos quais eles estão associados. Esta idéia pode ser desdobrada de numerosas maneiras: para o historiador Thomas Hughes (1989b, 1983), o êxito do sistema elétrico só pode ser explicado porque seus promotores reorganizaram o mundo exterior ao mesmo tempo em que concebiam os elementos técnicos, e porque essas duas operações estavam inextricavelmente ligadas uma à outra; para a também historiadora Reese Jenkins (1976, 1975), a não linearidade absoluta do desenvolvimento da inovação só pode ser apreendida aproximando-o de uma série de causas locais e circunstanciais; para o economista Paul David (1986a, 1986b, 1992), a constatação da interdependência entre o dispositivo técnico e seu meio ambiente conduz a uma crítica radical da noção de substituibilidade das tecnologias.

À primeira vista, o modelo desenvolvido por Hughes (1989b) parece aparentado ao do historiador Bertrand Gille (1978), que concebeu a noção de "sistema técnico", se deixarmos de lado o fato de que Hughes não supõe a separação e a autonomia das esferas técnicas, políticas, econômicas, sociais, etc., o que, como veremos, tem conseqüências consideráveis sobre a análise da inovação. Para Hughes, um sistema tecnológico, que se apresenta como um conjunto complexo associando conhecimentos científicos, dispositivos técnicos, jurídicos, políticos, econômicos, organizacionais, etc., se define essencialmente como uma reorganização do mundo físico e social com vistas à resolver problemas considerados, pelo menos para certos atores integrantes do sistema, como importantes.

Uma imbricação dos diferentes elementos associados no sistema tecnológico é tal que ele supõe um processo de concepção coletiva que reúne e coordena indivíduos com competências diferentes. Assim, o recurso financeiro, o cientista dedicado à pesquisa fundamental ou as relações públicas são, *a priori*, tão indispensáveis para o desenvolvimento das inovações quanto o engenheiro ou o técnico. Em sua análise do crescimento do sistema elétrico americano, Hughes (1983) mostra que o talento de Edson deve-se tanto a sua engenhosidade puramente técnica quanto a sua capacidade em integrar num único raciocínio elementos heterogêneos, evidentemente técnicos, mas também econômicos, comerciais ou políticos. O exemplo antológico que constitui em nossos dias a lâmpada incandescente é característico do tipo de análise desenvolvida por Hughes. Querendo substituir as redes de gás, Edson é obrigado a fornecer eletricidade a um preço que, tudo incluído, das amortizações aos salários, seja comparável ao do gás, o que, feitos os cálculos, implica a utilização de cabos de cobre e uma regulagem precisa de um filamento de alta resistência, projeto sobre o qual ele lança os brilhantes cientistas de que soube se cercar. Para além dessa capacidade de análise, Edson é um grande empreendedor: para realizar seu projeto, ele sabe que é preciso não somente resolver um certo número de problemas científicos e técnicos<sup>[3]</sup> (daí os laboratórios e a biblioteca de Menlo Park), mas também convencer os políticos (o que seria preciso ao mesmo tempo convidá-los para recepções suntuosas, multiplicar as suas declarações nos meios de comunicações)

e evitar fazer grupos sociais seus inimigos (prevendo de imediato a conversão dos empregados do gás para sua causa).

A estabilização do sistema tecnológico depende diretamente do número de elementos heterogêneos que o constitui. Para o desenvolvimento das redes elétricas que interessam a Hughes, o acordo das autoridades políticas é tão crucial quanto a especificação precisa de uma lâmpada incandescente. Isso gera certas conseqüências sobre a dinâmica dos sistemas: um sistema de grande tamanho, que associa muitos elementos, adquire um *momentum* que se opõe a toda transformação radical. Devido à interdependência entre os elementos, a capacidade de crescimento e de adaptação do sistema encontra-se limitado: a um dado momento, as transformações operadas sobre certos elementos fazem aparecer a insuficiência de outros elementos, que não poderão progredir no mesmo ritmo.

