

# Capítulo I

## Visão Geral da Moldagem Social da Tecnologia

### I.1- Introdução

Dentro do campo mais amplo dos ‘Estudos de Ciência e Tecnologia’, a abordagem geral denominada ‘Moldagem Social da Tecnologia’ (Social Shaping of Technology) (Edge, 1995) abrange uma série de enfoques que analisam com atenção especial os processos sociais que envolvem ou conduzem à geração de tecnologias – novos conhecimentos, atividades e produtos, tanto no setor de produção quanto no de serviços, bem como nas formas de organização de ambos. Esta abordagem geral busca rastrear e examinar a influência de fatores sociais variados – sejam eles econômicos, políticos ou culturais, entre outros – que conjuntamente com fatores de natureza mais técnica contribuem para determinar os rumos tomados pela mudança tecnológica, suas características e rapidez.

Para expor os contornos básicos desta abordagem geral é necessário nos determos em alguns dos seus autores e referências principais. Assim, entre inúmeros trabalhos, não se pode deixar de citar, de início, a coletânea de artigos reunidos no livro intitulado “Social Shaping of Technology” (MacKenzie & Wajcman, 1985) – um clássico da literatura nesta área –; o artigo, com idêntico título, “Social Shaping of Technology” (Edge, 1988, 1995), em que o autor explica as linhas centrais da abordagem; e o artigo de revisão “Social Shaping Review: Research, Concepts and Findings in the UK” (Williams & Edge, 1992).

Um ponto de partida para apresentar esta abordagem geral é observar as limitações dos enfoques tradicionais de análise das mudanças tecnológicas. Por aí, pode-se avaliar o quanto estes enfoques são estreitos e insuficientes, pois eles implicam em determinismo tecnológico, assumem um modelo linear e simplista do processo de inovação, consagram a tendência de tratar a tecnologia como dada – “caixa preta” – e expressam preocupação excessiva, senão exclusiva, com os chamados “impactos sociais” das trajetórias técnicas que já estariam previamente determinadas.

Tradicionalmente, a pesquisa social sobre a tecnologia sempre tendeu a focar os “efeitos da tecnologia sobre a sociedade”, seus “impactos”, suas “implicações”, e assim por diante. Se, por um lado, a importância da análise dos impactos das tecnologias sobre inúmeros aspectos da economia e da sociedade é indubitável, por outro lado, as hipóteses sobre as quais repousa a visão tradicional podem e devem ser objeto de crítica. Pois, deixando de formular uma questão básica (e, portanto, de respondê-la) – especificamente, “o que molda a mudança tecnológica que está tendo efeitos?” (Edge, 1995, p15) – o enfoque tradicional fornece, na melhor das hipóteses, um retrato incompleto ou empobrecido sobre os processos de mudança tecnológica que busca esclarecer.

A visão tradicional reflete a “crença largamente difundida (frequentemente referida como ‘determinismo tecnológico’) que assegura que a mudança técnica é a causa primária da mudança social, e que inovações técnicas são elas mesmas ‘não-causadas’ – no sentido de que elas surgem como o resultado de uma lógica intrínseca, desencarnada e impessoal, longe de quaisquer influências sociais.” (op.cit., p14). Como corolário, fatores humanos e sociais meramente mediatizam o processo “natural” da evolução tecnológica e podem, quando muito, controlar a velocidade com que os processos de inovação ocorrem, cuja essência é vista como inevitável. Assim, a ênfase das pesquisas sobre ciência e tecnologia realizadas sob este prisma, bem como de políticas tecnológicas a partir daí concebidas, concentra-se basicamente nas tentativas de prever as ‘prováveis consequências’ da evolução tecnológica, de modo a se poder minorar os seus eventuais (e inevitáveis) efeitos negativos.

Exemplo marcante deste tipo de visão são algumas análises futurísticas sobre os impactos do ‘microchip’ sobre a sociedade – tais como as de Adam Schaff (1985), Andrés Gorz (1982), e Large (1980, citado por MacKenzie & Wajcman, op.cit., p5), entre outros. De acordo com tais análises, a revolução da microeletrônica está causando a emergência de uma nova forma de sociedade. Seremos todos forçados a mudar nossas idéias sobre o trabalho e o lazer à medida que o ‘chip’ for eliminando milhões de postos de trabalho. A relação assumida é direta: ‘chip’ causa desemprego. Admite-se, no entanto, que temos escolhas. Podemos, por exemplo, escolher entre uma sociedade em que todos trabalham mas com um número de horas reduzido, ou com um elite pequena trabalhando em tempo integral e uma grande massa de desempregados permanentes. De qualquer jeito as opções são limitadas, e limitadas pela nova tecnologia – o ‘chip’. Portanto, segundo tais análises, “é a mudança da tecnologia que está trazendo a nova ‘sociedade do lazer’, ou a ‘sociedade pós-industrial’.” (op.cit., p5). O papel que resta para a sociedade é, na melhor das hipóteses, o de escolher a opção mais civilizada, uma vez que a nova sociedade já está tecnologicamente pré-determinada. Estudos realizados com esta visão cobrem os impactos nas estruturas organizacionais e ocupacionais, na estrutura das indústrias e de alocação de recursos, suas implicações para os grupos sociais, para o mercado, etc.

Em contraste, a abordagem geral “Moldagem Social da Tecnologia” procura ‘abrir as caixas pretas’ e desvendar as origens da tecnologia e os caminhos de sua evolução posterior. A abordagem chama a atenção para a flexibilidade do processo de inovação e para o grau em que ‘escolhas’ e ‘feed-backs’ são endêmicos ao processo. A relação entre tecnologia e sociedade assume a forma de um processo iterativo e recursivo, onde causas e efeitos estão inter-relacionados de modo complexo (Edge, 1995, p15). É claro, a moldagem *social* é de suma importância: a mudança tecnológica não é governada simplesmente por sua lógica interna. Assim, a questão acima – do efeito do ‘chip’ sobre o emprego – não pode ser formulada de maneira simplista. Não se trata de um mero cálculo sobre o número de postos de trabalho que poderiam ser automatizados pela tecnologia atual dos sistemas de informatização. Para relacionar o ‘chip’ com a questão do emprego e, assim, com o futuro da sociedade, o pesquisador precisa conhecer os diferentes graus de adoção e difusão do ‘chip’ em diferentes locais,

a natureza das indústrias que produzem e utilizam a tecnologia de computadores, os efeitos globais e indiretos na criação e eliminação de empregos, o papel dos sindicatos, de políticas governamentais e de movimentos sociais, as interações de todas estas dinâmicas em determinado país e suas relações com o que ocorre em outros países, o crescimento ou declínio econômico do país, bem como os padrões de mudança na economia mundial (MacKenzie & Wajcman, 1985, p6). É exatamente este processo que a ‘Moldagem Social da Tecnologia’ busca examinar e elucidar.

Portanto, inúmeros estudos empíricos nesta área tornam cada vez mais claro que as respostas para aquela questão ‘do que molda a tecnologia que está provocando impactos’ – os fatores que influenciam a rapidez, os rumos e as formas específicas da mudança tecnológica – apresentam natureza tanto técnica como social. As evidências são de todo marcantes: fatores econômicos, políticos, culturais e organizacionais, entre outros – todos reunidos na expressão ‘fatores sociais’ – podem ser verificados extensamente, documentados em detalhes, e examinados caso a caso. Na literatura especializada pode-se indentificar pelo menos 8 tipos de influências: 1) situação geográfica, ambiental e fatores relativos a recursos naturais; 2) avanço científico; 3) tecnologia pré-existente; 4) fatores econômicos e processos do mercado; 5) relações de trabalho (conflito capital x trabalho, por exemplo); 6) outros aspectos das estruturas organizacionais (empresas privadas e públicas); 7) instituições do Estado e sistema internacional de Estados; 8) divisão de gênero e outros fatores culturais (Edge, 1995, p15). Poderíamos acrescentar diversos outros como, por exemplo, fatores políticos eleitorais, cultura já enraizada no uso de tecnologias, etc. Alguns exemplos da literatura, mostrados a seguir, tornarão mais clara a importância de tais fatores. Examinaremos neste capítulo uma série deles, tecendo comentários sobre suas importâncias relativas e, mais adiante, analisando-os de acordo com enfoques particulares.

## I.2 - Tecnologia: seus significados e efeitos

Embora o termo ‘tecnologia’ expresse uma idéia que nos é mais ou menos familiar no dia a dia, sua definição precisa não se revela tão evidente. Sua fronteira com a ciência nem sempre é clara, e sua definição tem mudado com o tempo. Hoje em dia,

de acordo com MacKenzie e Wajcman, esse termo apresenta pelo menos três significados importantes (MacKenzie e Wajcman, op.cit., p3):

- a) no nível mais básico, tecnologia se refere aos *objetos físicos*, como carros, televisões, construções civis, computadores, satélites, etc;
- b) mas todos estes objetos só são o que são porque fazem parte de um conjunto de *atividades humanas*, no trabalho e fora dele. Tecnologia se refere então às atividades de produção e utilização destes objetos. Por exemplo, as tecnologias de organização da produção como ‘just-in-time’ e ‘círculos de controle da qualidade’.
- c) mas estas atividades sociais que as pessoas realizam diariamente só são possíveis porque elas têm *conhecimento* sobre a produção e utilização daqueles objetos. “Objetos tecnológicos não têm sentido sem o ‘know-how’ sobre como usá-los, consertá-los, projetá-los e produzi-los” (op.cit., p3). Tecnologia neste caso se refere ao conhecimento científico e técnico envolvido nas atividades de produção e utilização dos artefatos técnicos.

Nesta última acepção encontramos o significado mais antigo. Ele se referia ao conhecimento sistematizado que podia ser ensinado nas diversas disciplinas de engenharia, e era visto como o estudo das técnicas de produção (op.cit., p4).

Em qualquer um destes sentidos a tecnologia foi vista durante muito tempo como um fator independente, que se encontraria fora da sociedade, e que teria efeitos inevitáveis sobre esta. Contra este tipo de visão, como já foi dito, a abordagem geral ‘Moldagem Social da Tecnologia’ busca focalizar e elucidar o que causa a tecnologia que está provocando impactos. A tecnologia em si não provoca impactos pré-determinados, ela apenas abre uma possibilidade para a sociedade, e esta e/ou suas organizações podem adotar, ou não, certa tecnologia.

Um caso atual, por exemplo, são as tentativas de substituir a fita cassete e o CD (disco compacto) a raio laser por tecnologias mais avançadas (The Economist, setembro 1996, Nº 7985, p100). Alternativas até agora não faltaram. Em 1987, cinco anos após o bem sucedido lançamento da tecnologia do CD pela Sony e Philips, as mesmas

empresas lançaram o DAT (fita digital de áudio). Tecnicamente, o DAT era superior por que tinha qualidade digital e permitia gravações de música pelo próprio usuário, característica que o CD não permite. Porém, o DAT foi um fracasso comercial. A causa teria sido o boicote das companhias gravadoras que temiam um aumento de cópias piratas. Tal problema, no entanto, sempre existiu com as fitas comuns, e o CD, quando lançado, também fora inicialmente boicotado pelas mesmas gravadoras, embora por outros motivos. Em 1992, a Philips introduziu o DCC (fita digital compacta) com maior capacidade de estocagem, e com uma vantagem adicional: os novos aparelhos permitiam que as fitas convencionais também pudessem ser tocadas. E a Sony, por sua vez, lançou o ‘mini disco’ que, ao contrário do CD, permitia ao usuário realizar suas próprias gravações. Foram mais dois fracassos comerciais. Entre os fatores que são levantados para tentar explicar tais fracassos, estão a necessidade do usuário comprar aparelhos específicos para o DAT, DCC ou mini disco, o receio e a resistência das gravadoras e, por fim, a reação dos consumidores que não enxergam nas alternativas oferecidas vantagem suficiente para um esforço de trocar o “velho” CD – bom, cômodo e razoavelmente barato – por um novo tipo de tecnologia. Bem recentemente, em 1996, foi lançado o DVD (disco digital versátil) cujas características se revelam muito superiores aos do CD convencional, pois tem uma capacidade para estocar até 28 vezes mais informações, aproximadamente 7 Gigabytes de memória. O articulista do ‘The Economist’ se pergunta então: será que o CD encontrou finalmente um rival a altura que irá substituí-lo dentro em breve? Talvez sim, pois de fato o DVD apresenta vantagens técnicas bem superiores, uma vez que permite comportar nada menos que 25 vezes mais músicas do que o CD convencional. Mas, talvez não, pois quem sabe, afinal, se é isso que os consumidores realmente querem? Este exemplo mostra com clareza que é necessário analisar as condições mais amplas que influenciam a adoção de certa tecnologia e, assim, seus impactos sobre a sociedade. Neste sentido, MacKenzie e Wajcman comentam: “torna-se difícil admitir que a tecnologia tenha de ser distinguida com uma atenção especial, quando na verdade ela deveria ser tratada como uma condição entre outras” (op.cit., p6).

Por outro lado, o fato da tecnologia em si não provocar impactos pré-determinados não significa que ela não possa causar, em certas situações, efeitos

planejados de antemão. Em outras palavras, não é verdade que a tecnologia seja neutra e que tudo depende da maneira de utilizá-la. Ela pode embutir em seu projeto determinada configuração que transforma suas características técnicas em instrumentos inerentemente políticos e, com isso, abrir certas opções estratégicas para alguns grupos sociais e/ou eliminá-las para outros. Um bom exemplo, neste sentido, é o das usinas nucleares para produção de eletricidade. Qualquer pessoa leiga, medianamente informada, sabe muito bem que as opções técnicas em torno desta alternativa de geração elétrica sempre giraram, de uma forma ou de outra, em torno de desígnios militares com vistas à obtenção de produtos intermediários – tais como plutônio e urânio enriquecido – para a produção de armas nucleares.

Um outro caso, exemplo considerado clássico, é o da ponte de ‘Long Island’, construída em Nova York (Winner, 1985, p28-38). Esta ponte apresenta uma altura máxima, nos vãos de sustentação construídos sobre a pista, de apenas ‘nove pés’, aproximadamente dois metro e setenta, altura essa extremamente baixa que impede a passagem de ônibus e caminhões, só permitindo a de carros de passeio. Surpreendentemente, tal característica, por mais estranha que pareça, não foi erro de projeto ou limitação da tecnologia existente na época. Robert Moses, o engenheiro responsável pela solução “técnica”, tinha como objetivo deliberado impedir que pessoas negras e pobres que, por isso mesmo, viajavam de ônibus, chegassem aos locais de recreação dos brancos ricos ou de classe média que tinham, evidentemente, carros de passeio. Portanto, um ‘efeito social’ premeditado – a discriminação de negros e pobres – foi um fator determinante na moldagem de uma obra de engenharia civil. Em outras palavras, “Tecnologias podem ser projetadas, consciente ou inconscientemente, para abrir certas opções sociais e fechar outras” (MacKenzie & Wajcman, op.cit., p7).

Resumindo, tecnologia se refere a objetos físicos, às atividades sociais na produção e utilização destes objetos, e ao conhecimento científico e técnico envolvidos nestas atividades. Ela não provoca em si efeitos pré-determinados de antemão, mas pode ser projetada de forma a embutir nela, premeditadamente, objetivos políticos ou sociais. Portanto, isto já faz parte da questão que se deseja esclarecer aqui – o que molda a tecnologia que causa certos efeitos. No último exemplo, inusitadamente claro,

um dos fatores que contribuíram para projetar a ponte foi um objetivo político de discriminação social.

### I.3- Fatores que influenciam a moldagem da tecnologia

Examinaremos a seguir as influências sociais e técnicas que, de um modo ou de outro, contribuem para moldar as inovações tecnológicas. Começaremos pela ciência, seguindo-se a própria tecnologia, depois a economia e, finalmente, o ambiente social e cultural, tanto de uma área específica da sociedade quanto, de forma mais ampla, de toda a sociedade.

#### I.3.a - Ciência

A ciência, ou o avanço científico, é um dos fatores que imediatamente vem a mente de quem quer que se detenha um momento a refletir sobre o que moldaria a tecnologia ou contribuiria para sua geração. Intuitivamente, podemos pensar até que a tecnologia é simplesmente a aplicação da ciência. No entanto, como MacKenzie e Wajcman salientam, a ciência durante um bom tempo no passado esteve divorciada dos inventos técnicos. Por exemplo: o moinho, o arado, a máquina de fiar e a máquina a vapor representaram inventos cruciais para a humanidade, porém nenhum deles representou uma aplicação da ciência pré-existente. Outro exemplo: “... a revolução geral na produção de ferro e aço que ocorreu no século dezoito foi baseada inteiramente em experimentos empíricos. A substituição do coque por carvão vegetal, a invenção do processo de produção do aço em cadinho, (...) e o desenvolvimento do processo ‘puddling’ para produzir ferro maleável, foram inventos realizados sem a utilização da ciência.” (Conant, 1980, p287).