Esses "reverse salient", quer eles sejam organizacionais, técnicos ou comerciais, se transformam, uma vez percebidas, numa série de problemas críticos. Em certos casos, um simples remanejamento do sistema existente permite a resolução desses problemas críticos. Ao contrário, quando eles supõem um questionamento das diferentes ligações que caracterizam o sistema tecnológico, pode-se assistir a emergência de um novo sistema tecnológico. Mas, à diferença de Bertrand Gille (1978), para Hughes as soluções inventadas para remanejar o sistema e criar um novo sistema são sempre soluções mistas, heterogêneas, que dispõem de um conjunto de meios técnicos, econômicos, organizacionais, ligados de maneira inextrincável uns aos outros.

Vimos logo acima o caso de Thomas Edson, mas ele se constitui apenas numa das figuras da história da eletricidade americana. Insull, por exemplo, pode ser considerado, segundo Hughes (1983), como um empreendedor da estatura de Edson: foi ele quem instalou os meios técnicos, organizacionais e de gestão que permitiram uma integração a contento das redes locais às redes de grande tamanho. Essas redes são geradoras de economias de escala por várias razões: não somente por causa dos ganhos tornados possíveis pelo crescimento de tamanho das unidades de produção, mas também pela melhor adequação que elas permitem entre produção e consumo através da utilização de um conceito que as ações de Insull contribuiu para forjar, melhorando a curva de carga elétrica. Quando Insull chegou na *Chicago Edison Company*, esta era somente uma das vinte empresas elétricas da cidade. Vinte anos mais tarde, uma só empresa subsistia. Para passar de um estado a outro, foram precisos dispositivos variados de acoplagem entre redes concebidas sobre princípios completamente diferentes (conversor rotativo, transformador de frequência), unidades de produção mais importantes e um princípio novo, de maneira que o conjunto da rede constituída permitia diversificar os usos da eletricidade, um sistema de gestão capaz de otimizar a todo instante o funcionamento global e um sistema de faturamento que instaura uma forma de regulação da demanda. Em outras palavras, para Hughes, e ao contrário de alguns autores apresentados anteriormente, a tecnologia não pode ser considerada de maneira independente: ela só tem sentido como resultado de um processo de ligação entre elementos heterogêneos. Caso não fosse relacionada a outros elementos, a lâmpada de filamento de alta resistência seria incompreensível somente como fenômeno técnico, tamanha a concorrência do gás.

#### **4.2 As técnicas interdependentes**

Como Hughes (1989b, 1983), Paul David (1988, 1986b, 1985, 1984) pôs em evidência a multiplicidade e heterogeneidade dos elementos associados em torno de uma tecnologia particular, associações que estão na origem do que ele chama "interdependências técnicas". Rebelando-se contra uma descrição grosseiramente funcional das tecnologias que conduz a postular rápido demais sua substituibilidade, David mostra que a eficácia, e mesmo a possibilidade de funcionamento de uma tecnologia está subordinada a uma série de condições sociais, geográficas, jurídicas, comerciais, etc., que são, de algum modo, pressupostas pela própria forma da tecnologia. O que lhe permite explicar os ritmos diferentes de adoções das tecnologias segundo os países ou as regiões, sem ser obrigado a atribuir a uns o caráter de pioneiros e, a outros, uma mentalidade retrógrada.

À diferença de Hughes, para quem os usuários finais se revelam como o ponto de coroamento

natural dos sistemas tecnológicos, David os coloca praticamente em paridade com os inovadores: porque os atores são perfeitamente conscientes de que a validade de suas escolhas depende das escolhas dos outros atores - particularmente em razão da possibilidade de economia de escala e da existência de externalidades de redes, de suas análises das interdependências técnicas e da antecipação que eles fazem dos comportamentos dos outros - eles desempenham um papel crucial no desenvolvimento da adoção das tecnologias. O que pode conduzir, em certos casos, ao favorecimento durável de uma tecnologia que não é a melhor possível, simplesmente porque, do estrito ponto de vista dessas características técnicas internas, certos elementos intervieram muito cedo em seu desenvolvimento, determinando antecipadamente a mecânica de seu desempenho, e tornaram irreversível uma série de escolhas iniciais. Assim, a existência precoce da formação pela datilografia sobre teclado QWERTY bastou para orientar as antecipações e as escolhas dos empregadores e dos empregados numa mesma direção, ao passo que foi demonstrado que outras disposições de teclado permitiam uma velocidade de toque bem mais elevada. Não existe para David nenhuma lógica própria da tecnologia que dê conta de seu desenvolvimento: as formas técnicas são múltiplas, variáveis, tão imprevisíveis e capciosas quanto a própria existência.

### **4.3 A complexificação das técnicas interdependentes pelo "learning by doing"**

Nos trabalhos de Nathan Rosenberg (1991, 1990, 1982, 1976a, 1976b), o modelo exposto acima se complexifica ainda mais, na medida em que o processo de inovação não termina no lançamento no mercado dos primeiros exemplares de uma tecnologia, mas continua através dos primeiros usuários que, através do "learning by doing", transformam a tecnologia, definem seu meio ambiente, desenvolveram saberes e saber-fazer sendo todos esses elementos tão importantes quanto o dispositivo inicial para assegurar, à longo prazo, a confiabilidade e a rentabilidade da tecnologia. Daí a idéia de que a adoção de uma tecnologia depende das antecipações feitas pelos atores, não somente sobre o comportamento dos outros, mas sobre as capacidades de evolução da tecnologia em questão, das tecnologias complementares que são suscetíveis de melhorar seus desempenhos e de estender seu campo de aplicação e, enfim, das tecnologias concorrentes, antigas e novas, que elas também, são capazes de redefinir os termos de comparação. O que conduz, como também para Hughes, a considerar que o inovador deve lutar tanto pela instalação dos dispositivos técnicos quanto por atrair a convicção de eventuais usuários.

### **4.4 A tecnologia como rede**

A corrente de análise conhecida sob a denominação de "teoria do ator-rede" ou "teoria da tradução", que reúne autores como Akrich (1993a, 1993b, 1992a, 1992b, 1989, 1987a, 1987b), Callon (1991, 1989a, 1989b, 1986, 1981), Callon e Latour (1981), Latour (1992a, 1992b, 1991, 1987), Law (1989), Law e Callon (1988) e Mackenzie (1990), retoma um certo número de pontos desenvolvidos pelos historiadores e analisados anteriormente, sistematizando-os e inserindo-os numa teoria que procura, entre outras coisas, descrever a inter-relação entre escolha técnica e destino social das inovações. De igual modo aos modelos que acabei de apresentar, a multiplicidade e o reforço das associações entre elementos heterogêneos está no coração do processo de inovação. O mundo social e o mundo natural não têm nenhuma significação intrínseca. São os atores que impõem ao mundo uma ordem e um sentido. Os atores lutam entre si para impor sua própria estrutura, sua lógica, sua socio-lógica. Contudo, os mecanismos pelos quais um certo número de atores se interessa pelo desenvolvimento de uma inovação não são disjuntos daqueles que definem e estabilizam, progressivamente, a própria inovação: pela negociação dos conteúdos técnicos que conduz à sua redefinição, aumenta-se a capacidade do dispositivo de traduzir as necessidades, as aspirações e os objetivos de todos aqueles que ele deve interessar. Nessa perspectiva, não se pode orientar as antecipações dos usuários simplesmente pelo recurso a artifícios retóricos: somente a construção de uma rede de relações, na qual a tecnologia desempenha um papel primordial, permite aumentar a previsibilidade de cada um dos elementos associados e tornar irreversíveis, pouco a pouco, as escolhas passadas.

Nesse sentido, as interdependências técnicas de Paul David ou o *momentum* de Thomas Hughes não são somente o resultado, mais ou menos desejado e desejável, de uma história consumada, mas podem ser utilizados como estratégias permitindo estender e consolidar uma rede. Nesse modelo, a