Foi somente neste século que as relações entre as atividades científicas e tecnológicas se aproximaram mais, tendo atualmente uma forte influência recíproca. Há especializações disciplinares, como a simulação molecular de compostos orgânicos ou a decodificação do código genético, entre inúmeras outras, que simplesmente não poderiam existir sem as ferramentas computacionais. As atividades tecnológicas, por

sua vez, utilizam a ciência como fonte de recursos para ajudá-las a resolver seus problemas e alcançar os objetivos propostos. Assim, o avanço científico é um elemento de vital importância na geração tecnológica. Veremos adiante um exemplo que mostra claramente este fato.

### I.3.b - Tecnologia

E a tecnologia? Não seria ela própria um fator que moldaria outras tecnologias? Os historiadores de ciência e tecnologia demonstram que, de fato, muitos dos inventos são na verdade pequenas modificações de tecnologias já existentes (Hughes, 1983). De acordo com esses historiadores, este fato ajuda em muito a desmascarar a noção mistificada da inspiração súbita e genial dos grandes inventores. Muitos de seus inventos são na realidade a soma de inúmeros pequenos esforços, por vezes de milhares de pessoas anônimas, em aprimorar artefatos já existentes ou estender o uso de técnicas bem sucedidas de uma área de aplicação para outras. Neste sentido, a nova tecnologia surge por um processo de mudança gradual e através de novas combinações da ‘tecnologia existente’. Portanto, esta última é “uma importante pré-condição para a nova tecnologia, pois fornece a base de instrumentos e técnicas que podem ser modificados, e representa um conjunto rico de recursos intelectuais que estão disponíveis para seu uso imaginativo em novas situações” (MacKenzie & Wajcman, 1985, p10).

Da constatação de que a tecnologia existente desempenha papel importante na moldagem de novas tecnologias, brotam duas idéias: a de ‘paradigma tecnológico’ e a de ‘sistema tecnológico’. A primeira foi criada por analogia com o conceito de ‘paradigma científico’ de Thomas Kuhn (1962). De acordo com MacKenzie e Wajcman, o paradigma científico do trabalho de Kuhn tem dois significados interrelacionados:

- 1) paradigma é um ‘um problema-solução particular’, bem sucedido em certo campo científico, que se torna um exemplar modelo, base para futuros desenvolvimentos;
- 2) paradigma é a constelação geral de crenças, valores e técnicas que são compartilhadas pelos membros de uma comunidade científica (op.cit., p11).

De modo similar ao campo da ciência, o que se observa historicamente é que uma realização tecnológica particular desempenha papel crucial como modelo, ou seja, como ‘paradigma tecnológico’, a partir do qual se pode desenvolver novos artefatos. Por exemplo: no campo da tecnologia dos mísseis, o míssil alemão V-2 desempenhou este papel de modelo, por meio do qual americanos e soviéticos desenvolveram seus respectivos mísseis nos anos subsequentes à 2ª Guerra Mundial. A importância deste modelo é explicada pelo fato de que o conhecimento tecnológico precisa ser concretizado, ou seja, não é possível reduzi-lo a um conjunto de regras verbais ou escritas. Assim, o papel de um protótipo concreto representa um recurso vital para o seu desenvolvimento posterior (op.cit., p11). Um outro exemplo, ainda mais claro, é o do Japão que, após a 2ª Guerra, se tornou famoso por sua política de copiar artefatos técnicos produzidos em outros países, principalmente dos EUA, e, a partir destas cópias, as empresas japonesas desenvolveram então diversos produtos novos.

A segunda idéia, relacionada com o papel chave da ‘tecnologia existente’, nasce da observação de que as novas tecnologias surgem não na forma de elementos separados ou isolados, mas sim como partes que se integram a um sistema de elementos técnicos e sociais, o ‘sistema tecnológico’ (Hughes, 1983). A necessidade de um elemento ou parte integrar-se ao sistema, como um todo, condiciona decisivamente quais partes serão objeto de pesquisas e aprimoramentos, e como elas serão moldadas. Neste sentido, o sistema tecnológico define ou “impõe” determinados problemas críticos que “precisam” ser solucionados. Daí, é claro, pode surgir uma série de novas tecnologias.

Exemplo clássico é o de Thomas Edison e o sistema de energia elétrica, pioneiro no mundo, que ele ajudou a criar a partir do final do século passado (Hughes, op.cit.). A lâmpada de alta resistência que este famoso inventor construiu era um elemento vital num ‘sistema tecnológico’. Dadas as características históricas da sociedade americana do século passado, para que um novo sistema de iluminação fosse bem sucedido, ele estava compelido a competir com o sistema de iluminação a gás, vigente no período. Havia, é claro, interesses econômicos e políticos estabelecidos, de governo e empresas, com os quais Edison tinha que lidar para abrir passagem para a sua invenção. Estes

eram os elementos sociais do seu sistema elétrico. Já entre os vários componentes técnicos (geradores, fios de cobre, lâmpadas, etc) que compunham o sistema, um deles se revelava crítico: os fios de cobre que, devido à extensa utilização e ao preço elevado, tornavam muito caro o sistema. Edison utilizou então o avanço científico no campo da eletricidade como fonte de recursos, como foi mencionado acima, para resolver um ‘problema crítico’ particular. Tentando viabilizar economicamente o sistema elétrico, Edison recorreu a leis da eletricidade (Ohm e Joule) e concluiu que a resistência elétrica do filamento das lâmpadas deveria ser mais elevada do que das lâmpadas então existentes. Isto diminuiria a corrente elétrica necessária para acender as lâmpadas; em consequência, os fios de cobre poderiam ser mais finos e, assim, o custo com o metal se reduziria até o ponto de viabilizar o projeto. O foco de atenção de suas pesquisas ‘científicas’ se concentrou então na busca de uma lâmpada com alta resistência elétrica que se ajustasse ao seu projeto, isto é, a um conjunto interligado de elementos técnicos e sociais que permitiriam a viabilidade do sistema elétrico de iluminação.

É importante observar que a resolução de um ‘problema crítico’, como visto no exemplo acima, somente faz sentido se há metas a serem alcançadas. E estas estão normalmente ligadas a cálculos econômicos em torno da redução de custos, eficiência produtiva, rentabilidade, etc. Neste sentido, o raciocínio tecnológico e o econômico estão comumente emparelhados. “Tipicamente, as decisões tecnológicas são também decisões econômicas” (MacKenzie & Wajcman, 1985, p12). Isto nos conduz a mais um elemento relevante na moldagem da tecnologia: os fatores econômicos. Assim, ainda do exemplo acima, podemos concluir que “a pesquisa de Edison sobre o filamento da lâmpada elétrica resultou de sua indentificação como elemento central na competição econômica com a indústria de iluminação a gás existente então” (Edge, 1995, p17).

### I.3.c - Economia

Não há a menor sombra de dúvida de que fatores econômicos são fundamentais no desenvolvimento e na moldagem de tecnologias. Mas, a par disso, o inverso também é verdadeiro: a inovação tecnológica pode estimular as atividades econômicas. Karl Marx foi um dos primeiros analistas a identificar o papel da mudança técnica como

indutora do crescimento econômico (MacKenzie & Wajcman, op.cit., p14). Na realidade, o desenvolvimento da economia e o das novas técnicas de produção estão intimamente relacionados.

No amplo campo da economia existem vários estudos, com os mais variados enfoques, que buscam analisar como os diversos fatores econômicos influenciam, ou são influenciados, pelas inovações tecnológicas. Várias pesquisas examinam o papel da inovação no crescimento econômico, pois este não é um simples resultado do aumento de trabalho e capital empregados, mas também das tecnologias usadas (op.cit., 14). Outras procuram relacionar a influência da demanda, ou o ‘impulso da demanda’, sobre o aumento das invenções, que pode ser medido, por exemplo, pelo número de patentes registradas a cada ano (Schmookler, 1966, citado por MacKenzie & Wajcman, op.cit., p15). Alguns estudos buscam focalizar os processos diferenciados de difusão de certas tecnologias, por vezes em vários países, e relacioná-los com os respectivos padrões de crescimento econômico destes, chegando a propor modelos matemáticos para tal processo (Antonelli, 1991). Neste aspecto, Powell mostra a enorme desigualdade do processo de adoção e difusão de tecnologias nos vários setores da economia (Powell, 1987). Outros trabalhos analisam as relações entre o comportamento estratégico das empresas e a adoção de dada tecnologia, apresentada como fonte tanto de restrições como de novas oportunidades: “as tecnologias disponíveis fazem com que diferentes estratégias resultem em custos, benefícios e riscos igualmente distintos” (Coombs et al., 1987, p274). Não interessa aqui listar ou exaurir todos os fatores econômicos e suas diversas influências. O importante é ressaltar que os fatores econômicos estão profundamente envolvidos nos processos de geração tecnológica.

Um caso interessante, que ilustra bem os fatores econômicos, é o dos supercomputadores Cray (Elzen & MacKenzie, 1991). O desenvolvimento da velocidade dos computadores é visto popularmente como exemplo claro da inevitabilidade do progresso técnico dos computadores. Examinando a história da criação destes supercomputadores, Elzen e MacKenzie mostram, no entanto, que tão importante quanto o avanço científico e as soluções técnicas arrojadas (multi-processamento em paralelo, resfriamento com nitrogênio líquido, etc), foi a criação paulatina de um novo

mercado (inexistente até então) para estas super-máquinas. Foi este mercado que permitiu a continuidade dos pesados investimentos em pesquisas que a empresa Cray despendia anualmente. Seu departamento de ‘marketing’ e, principalmente, o de atendimento a clientes, eram de vital importância. Equipes especializadas da Cray atendiam individualmente a cada um dos usuários, dos setores mais variados (aeronáutica, automóveis, universidades, etc), de modo a permitir que eles tirassem o máximo proveito do supercomputador e, assim, ficassem satisfeitos com seu investimento. Dois fatores se mostraram críticos na evolução dos tais supercomputadores: 1) os custos das pesquisas para aprimorar as máquinas; e 2) a compatibilidade dos novos modelos, ainda mais rápidos e avançados, com os antigos. Com o tempo, à medida que o mercado crescia, os interesses da empresa em atender melhor o mercado já existente também aumentava, a ponto de entrar em conflito com o setor de pesquisas da empresa, que continuava buscando novas possibilidades de aumentar a velocidade dos computadores. E, à medida que as pesquisas evoluíam, as soluções técnicas que iam surgindo começavam a significar também maior incompatibilidade das novas versões com os modelos mais antigos. Não sem razão, os conflitos aumentaram a tal nível que a empresa se cindiu em duas: uma parte mais preocupada em atender o mercado existente, e a outra tentando construir computadores ainda mais rápidos. Podemos afirmar, portanto, que a velocidade dos computadores tem um “limite econômico”, qual seja, o que resulta do cálculo econômico entre o risco de novos e pesados investimentos em pesquisas com computação e a possibilidade incerta de criação e alargamento do mercado consumidor.

O exemplo acima focaliza uma das questões-chave para se entender as decisões relacionadas com tecnologias: o cálculo econômico depende crucialmente de como ele é percebido e utilizado, e que tipo de agentes o realizam (MacKenzie & Wajcman, op.cit., p16). No caso acima, inicialmente tal cálculo era feito na maioria das vezes por cientistas e engenheiros que, baseados na possibilidade de uma demanda futura, não percebiam que esta era altamente incerta e arriscada. Eles estavam mais condicionados pelo desafio científico e técnico da área de pesquisas em computação do que pelos riscos econômicos de tal empreitada. Fica claro então, o papel de iniciativa do campo científico/ tecnológico que, por vezes, não obedece às regras, digamos convencionais,

da economia de mercado. No entanto, tão logo o mercado de supercomputadores foi de fato criado e gradualmente ampliado, um novo tipo de cálculo ganhou força, substituindo o anterior, e nele as variáveis mais importantes passaram a ser a compatibilidade das novas versões com as antigas e a manutenção e ampliação do mercado existente de supercomputadores. Ou seja, a empresa cresceu, mudou de perfil e assumiu a lógica mais convencional da economia de mercado.

#### I.3.d - Ambiente social

O argumento principal sobre o cálculo econômico relacionado com determinada tecnologia, é que ele está intimamente ligado ao ambiente social ou, mais precisamente, ao quadro específico de relações sociais circundante. Neste sentido, MacKenzie e Wajcman fornecem um exemplo histórico muito interessante: no sistema de economia capitalista as empresas tendem a realizar o cálculo econômico orientadas por determinadas regras de mercado onde, entre outras características, os preços flutuam segundo um complicado jogo de mercado. Por outro lado, no sistema econômico controlado centralmente pelo Estado (sistema soviético, por exemplo) as empresas realizavam tal cálculo seguindo outras regras econômicas, pelas quais os preços eram previamente determinados pelo Estado. Isto trouxe como resultado, dentro de um quadro evidentemente mais complexo, que o cálculo efetuado pelas empresas soviéticas sobre os custos de produção desestimulava estratégias de adoção de novas tecnologias, bem como a produção de novos produtos. O sistema de cálculo vigente decisivamente estimulava muito mais a produção de produtos já existentes, com o uso das técnicas usuais para sua produção (op.cit., p17). Enquanto isso, do lado capitalista, as empresas aproveitavam as novas tecnologias para lançar novos produtos e serviços, produzir com mais eficiência e aumentar sua rentabilidade.

Entre inúmeras relações sociais que influenciam o modo como o cálculo econômico é realizado, uma delas merece destaque: as relações de trabalho ou produção nas fábricas e empresas. O maior ou menor conflito em torno destas relações e sua natureza particular são cruciais para entender o porquê de certas opções tecnológicas. O exemplo clássico nesta área é o das máquinas-ferramentas com tecnologia de 'controle

numérico' (Noble, 1979). O início do processo de sua criação ocorreu nos Estados Unidos, na década de 50, resultando mais tarde no desenvolvimento da tecnologia de controle numérico por computador. A técnica de produção destas máquinas ferramentas – de enorme importância, pois elas são usadas para construir todas as outras máquinas, inclusive elas mesmas – era até então manual, estando a 'inteligência' do processo de fabricação nas mãos de operários altamente qualificados. Por esta época, fora inventada, para automatizar parcialmente o funcionamento das máquinas ferramentas, uma tecnologia alternativa chamada 'repetição gravada' (recorded playback), com a qual o controle sobre o processo de fabricação permanecia com os trabalhadores. Tal tecnologia se baseava na repetição automatizada do trabalho de um operário qualificado e permitia, obviamente, uma economia de custos já que o trabalho realizado uma vez poderia ser repetido inúmeras vezes. A alternativa, porém, nunca chegou a ser plenamente desenvolvida. Seria tal tecnologia inferior à outra? Mesmo admitindo que assim fosse outras causas, menos técnicas, influíram na decisão final. A rejeição daquela opção tinha como pano de fundo, claro está, as estratégias gerenciais de administração científica do trabalho, advindas do fordismo e taylorismo. Mais do que isso, no entanto, essa rejeição estava inserida no contexto de conflitos entre capitalistas e trabalhadores num período de aguda crise econômica do pós-guerra, tempo caracterizado também pela guerra fria e pela feroz campanha anti-comunista promovida pelo movimento marcartista. Claramente, empresários e gerentes, aliados à classe dos engenheiros, tinham como estratégia reduzir a força política dos trabalhadores. Um dos meios foi o de tentar reduzir a qualificação destes trabalhadores, retirando a parte nobre do seu trabalho, ou seja, projetando máquinas ferramentas tais, que o controle do processo de fabricação passava para as mãos de engenheiros e administradores. Portanto, conflitos econômicos e políticos em torno das relações de trabalho tiveram papel decisivo na "opção técnica" pelo desenvolvimento de determinada tecnologia (controle numérico) em detrimento de outra (repetição gravada). É importante notar que ambas reduziam os custos de produção das máquinas, porém a primeira o fazia incorporando na tecnologia o objetivo estratégico gerencial de se apossar em parte do controle do processo de produção.

O cálculo econômico, entretanto, nem sempre é possível, pelo menos de modo preciso. Isto ocorre principalmente porque, com frequência, tal cálculo envolve a avaliação de custos no futuro, não no presente, para um mercado do futuro, não do presente, em suma, para uma ‘provável’ situação futura. Ao lado disso, o processo de inovação desde a invenção até sua difusão no mercado pode levar vários anos. Por exemplo, o período médio de maturação da tecnologia digital dos sistemas de telefonia pública, tema da segunda parte da tese, é da ordem de 10 anos. Por causa disso, o processo de inovação se torna imprevisível. Seus custos podem se alterar com o tempo; situações e barreiras inesperadas podem aparecer e mudar parcial ou totalmente os rumos de um projeto, de uma hora para outra. Neste aspecto, Schon afirma que “a situação do inovador não é nem mesmo a de risco quantificável, mas fundamentalmente de incerteza irreduzível.” (Schon, 1982, citado por MacKenzie & Wajcman, 1985, p18).