inovação é, pois, um processo sociotécnico por que cada decisão sobre os conteúdos técnicos introduz uma definição do que são as entidades (humanas ou não humanas) interessadas ou a serem interessadas, dos problemas que são colocados a elas, e da maneira pela qual pode-se resolvê-los. Essas decisões não são tomadas sem precaução: uma parte importante do trabalho da inovação consiste em se consagrar à produção das representações ou de porta-vozes daqueles que é preciso interessar. Nessa perspectiva, a recorrência à ciência deve ser interpretada como um dos métodos que permitem essa produção de porta-vozes de entidades não humanas. A incerteza inerente ao processo de inovação - e sobre o qual estão de acordo a maior parte dos analistas - encontra sua fonte nos procedimentos de representação: uma simples mudança de escala pode às vezes alterar as condições de funcionamento de um dispositivo, o modelo de laboratório não basta para representar os fenômenos industriais; igualmente, em outros casos, os revendedores, que se presume estarem mais próximos dos usuários, mostram-se incapazes de prever seus comportamentos face a um novo produto. Os exemplos dessas traições imprevistas são inúmeros, sendo que aqui o ponto importante é que não há na análise diferença irreduzível entre recrutamento dos humanos e o dos não humanos, mesmo si, ao nível do detalhe, os múltiplos métodos utilizados pelos atores em cada uma dessas configurações possam ser bastante dissemelhantes.

Uma inovação que tem êxito realiza o conjunto das hipóteses sobre as quais seu desenvolvimento se apoiou e atribui, naturalizando-as, propriedades ao mesmo tempo aos dispositivos e aos humanos: é assim que se deve compreender, nesse modelo, o papel da tecnologia na fabricação de nossas sociedades, como uma das modalidades pelas quais se redistribuem, de maneira mais ou menos estável, as competências dos humanos entre si e com os não humanos.

Nesse sentido, partindo da dicotomia oferta-demanda, considerada como arquétipo dos modelos bipolares, isto é, dos modelos nos quais as relações dos homens com os dispositivos técnicos são consideradas como o encontro entre duas realidades que existem mais ou menos independentes uma da outra, Akrich (1993a, 1993b, 1993c) procurou aproximar cada vez mais esses dois pólos que se traduzem nas questões de quem faz os dispositivos técnicos e o que fazem os dispositivos técnicos. Em outros termos, ela procurou partir da gênese dos dispositivos técnicos, do que lhes dá forma e conteúdo e da maneira pela qual o mundo se integra neles, para ir até aos processos pelos quais eles adquirem significação e uso e a maneira como eles se integram nesse mundo.

Os diferentes autores e correntes de pesquisa que reagruei nesta última parte desse artigo apresentam um certo número de traços comuns que condensarei no termo de "rede", utilizado como modalidade de descrição e de explicação. A forma assumida pelos dispositivos técnicos, seu sucesso ou seu fracasso, seus domínios de utilização, seus "impactos", etc., todos esses elementos, condensam o conjunto das ligações que foram atadas, mais ou menos solidamente, mais ou menos ao longo do processo de inovação, entre o próprio dispositivo e os elementos que constituem ativamente seu meio ambiente. Nenhum motor externo, nenhuma grande causa unívoca pode dar conta do desenvolvimento tecnológico ou, em outras palavras, a diferença entre os fenômenos locais e os fenômenos globais situa-se na extensão diferencial das redes. A rede é constituída de elementos cujo grau de passividade é suscetível de variar ao longo do tempo, e que são dotadas a priori de uma capacidade de recomposição das ligações que unem uns aos outros e pelas quais eles se definem uns aos outros. A inovação, enquanto dispositivo técnico de uma forma particular circulando num espaço específico é, pois, o resultado de um processo eminentemente coletivo, a definição e a extensão desse coletivo variando segundo os autores. Enfim, nem a tecnologia, nem o social desfrutam de uma posição de exterioridade em relação à rede, o que veta a possibilidade de se colocar a questão do determinismo de um pelo outro: a inovação é uma das modalidades pelas quais as competências são redistribuídas entre diferentes entidades que povoam o mundo humano, não-humano, técnico e social.

## 5. À guisa de conclusão

Foram esboçados anteriormente os principais eixos entorno dos quais se organizam a reflexão

teórica contemporânea sobre as ligações entre as tecnologias, a inovação, a sociedade e o meio ambiente. Vimos que é possível distinguir dois grandes conjuntos de concepções: de um lado, aquelas que se interessam mais pela dinâmica da inovação e do desenvolvimento tecnológico e, de outro, aquelas que se fixaram como objetivo a elaboração de modelos gerais de sociedade, modelos nos quais as tecnologias ocupam um lugar crucial.

Situando-se num quadro evolucionista, os dois conjuntos de autores que acabei de apresentar insistem sobre o caráter não linear do progresso tecnológico e põem num primeiro plano a pluralidade das trajetórias esboçadas num dado momento pelo conjunto dos atores da mudança tecnológica; desse ponto de vista, encontra-se instalada nos modelos uma certa simetria entre as inovações que obtiveram sucesso e as que fracassaram. De um lado, o fracasso não é atribuído nem à incompetência dos inovadores nem ao conservadorismo dos usuários - esses dois grupos de atores são dotados da mesma quantidade de inteligência, simplesmente eles têm objetivos diferentes. De outro lado, ele é constitutivo do processo de inovação, já que, por definição, a seleção supõe que certas soluções sejam retidas e outras abandonadas. Esses modelos estabelecem uma continuidade entre todas as etapas da inovação, da concepção à difusão, tornando essencialmente um certo número de fatores "sociais" mais ativos na concepção. Inversamente, mesmo que esses fatores apresentem uma diversidade e uma complexidade tal que seja gerada uma incerteza irreduzível, supõe-se que eles pré-existiam ao processo de inovação. Tudo se passa como se os inovadores contribuíssem para o aumento dos conhecimentos sobre a sociedade, influenciando marginalmente sobre seu devir. Reconheçamos também que esses modelos têm por objetivo a compreensão dos mecanismos da mudança tecnológica, e não a integração da tecnologia numa teoria da mudança social, cuja elaboração eles tomam o cuidado de deixar para outros.

Chegamos à constatação de que a passagem de um modo de reflexão para outro permanece bastante marginal. Em outras palavras, preocupações sociológicas, econômicas, antropológicas ou históricas casam-se raramente. Os trabalhos oriundos, principalmente, do que se convencionou chamar de nova sociologia da ciência e das tecnologias procuram superar essa compartimentação.

## Notas

[\*] Este artigo é fruto da pesquisa exploratória que resultou no projeto "Inovação em Saúde Pública - estudo de caso do processo de construção social, coletivo e local da *Rede Vacinas Recombinantes e DNA* da Fundação Oswaldo Cruz", de autoria de Carlos José Saldanha Machado e Márcia de Oliveira Teixeira, a ser realizado entre 2006 e 2008, numa parceria entre o Centro de Informação Científica e Tecnológica e a Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio da Fundação Oswaldo Cruz.

[1] Essa expressão é aqui utilizada em lugar daquela tradicionalmente corrente nas análises sociológicas, *países subdesenvolvidos*, como forma de se evitar o uso de um parâmetro único para se medir o avanço no processo de desenvolvimento das diversas sociedades contemporâneas, chamando a atenção para o seu caráter *relativo*, por comparação com os demais países - e não *absoluto*.

[2] Lilian Hoddeson (1981) mostra, de maneira análoga, abordando o caso dos repetidores telefônicos, que a pesquisa fundamental não é o pressuposto do desenvolvimento industrial, mas que certos problemas de pesquisa fundamental resultam de um longo processo de tradução que pode ter origens diversas e, em particular, no caso que ocupa a autora, uma questão de estratégia comercial, uma vez que é porque a companhia Bell quer assegurar uma posição de força no seu setor que ela deseja desenvolver uma linha transcontinental, o que coloca o problema do repetidor, o qual vai ser traduzido em um série de questões de pesquisa fundamental.

[3] Com base num estudo de caso sobre o telefone, David Hounshell (1975) mostra que esse

*momentum* é, de alguma forma, interiorizado e determina, em parte, as reações dos indivíduos às inovações. Elisha Gray que era um especialista do telefone não podia imaginar que o telefone pudesse ter um lugar qualquer além de simples curiosidade no mundo das telecomunicações. Mas é porque Bell é um *outsider*, que não estava envolvido com todas as relações que cercam certos objetos técnicos, que ele se torna finalmente "o inventor" do telefone.