O caso do caça aéreo britânico (Callon & Law, 1992) é bastante revelador neste sentido. Tramas políticas dentro de um governo conservador, no Reino Unido, no final da década de 50, aliadas às dificuldades técnicas inerentes ao projeto de um caça aéreo com características arrojadas para a época, conduziu a uma situação tal, que a vitória eleitoral do partido trabalhista em 1964, pouco depois, resultou no seu cancelamento e na importação de caças americanos. A história do desenvolvimento do caça britânico é recheada de intrigas políticas e disputas econômicas: interesses conflitantes entre a Força Aérea e a Marinha, restrições de caixa do Ministério do Tesouro, e a política de reforma da indústria aeroespacial britânica, entre outros, contribuíram para moldar o grupo de desenvolvimento do caça aéreo, a rede local, e, principalmente, os requisitos desejados para o caça. Este deveria reunir num só avião características de um caça de grande autonomia, de operações táticas e de reconhecimento, com possibilidade de pouso e decolagem vertical, abastecimento em pleno vôo, etc. Tudo isso respeitando os limites de orçamento e prazos curtos para entrega das primeiras versões, já que seus agentes promotores precisavam de demonstrações convincentes de que o projeto estava avançando. Porém, entre inúmeros outros problemas, uma série de explosões da super turbina do avião, devido a problemas técnicos não bem conhecidos na época, contribuiu para levar o projeto para debate público na imprensa e nos meios políticos, enfraquecendo a posição política dos agentes promotores. O projeto do caça terminou se

tornando tema eleitoral, com o partido trabalhista prometendo seu cancelamento em caso de vitória, o que se confirmou posteriormente.

Este exemplo mostra claramente que, mesmo quando os projetos são bem financiados, podem ocorrer inúmeros percalços que alteram totalmente seus rumos. Neste sentido, é comum que grandes projetos terminem por custar muito mais do que o previsto inicialmente (no exemplo acima, o orçamento para o caça já tinha duplicado no início de 1964). Uma explicação é que os promotores de grande projetos tecnológicos tentam garantir apoios importantes ao projeto, no seu início, estimando custos otimistas e prevendo que seu desenvolvimento vá ocorrer de modo tranquilo, o que, na realidade, raramente acontece.

É importante observar que o Estado e seus órgãos geralmente são mais flexíveis em considerações sobre custos que as empresas no mercado. O Estado pode obter, por vezes, certos benefícios que não são ‘econômicos’ mas que, não obstante, podem ser considerados primordiais. MacKenzie e Wajcman descrevem um excelente exemplo disso: a empresa alemã Farben desenvolveu na Alemanha um processo químico de produção de petróleo sintético. O interesse do Estado alemão era controlar matérias primas estratégicas, especialmente depois que o nazismo assumiu o poder. Quando o petróleo sintético começou a ser produzido, em 1931, custava em torno de 50 pfennigs por litro, enquanto no mercado mundial seu preço era de 5 pfennig por litro (op.cit., p19). Mas apesar disso o Estado alemão garantiu o apoio à Farben. Claramente, considerações de preço não eram as mais importantes. Neste sentido, projetos estratégicos financiados com o apoio do Estado tendem, em geral, a envolver um tipo de cálculo econômico que difere do realizado normalmente pelas empresas no mercado.

Muitos projetos patrocinados pelo Estado são militares. Seu interesse em novas tecnologias tem sido, com frequência, crucial para superar barreiras que seriam, de outro modo, consideradas insuperáveis do ponto de vista de um cálculo econômico racional. Por exemplo, as máquinas ferramentas com tecnologia de controle numérico contaram com o apoio financeiro decisivo da aeronáutica americana por vários anos. De

maneira ainda mais crítica, Braun e MacDonald (1982, citado por MacKenzie & Wajcman, op.cit., p20) ressaltam o papel fundamental do apoio militar ao desenvolvimento da tecnologia eletrônica dos semicondutores, principalmente nos seus primórdios, quando, pelos critérios comerciais e técnicos, os dispositivos semicondutores em estado sólido – diodos, transistores e, mais tarde, circuitos integrados – eram de fato inferiores à tecnologia de válvulas então existente. Na segunda parte do presente trabalho, veremos que as tecnologias digitais de telefonia desenvolvidas no Reino Unido e no Brasil contaram com o apoio crucial de seus respectivos Estados.

Não seria correto, no entanto, afirmar que a moldagem pelo Estado está dissociada da moldagem econômica do mercado. O que deve ser observado é que os agentes a que o Estado responde são mais diversificados do que os do mercado. Nesta área, há um debate contínuo sobre os determinantes do Estado (op.cit., p21). Além disso, como apontam MacKenzie e Wajcman, há uma percepção mais ou menos consensual de que não somente a educação básica deve ser fornecida pelo Estado, mas de que também certas tecnologias devem ser promovidas pelo Estado, especialmente, quando o mercado por si só, por alguma razão, não seja capaz ou não deseje tomar a iniciativa (op.cit., p21). Adler, por exemplo, mostra o papel da ideologia nacionalista em iniciativas tomadas pelo Estado em países do terceiro mundo, como Argentina e Brasil, na procura de sua autonomia tecnológica (Adler, 1987).

Outra área em que considerações de custo são fortemente influenciadas pelo ambiente social é a da ‘tecnologia doméstica’. A criação de produtos como a panela de pressão, máquina de lavar, aspirador de pó, geladeira, etc, foi profundamente marcada pelo tipo de cultura familiar a que tais inventos procuram atender. Obviamente, cálculos econômicos são importantes, tanto pelo lado dos fabricantes quanto dos consumidores. Porém, de igual importância, como MacKenzie e Wajcman ressaltam, “foi a prevalência social da família unitária – cuidada por uma única pessoa, geralmente pela mulher e esposa, dona de casa, que essencialmente não recebe ajuda nas tarefas domésticas –, e com a associação desta situação com as metas de privacidade e autonomia, que estruturou a forma criada para a tecnologia doméstica.” (op.cit., p21). Assim, mesmo

tendo sido inventadas tecnologias que permitem o uso compartilhado, estes aparelhos foram rejeitados pelos consumidores, mesmo quando a propriedade individual se mostrava, por vezes, patentemente anti-econômica em termos de custo. A cultura do lar zelado por famílias unitárias teve, e tem ainda, peso marcante nos projetos de aparelhos domésticos.

A tecnologia doméstica nos conduz à identificação de mais um fator social que merece destaque: a divisão de gênero. Tal divisão afeta os processos de inovação de uma maneira muito evidente pelo menos num aspecto: a diferença de salários entre mulheres e homens para um mesmo trabalho (op.cit., p22). Neste sentido, Cowan mostra que o papel reservado às mulheres na sociedade ainda é subalterno. O valor do trabalho masculino é maior do que o feminino para o mesmo tipo de trabalho. Os empregadores podem buscar formas de inovação tecnológica que lhes possibilite substituir trabalhadores homens sindicalizados por trabalhadoras mulheres, mais baratas e não-sindicalizadas; ou ainda, que lhes permite diminuir o ritmo de adoção de tecnologias em áreas onde há um grande número de trabalhadoras, uma vez que, em certos casos, a mão de obra barata das mulheres é vantajosa em relação a certas tecnologias (Cowan, 1985, p181).

Mais importante ainda é ressaltar que a própria definição de tecnologia já traz embutida a cultura machista e de exclusão das mulheres das atividades ditas “masculinas”. Cockburn mostra claramente que certas atividades profissionais executadas geralmente por mulheres, como a costura e a tecelagem, por exemplo, requerem grande experiência, destreza manual e, muitas vezes, planejamento e cálculos. No entanto, tais atividades não são consideradas normalmente como ‘tecnologias’. Por isso, Cockburn afirma que a tecnologia “é tanto uma propriedade social quanto um processo de formação dos homens” (Cockburn, 1983, citado por MacKenzie & Wajcman, op.cit., p22).

Em resumo, a importância de todos estes fatores, sociais e técnicos, bem como de suas estruturas e dinâmicas, se deve ao fato de que eles delimitam o espaço e o tempo onde as pesquisas ocorrem e influenciam a direção dos esforços de pesquisas,

além, é claro, de que contribuem com o imprescindível suporte científico e econômico para sua continuidade até a implementação de alguma tecnologia. Ou, dito de outra forma, uma vez que a tecnologia resultante incorpora nas suas características técnicas os interesses dos agentes sociais que participaram ou influenciaram no processo de sua moldagem, o exame do processo de definição dessas características nos fornecem a pista sobre os problemas, estratégias e objetivos – explícitos ou velados – dos grupos sociais envolvidos na geração de determinada tecnologia.

#### I.4 - Modelo interativo da moldagem social da tecnologia

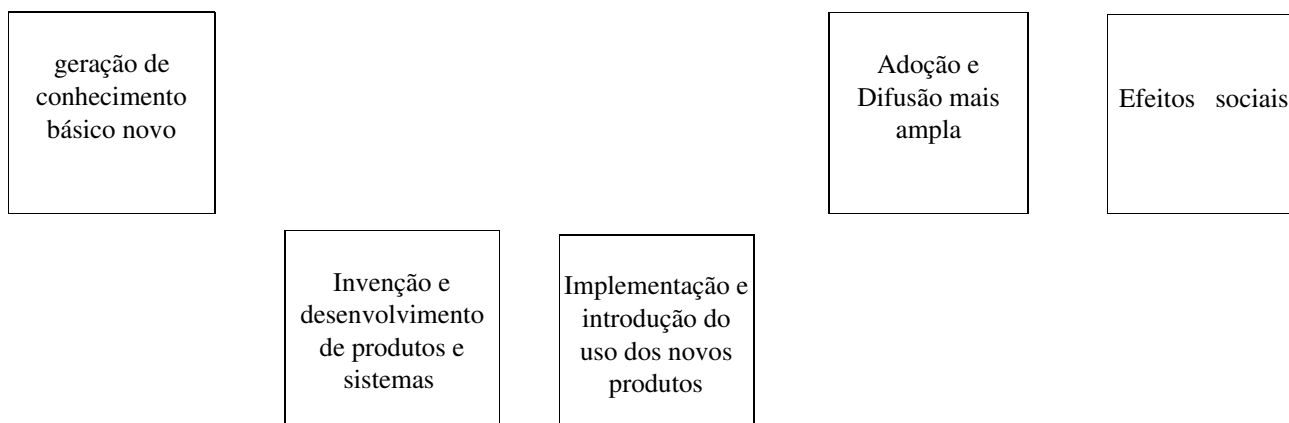
A importância de um modelo se deve ao fato de que ele serve para caracterizar, de uma forma mais generalizada, o processo de inovação tecnológica; assim, ele pode servir para orientar o pesquisador, apontando ou sugerindo os pontos a serem observados e analisados. Neste sentido, o modelo revela as características gerais da abordagem ou método de análise.

O modelo tradicional, por exemplo, não “enxerga” devidamente nem o papel dos fatores sociais nos vários estágios de inovação, nem as diversas interações entre todos estes fatores e estágios. Neste sentido, ele representa um modelo linear onde a tecnologia é descrita como ‘ciência aplicada’, e emerge como se fluísse por uma trajetória sequencial – a partir da ciência básica, passando pela pesquisa aplicada, depois pela implementação em produtos comerciais e, finalmente, pela adoção e difusão no mercado. Cada estágio (ciência básica, invenção, aplicação, implementação, adoção, aceitação, difusão, etc) é analisado separadamente dos demais. Assim, geralmente “é no estágio da ‘invenção’ que a tecnologia tende a ser considerada como ‘fixa’ ou como ‘caixa-preta’. O mercado então opera um processo de ‘seleção natural’ sobre estes oferecimentos arbitrários, ‘escolhendo’ aqueles que mais se encaixam em suas demandas. Estes artefatos, já estabelecidos, são então difundidos e provocam impactos sobre a sociedade, organização do trabalho, sistemas de produção, qualificações, e assim por diante.” (Williams & Edge, 1992, p16).

O modelo da moldagem social, em contraste, orienta os pesquisadores no sentido de mostrar que os vários estágios de inovação não são nem sequenciais e muito menos são isolados entre si. Eles interagem mutuamente durante todo o processo, com a sua forma se parecendo mais com a de uma ‘espiral’. Cada estágio pode envolver diversas atividades que geram novos conhecimentos e estes, por sua vez, podem influenciar todos os outros estágios. Assim, inovações cruciais podem ocorrer tanto na fase de invenção, quanto na de implementação ou de difusão, e tais inovações realimentam todo o processo nos passos posteriores da mudança tecnológica (op.cit., p16). Por exemplo: o estágio de ‘difusão’ do sistema elétrico de Edison, relacionado com seu custo, retro-alimentou o estágio de ‘pesquisa aplicada’ sobre o filamento elétrico da lâmpada, influenciando então decisivamente o estágio de ‘invenção’ da lâmpada adequada ao sistema em desenvolvimento.

Uma representação possível para este modelo não linear é a adição ao modelo tradicional de retro-alimentações de cada estágio para todos os outros, tal como sugere Edge, na Figura I.1 abaixo (Edge, 1995, p20). O modelo, claro está, não é mais que uma representação simplificada deste processo iterativo. A própria definição desses estágios é problemática, pois muitos deles se encontram com frequência misturados, não havendo uma distinção absoluta entre eles.

Figura I.1 - Modelo não linear de inovação



O modelo da moldagem social, portanto, orienta a análise da mudança tecnológica de modo a visualizá-la como um processo social e técnico. Suas características básicas podem ser resumidas como se segue (Williams & Edge, 1992, p17):

- a) a inovação é uma atividade social complexa, que envolve diversas negociações e conflitos, bem como a resolução de problemas técnicos; que envolve processos de articulação de interesses e de aprendizado, em que diversos atores possuem várias especializações;
- b) a inovação é um processo iterativo, ou em espiral, que ocorre por meio de interações numa rede de atores;
- c) tudo isso pode então resultar em diferenças significativas nas características e na forma final da tecnologia criada.

Em resumo, tendo apresentado e ilustrado uma série de fatores relevantes, bem como discutido um modelo geral do processo de moldagem social, buscaremos agora examinar especificamente os instrumentos de análise destes fatores sociais e técnicos, ou seja, os métodos ou as abordagens sócio-técnicas a que os analistas recorrem com o propósito de esclarecer os processos de inovação tecnológica. No exame dos fatores sociais e do modelo da moldagem social já se vislumbram alguns destes enfoques. Focalizaremos tais abordagens, agora de modo mais sistemático, examinando as origens intelectuais das principais correntes de pesquisas que lidam com a moldagem social da tecnologia.

#### I.5 - Origens da 'moldagem social da tecnologia' e seus principais enfoques

Utilizarei aqui como fio condutor a revisão realizada por Williams e Edge sobre os trabalhos efetuados no campo da Moldagem Social da Tecnologia. Embora esta revisão se concentre nas pesquisas realizadas no Reino Unido, elas espelham de um modo geral, como afirmam seus autores, os enfoques utilizados na Europa. Tais trabalhos e enfoques podem ser classificados segundo sua origem intelectual (Williams & Edge, 1992):

- a) Sociologia do Conhecimento Científico;
- b) Sociologia das Organizações Industriais;
- c) Estudos Críticos de Política Tecnológica;
- d) Economia da Mudança Tecnológica.

O objetivo agora é o de examinar como os fatores sociais são organizados e/ou considerados. Isto é, como eles são visualizados, uma vez que cada enfoque particular pode atribuir a tais fatores diferentes pesos explanatórios, de acordo com certa visão do processo, que exige então certo instrumental analítico. Isto significa, na prática, que cada tipo de abordagem ‘faz uma escolha’ do ponto de partida e dos instrumentos conceituais teóricos para a análise da tecnologia, com os quais os vários fatores passam a ser relacionados e explicados. Iremos aprofundar estas considerações examinando alguns enfoques.