## Referências Bibliográficas

- AKRICH, M. (1993a). "Les objets techniques et leurs utilisateurs", *Raisons pratiques*, 4 :35-57.
- \_\_\_\_\_, (1993b). "Essay of Technosociology: a Gasogene in Costa Rica", In: Lemonnier, P. (Ed.), *The arbitrariness of technological choice*, London: Routledge, pp. 64-86.
- \_\_\_\_\_, (1992a). "Beyond Social Construction of Technology : the Shaping of People and Things in the Innovation Process", In: Dierkes, M. e Hoffmann, U. (Eds.), *New Technology at the Outset*, Frankfurt/New-York : Campus/Westview, pp. 173-190.
- \_\_\_\_\_, (1992b). 'The de-scription of technical objects' In : Bijker, W e Law, J. (Eds), *Shaping Technology/Building Society*, Cambridge Mass: MIT Press, pp. 205-224.
- \_\_\_\_\_, (1989). "De la position relative des localités. Systèmes électriques et réseaux socio-politiques", *Cahiers du Centre d'Études pour l'Emploi*, 32 : 117-166.
- \_\_\_\_\_, (1987a). "Comment les innovations réussissent?", *Recherche et Technologie*, 4 : 26-34.
- \_\_\_\_\_, (1987b). "Comment décrire les objets techniques?", *Technique et Culture*, 9 : 49-64.
- BIJKER, W. (1987). "The Social Construction of Bakelite : Toward a Theory of Invention" In: BIJKER, W., HUGHES, T. e PINCH, T. (Eds.), *The Social Construction of Technology : New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MA., London : The MIT Press, pp. 72-125.
- BIJKER, W., HUGHES, T. e PINCH, T. (Eds.) (1987). *The Social Construction of Technological Systems : New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MA, London: The MIT Press.
- BIJKER, W. e LAW, J. (Eds) (1992). *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge, MA.: MIT Press.
- BIJKER, W. e PINCH, T. (1989). "The Social Construction of Facts and Artifacts : Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other", In: BIJKER, W., HUGHES, T. e PINCH, T. (Eds.), *The Social Construction of Technology*, Cambridge, MA., London: The MIT Press, pp. 127-159.
- CALLON, M. (1991). "Réseaux technico-économiques et irréversibilité" In : Boyer, R. (Ed.), *Figures de l'irréversibilité en économie*, Paris : Ed. EHESS, pp. 56-88.
- \_\_\_\_\_, (1989a). *La science et ses réseaux*, Paris : La Découverte.
- \_\_\_\_\_, (1989b). "Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis", In: BIJKER, W., HUGHES, T. e PINCH, T. (Eds.). *The Social Construction of Technology*, Cambridge, MA., London: The MIT Press, pp. 83-103.
- \_\_\_\_\_,(1986). "Éléments pour une sociologie de la traduction : la domestication des coquilles St-Jacques et des marins pêcheurs dans la baie de St. Brieuc", *L'Année Sociologique*, 36 : 169-208.

\_\_\_\_\_, (1981). "Pour une sociologie des controverses technologiques", *Fundamenta Scientiae*, 2(3/4) : 381-399.

CALLON, M. e LATOUR, B. (1981), "Unscrewing the Big Leviathan ; or How Actors Macrostructure Reality and How Sociologists Help Them To Do So?", In: Knorr-Cetina, K. e Cicourel, A. V. (Eds), *Advances in Social Theory and Methodology : Toward an Integration of Micro and Macro-Sociologies*, London : Routledge and Kegan Paul, pp. 277-303.

DAVID, P. (1986a). "La moissonneuse et le robot. La diffusion des innovations fondées sur la micro-électronique", In : Jean-Jacques, S. e Schmeder, G. (Dir.), *Les enjeux du changement technologique*, Paris : CPE-Economica, 49-80.

\_\_\_\_\_, (1986b). "Understanding the Economics of QWERTY: the Necessity of History". In: PARKER, W. N. (Ed.). *Economic History and the modern Economist*, Oxford : Oxford: Basil Blackwell, pp. 121-163.

\_\_\_\_\_, (1988). "Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation", *Journal of Economic Literature*, 26: 1120-1171.

\_\_\_\_\_, (1985). "Clio and the Economics of QWERTY", *American Economic Review*, 75(2): 332-7.

\_\_\_\_\_, (1984). *Technical Change and Industrial Transformation*, MacMillan: London and New York.

DOSI, G. (1982). "Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change", *Research Policy*, 11: 147-162.

DOSI, G., TEECE, D. J. e WINTER, S. (1992). "Toward a Theory of Corporate Coherence: Preliminary Remarks". In: Dosi, G., Giannetti, R. e Toninelli, P.A. *Technology and Enterprise in a Historical Perspective*, Oxford: The Clarendon Press of Oxford University, pp. 123-161.