#### I.5.a - Sociologia do conhecimento científico

A primeira corrente, denominada ‘Sociologia do Conhecimento Científico’ (SCC), deu origem a diversos enfoques que procuram examinar o campo da ciência e tecnologia a partir da sua concepção em universidades, laboratórios e departamentos de P&D. Eles se baseiam numa abordagem empregada na história e sociologia da ciência, que consiste no estudo do desenvolvimento de um campo científico, dentro do qual se busca identificar pontos de ‘flexibilidade interpretativa’ onde ambiguidades estão presentes. Após a identificação de tais ‘bifurcações’, o pesquisador tenta explicar porque certa interpretação foi aceita como verdade científica. Este processo é chamado de ‘fechamento’ (closure). A hipótese básica assumida, notabilizada no ‘Programa Forte’ da SCC (Bloor, 1976, 1984), é que a explicação sobre as interpretações em luta deve ser imparcial quanto à verdade ou falsidade das crenças sob investigação. É o chamado ‘princípio de simetria’ em relação à verdade científica. Em outras palavras, “todas as reivindicações de conhecimento científico devem ser tratadas simetricamente, explicando-se sua criação ou aceitação em termos sociais, mais do que por referência ao mundo natural” (Williams & Edge, op.cit., p7).

O exemplo clássico nesta área é o da disputa entre duas teorias químicas: uma, baseada no ‘flogisto’, era defendida por Priestley; e a outra, baseada no ‘oxigênio’, foi desenvolvida pelo famoso Lavoisier, no final do século XVIII (Conant, 19??). A teoria do flogisto – um ‘fluido’ que existiria em metais e outras substâncias – explicava uma série de fenômenos químicos relacionados principalmente com os metais e seus óxidos. Sua existência não podia ser comprovada diretamente, porém por meios indiretos “se deduzia” a sua presença. Lavoisier desenvolveu então, gradualmente, uma teoria relativamente mais simples que, além de explicar os mesmos fenômenos químicos e outros ainda não bem explicados, também demonstrava a existência concreta do elemento oxigênio. Toda esta história ocorreu, é importante ressaltar, rodeada por eventos históricos radicais: a revolução na química era contemporânea às revoluções americana e francesa, e aos primórdios da revolução industrial. Priestley e Lavoisier estavam ambos envolvidos na revolução francesa, sendo que o último morreu na guilhotina no período do terror. “As interconexões entre estas revoluções – científica, industrial, política e social – estão longe de serem simples. O estudo das vidas de Priestley, Lavoisier (...) nos oferecem um bom retrato do ‘status’ das atividades científicas neste período.” (op.cit., p286). A sociologia do conhecimento científico procura verificar e entender como este ambiente social contribuiu decisivamente para moldar os problemas, suas interpretações e as soluções teóricas desenvolvidas, bem como o resultado final: o abandono da teoria química baseada no flogisto.

Assim, havendo estabelecido a construção social da verdade científica, a SCC procurou estender esta abordagem para o exame da inovação e dos artefatos tecnológicos. Aqui também as análises tentam identificar as situações onde tecnologias poderiam ter sido projetadas em mais de uma maneira – por exemplo, controle numérico ou repetição gravada (caso discutido anteriormente) –, examinando o processo de escolha entre opções técnicas diferentes e tentando, assim, explicar porque certa maneira de projetar triunfou. Tal escolha, obviamente, não se reduz a uma questão meramente técnica. O projeto do artefato é moldado por um ‘ambiente de seleção’ particular, onde fatores sociais desempenham papel chave nas explicações sobre o sucesso ou fracasso do artefato tecnológico em estudo. Neste ‘ambiente de seleção’ se encontram os ‘grupos sociais relevantes’, que entram em conflitos, negociam e realizam

o ‘fechamento’ (closure) do projeto. Um caso emblemático, analisado por este tipo de abordagem, é o da história da criação das bicicletas atuais, que foram desenvolvidas num processo gradual desde o final do século passado, atingindo sua forma atual com pneumático no início deste século (Pinch & Bijker, 1987).

Estas abordagens têm sido apresentadas como oferecendo uma ‘nova sociologia da tecnologia’ (op.cit., 1987). Vários de seus proponentes são bastante influenciados pelas teorias ator-rede, em particular pelo programa de pesquisas conduzido por Michel Callon e Bruno Latour na ‘École des Mines’, em Paris (Williams & Edge, 1992, p7). Uma característica importante destes enfoques é que a análise se processa ‘de dentro para fora’, da tecnologia e/ou seu projeto para o contexto exterior que o molda (Edge, 1995). Assim, eles enfatizam o papel daqueles atores que estão em contato mais direto com a construção da tecnologia, demonstrando seu papel fundamental na intermediação dos diversos fatores sociais. Por outro lado, os enfoques desta corrente apresentam dificuldades para explicar o processo de ‘fechamento’ (closure), pois as possibilidades de flexibilidade interpretativa na área tecnológica parecem tornar-se infundáveis, uma vez que tal processo envolve com frequência diversos tipos de agentes e áreas da sociedade (Williams & Edge, op.cit., p8). Estes dois autores salientam, em particular, que os estudos baseados nas teorias ator-rede “são céticos quanto à natureza e à influência das estruturas econômicas e sociais mais amplas de poder e interesses, insistindo que atores criam um mundo novo..., e implicando, com isso, que tecnologias (e sistemas sociais em geral) são altamente maleáveis aos atores locais” (op.cit., p8). Tais estudos tendem, igualmente, a ter dificuldades de lidar com as características mais duradoras das estruturas sociais. Não por acaso, as pesquisas realizadas com enfoques de rede se mostram mais adequadas para a análise de tecnologias nascentes, onde o contexto institucional se apresenta incerto e não cristalizado (Russell & Williams, 1988). Alguns enfoques dessa corrente serão objeto de análise mais detalhada no próximo capítulo.

Resumindo, a estratégia analítica desta corrente de estudo procura, de um modo geral, focalizar uma tecnologia em particular, a partir da qual são analisados os problemas sociais e técnicos de sua moldagem, bem como seu contexto mais amplo.

Neste tipo de abordagem há uma forte preocupação em integrar os diversos fatores sociais e técnicos.

#### I.5.b - Sociologia das organizações industriais

A segunda corrente, ‘sociologia das organizações industriais’, focaliza a influência das relações de trabalho – em especial, os atritos entre capital e trabalho – sobre o controle da produção e, assim, sobre a mudança tecnológica, campo este onde interesses e conflitos sócio-econômicos pontificam nitidamente como os fatores relevantes. Neste sentido, MacKenzie e Wajcman sugerem que “a natureza da tecnologia de produção num sistema capitalista é tal que, incorpora a necessidade do *controle* capitalista sobre os trabalhadores, e este é um dos seus fatores determinantes.” (op.cit., p17). Além do atrito mais direto entre capitalistas e trabalhadores, as pesquisas desta corrente examinam também a influência dos vários conflitos entre empregados dentro das organizações, a maioria deles devido às subdivisões da hierarquia organizacional em que estão localizados, indo desde trabalhadores menos qualificados até gerentes e executivos, passando por empregados com as mais variadas qualificações.

Enfoques desta corrente receberam grande influência do trabalho de Braverman (1974), “que ‘redescobriu’ a análise marxista sobre o ‘processo do trabalho’. Ele salienta o modo como a mudança tecnológica tem sido projetada para se apropriar da qualificação da força de trabalho, eliminando a necessidade de trabalhadores qualificados e, portanto, ampliando o controle do capital sobre o processo de produção” (Williams & Edge, 1992, p8). Trabalhos posteriores realizados sob esta orientação mostram, no entanto, a natureza contraditória de iniciativas tomadas na direção da desqualificação do trabalho, revelando uma realidade mais complexa de diversos interesses que coexistem dentro das organizações, relacionados com a distribuição do conhecimento entre seus diferentes grupos profissionais. Neste sentido, maior atenção tem sido direcionada para a análise da divisão do trabalho no desenvolvimento e uso de tecnologias, das formas de mobilização de interesses, dos conflitos inerentes ao processo de inovação tecnológica, do papel do conhecimento científico e tecnológico, e da interação entre conhecimento e poder (op.cit., p9).

Naturalmente, o espaço da fábrica é uma das áreas mais estudadas por esta corrente. Uma ampla gama de estudos de caso documentam e analisam a clara conexão existente entre o processo de mudança dos padrões das relações industriais e o processo da mudança tecnológica. Um caso clássico nesta área é o das máquinas-ferramentas de controle numérico, já mencionado acima. Na área da tecnologia de telefonia, uma ampla pesquisa – realizada com o patrocínio do Escritório Internacional do Trabalho, com sede em Genebra (Bolton et al, 1991) –, procurou relacionar as inovações tecnológicas dos equipamentos de telefonia com as mudanças das relações de trabalho nas empresas telefônicas de diversos países, que eram em sua maioria monopólios estatais, e estavam em processo de privatização durante a década de 80. Como afirma este autor, “de um modo geral, a inovação tecnológica altera a organização do trabalho (e, portanto, os padrões das relações industriais) através da substituição de grandes grupos de trabalhadores por um número extenso de grupos menores que apresentam novos e diferentes perfis de qualificação.”(op.cit., p4).

Em contraste com os enfoques nascidos da SCC, nesta corrente o ponto de partida não é uma tecnologia particular e/ou o seu projeto, mas um tipo de contexto social particular pré-existente – especificamente, o das relações sociais de produção – a partir do qual se procura relacionar os demais fatores e, assim, examinar o processo de mudança técnica. Deste modo, a análise se processa ‘de fora para dentro’, do contexto social para a tecnologia que será criada e que vai sendo gradualmente moldada.

Williams e Edge ressaltam, porém, que poucos estudos nesta área questionam mais diretamente as características da tecnologia, que costumam ser consideradas como dadas. Um bom exemplo disso é o estudo na área de telecomunicações, mencionado logo acima, em que opções tecnológicas diferentes – tecnologia semi-eletrônica ou digital, por exemplo – não são consideradas do ponto de vista de suas implicações, possivelmente diferentes, para o nível de emprego, mudanças nos perfis de qualificação e, portanto, nas relações de trabalho. Assim, esse estudo não aprofunda o exame das relações entre a mudança nas relações de trabalho, tanto nas companhias telefônicas quanto nas empresas fabricantes de equipamentos, e o processo de moldagem dos novos

sistemas de telefonia – ainda que esta influência provavelmente devesse ocorrer apenas de forma indireta, uma vez que não havia participação direta e qualificada dos trabalhadores nos projetos dos novos equipamentos de telefonia.

Resumindo, a estratégia analítica desta corrente centra-se no exame das estruturas, relações e conflitos sociais de produção e organizacionais, já existentes e geralmente institucionalizados, e a partir disso, busca-se relacionar tais dinâmicas com as atividades de geração e implementação de novas tecnologias.

#### I.5.c - Estudos críticos de política tecnológica

Nesta terceira corrente de pesquisas os fatores sociais analisados estão relacionados com as instituições que promovem políticas tecnológicas. Nesta área o Estado e os órgãos governamentais envolvidos com ciência e tecnologia apresentam papel destacado. Porém, contrastando com o enfoque tradicional de estudos de política tecnológica, que simplesmente procura fornecer subsídios para sua consecução, os pesquisadores desta corrente utilizam uma abordagem próxima da ‘economia política’ (op.cit., p9), uma perspectiva compartilhada por muitos analistas da sociologia industrial. Nesta direção, eles procuram desvendar e entender as forças políticas e econômicas subjacentes à criação e implementação de políticas tecnológicas (op.cit., p9).

Os trabalhos nesta área ocupam-se tanto com indivíduos e organizações que estão diretamente envolvidos com o desenvolvimento de novas tecnologias, quanto com o contexto institucional e social mais amplo – incluídas aí as estruturas do Estado e do mercado e suas dinâmicas, bem como a legislação e cultura de cada país –, indiretamente presentes no processo de geração tecnológica, procurando explicar as situações particulares de certas tecnologias bem como as características gerais de sistemas tecnológicos.

Molina, em particular, analisa a formação e evolução de alianças históricas entre grupos com interesses comuns em torno de determinada tecnologia, os ‘constituintes

sociotécnicos' (Molina, 1990), que se associam para apoiar o desenvolvimento de certa tecnologia. Por exemplo, no terreno da tecnologia de centrais telefônicas, o departamento de correios e telefones do Governo britânico (BPO), as cinco empresas fabricantes de equipamentos e os departamentos de P&D do Governo e empresas formaram uma aliança para desenvolver e comercializar uma tecnologia eletromecânica, denominada 'Strowger', produzida desde os anos 20 até a década de 70, para suprir os mercados do Reino Unido, de suas colônias e da Comunidade Commonwealth.

Nesta área, comparações trans-nacionais fornecem preciosos subsídios para se avaliar a influência de formações sociais particulares sobre características específicas de determinadas tecnologias. Na segunda parte do trabalho, farei uso dessas comparações para analisar o caso das tecnologias digitais de centrais públicas de telefonia, desenvolvidas na Suécia, Reino Unido e Brasil.

Os enfoques desta corrente, em resumo, focalizam e analisam as estruturas do Estado, seus órgãos, bem como as forças sociais que influenciam sua estratégia e ação, terreno a partir do qual se analisam as políticas econômicas e tecnológicas resultantes, as iniciativas em áreas tecnológicas específicas e os demais fatores sociais, como o mercado, as instituições de pesquisa, os movimentos sociais e políticos, assim como o papel da cultura específica de cada país.

#### I.5.d - Economia da mudança tecnológica

Nesta última corrente, a mais ampla, as várias escolas de pensamento diferem nas suas abordagens de como teorizar a tecnologia e sua importância como variável explanatória. Nem todos os estudos assumem com clareza que a inovação tecnológica seja moldada economicamente embora, em geral, reconheçam que a tecnologia influencia a atividade econômica. A economia neo-clássica, por exemplo, utiliza um enfoque 'instrumentalista', sustentando que a tecnologia surge tão logo haja uma demanda do mercado (Coombs et al., 1987). Este tipo de enfoque "trata a tecnologia como se fosse altamente flexível no seu desenvolvimento e disponível para todos a qualquer momento. A forma e as características da tecnologia não são examinadas

detalhadamente.” (Williams & Edge, 1992, p10). Como afirmam estes autores, tal tipo de abordagem pouco tem a contribuir para as pesquisas da moldagem social da tecnologia.

Por outro lado, as idéias de Schumpeter sobre inovação tecnológica têm sido aproveitadas como fonte de inspiração em diversos trabalhos, porque elas vão além do puro cálculo econômico racional (MacKenzie & Wajcman, 1985, p15). Alguns destes trabalhos procuram explicar os padrões de longo prazo nas inovações e atividade econômicas (Freeman et al, 1982). Seus enfoques utilizam idéias emprestadas da sociologia da ciência, em particular a noção kuhniana de ‘paradigma’, para explicar aqueles padrões em termos de mudança de paradigmas (Williams & Edge, 1992, p11). Embora alguns trabalhos tenham sido criticados, do ponto de vista da moldagem social da tecnologia, por sua tendência a tratar a tecnologia de maneira muito generalizada, na verdade seus enfoques enfatizam a interação existente entre o avanço científico e técnico e a demanda econômica e social – interação esta concebida como processo contraditório onde não há um triunfo determinístico de um sobre o outro (op.cit., p11).

Numa linha similar, também inspirada em Schumpeter, estão os estudos que desenvolvem modelos ‘evolutivos’ da inovação, influenciados pelos trabalhos de Nelson e Winter nos EUA. Seus enfoques focalizam mudanças tanto graduais quanto radicais de produtos e processos (op.cit., p11). Nessas análises o mercado é concebido como um ambiente seletivo construído socialmente, que pode favorecer a sobrevivência de determinadas tecnologias em detrimento de outras. Assim, algumas pesquisas buscam examinar a existência de padrões de inovação, já que um contexto social e econômico particular pode padronizar uma série de inovações (Dosi, 1982). Por exemplo, uma vez que o sistema de energia elétrica (construído por Edison) tendia a se expandir, na medida em que havia interesses econômicos e sociais apoiando tal expansão, uma série de inovações do sistema de transmissão elétrica foi ‘padronizada’ pelo ambiente seletivo particular – tanto técnico como econômico e social – dos Estados Unidos no início do século XX (MacKenzie & Wajcman, op.cit.). Isto resulta em períodos de estabilidade, descritos como ‘trajetórias tecnológicas’ (Williams & Edge, 1992, p11), durante os quais as inovações surgem de alterações incrementais do sistema tecnológico existente, de forma evolucionária, condicionadas por um pacto de forças

econômicas e elementos técnicos, isto é, pelo ‘paradigma tecno-econômico’ (op.cit., p11). Assim, as trajetórias tecnológicas representam o desdobramento de dado paradigma. O modelo de Dosi (1982) considera também as discontinuidades e os períodos de inovação radical, quando ocorrem as mudanças no paradigma tecnológico básico.

Porém, como frisam Williams e Edge, a manutenção desse pacto social e técnico – um conjunto estável de forças sociais, econômicas e técnicas que permitem manter uma direção determinada no desenvolvimento tecnológico – se mostra problemática (op.cit., p12). Algumas pesquisas examinaram o grau em que certos paradigmas tecnológicos da organização do