DOSI, G., PAVITT, K. e SOETE, L. (1990). *The Economics of Technical Change and International Trade*. London and New York: Harvester Wheatsheaf Press.

DOSI, G, FREEMAN, C., NELSON, R. e SOETE, L. (1988). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.

GILFILLAN, S. C. (1935). *The sociology of invention*, Cambridge, MA: MIT Press.

GILLE, B. (1978). *Histoire des techniques*. Paris : Gallimard, La Pléiade.

HAUDRICOURT, A-G. (1987). *La technologie comme science humaine. Recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques*, Paris : Maison des Sciences de l'Homme.

HEILBRONER, R. (1967). "Do Machines Make History ?", *Technology and Culture*, 8: 335-364.

HODDESON, L. (1981). "The emergence of basic research in the Bell Telephone Lab", *Technology and Culture*, 22: 512-524.

HOUNSHELL, D. (1975). "Elisha Gray and the telephone or the disadvantage of being an expert", *Technology and Culture*, 20: 133-161.

HUGHES, T. (1989a). *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm*, New York: Viking.

\_\_\_\_\_, (1989b). "The Evolution of Large Technological Systems" in Bijker W. E., T. P. Hughes et

T. Pinch (dir.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, Massachusetts, London, England : The MIT Press, pp. 51-82.

\_\_\_\_\_, (1983). *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

\_\_\_\_\_, (1979). "The electrification of America: The system builders", *Technology and Culture*, 20: 124-161.

\_\_\_\_\_, (1976), "The Science-Technology Interaction: The Case of High-Voltage Power Transmission Systems", *Technology and Culture*, 17: 646-662.

\_\_\_\_\_, (1969). "Technological momentum in history: Hydrogenation in Germany 1898-1933", *Past & Present*, 44: 106-132.

LATOURE, B. (1992a). *Aramis, ou l'amour des techniques*, Paris: La Decouverte.

\_\_\_\_\_, (1992b). "Where are the missing masses? The sociology of a few mundane artifacts". In: Bijker, W e Law, J.(Eds). *Shaping Technology/Building Society*, Cambridge, MA: MIT Press, pp. 225-257.

\_\_\_\_\_, (1991). "Technology is Society Made Durable". In: Law, J. (Ed.), *Technology, Power and the Modern World*, London: Sage, pp. 69-95.

\_\_\_\_\_, (1987). *Science in Action*. Cambridge, MA : Milton Keys/Open University Press.

LAW, J. (1989). "Technology closure and heterogeneous engineering : the case of the portuguese expansion", In: Bijker, W., Hughes, T. P. e Pinch, T. (Eds.). *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, Massachusetts, London, England : The MIT Press, pp. 112-149.

LAW, J. e CALLON, M. (1988). "Engineering and Sociology in a Military Aircraft Project : A Network Analysis of Technological Change", *Social Problems*, 35 (3): 284-297.

LEROI-GOURHAN, A. (1943). *L'homme et la matière. Evolution et Techniques, I*. Paris : Albin Michel.

\_\_\_\_\_, (1945). *Milieu et techniques. Evolution et techniques, II*. Paris : Albin Michel.

\_\_\_\_\_, (1964). *Le geste et la parole. I - Technique et langage*. Paris : Albin Michel.

\_\_\_\_\_, (1965). *Le geste et la parole. II - La memoire et les rythmes*. Paris : Albin Michel.

\_\_\_\_\_, (1982). *Les racines du monde. Entretiens avec Claude-Henri Rocquet*. Paris : Pierre Belfond.

MACHADO, C. J. S (2005). "Descoberta, invenção e inovação segundo os estudos sociais anglo-saxões e europeus das ciências", *Revista Rio de Janeiro*, 18: 112-153.

MACHADO, C. J. S (2003). *Tecnologia, Meio Ambiente e Sociedade*. Rio de Janeiro: E-Papers.

MACKENZIE, D. (1984). "Marx and the Machine", *Technology and Culture*, 25: 473-502.

\_\_\_\_\_, (1990), *Inventing accuracy. A historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*, Cambridge, Massachusetts : MIT Press.

MACKENZIE, D. e WAJCMAN, J. (1985). "Introduction", In: MacKenzie, D e Wajcman, J., (Eds),

(1986), *The Social Shaping of Technology*, Milton Keynes: Open University Press, pp. 2-25.

MARX, K. ([1867]1983). *O Capital: crítica da economia política. Vol 1, Livro Primeiro - O processo de produção do capital, Tomo 1 - Prefácios e Capítulos I a XII*. São Paulo: Abril Cultural.

\_\_\_\_\_, ([1867]1984a). *O Capital: crítica da economia política. Vol 1, Livro Primeiro - O processo de produção do capital, Tomo 2 - Capítulos XIII a XXV*. São Paulo: Abril Cultural.

\_\_\_\_\_, ([1867]1984b). *O Capital: crítica da economia política. Vol. II, Livro Segundo - O processo de circulação do capital*. São Paulo: Abril Cultural.

\_\_\_\_\_, ([1867]1984c). *O Capital: crítica da economia política. Vol III, Livro Terceiro - O processo global da produção capitalista, Tomo 1 - Parte primeira*. São Paulo: Abril Cultural.

\_\_\_\_\_, ([1867]1984d). *O Capital: crítica da economia política. Vol III, Livro Terceiro - O processo global da produção capitalista, Tomo 2 - Parte segunda*. São Paulo: Abril Cultural.

\_\_\_\_\_, ([1847], s/d.). *A Miséria da Filosofia*. São Paulo: Livraria Exposição do Livro.

MUMFORD, Lewis (1967). *The Myth of the Machine: I. Technics and Human Development*. New York: Harcourt, Brace and World.

\_\_\_\_\_, (1970). *The Myth of the Machine: II. The Pentagon of Power*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.

\_\_\_\_\_, (1934). *Technics and Civilization*. New York: Harcourt, Brace and Co.

NELSON, R. (Ed.) (1993), *National Systems of Innovation*, Oxford University Press, Oxford.

\_\_\_\_\_, (1981), "Research on Productivity Growth and Productivity Differences: Dead Ends and Departures", *Journal of Economic Literature*, 19: 1029-1064.

NELSON, R. e WINTER, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

\_\_\_\_\_, (1977). "In search of a useful theory of innovation", *Research Policy*, 6: 36-76.

OECD (2002). *Science, Technology and Industry Review No 27* [Special Issue on New Science and Technology Indicator], Paris: OECD Publications.

\_\_\_\_\_, (2000). *Economic Outlook*. Paris: OECD Publications.

OGBURN, W. (1957). "The meaning of Technology. How Technology Causes Social Change". In: Allen F. R, H. Hart, D. C. Miller, W. Ogburn F. et M. F. Nimkoff (Eds.), *Technology and social change*, New York : Appleton-Centurey-Crofts, pp. 87-121.

PINCH, T. e BIJKER, W. (1984). "The Social Construction of Facts and Artefacts : or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology might benefit each other", *Social Studies of Science*, 14: 399-441.

ROSENBERG, N. (1991), "Critical Issues in Science Policy Research", *Science and Public Policy*, 18: 12-18.

\_\_\_\_\_, (1990). "Why Do Firms Do Basic Research (With Their Own Money)?", *Research Policy*, 19: 165-174.

\_\_\_\_\_, (1982). *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge: Cambridge

University Press.

\_\_\_\_\_, (1976a). *Perspectives on Technology*, Cambridge: Cambridge University Press.

\_\_\_\_\_, (1976b). "On technological expectations", *The Economic Journal*, 86: 523-532.

WESTRUM, L. (1991). *Technologies and Society. The Shaping of People and Things*. Belmont, CA: Wadsworth Pub Co.

### **Sobre o autor / About the Author:**

Carlos José Saldanha Machado

[csaldanha@cict.fiocruz.br](mailto:csaldanha@cict.fiocruz.br)

[saldanhamachado@gmail.com](mailto:saldanhamachado@gmail.com)

Doutor em Antropologia pela Sorbonne.

Pesquisador do Departamento de Estudos em Ciência e Tecnologia do Centro de Informação em Ciência e Tecnologia da Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz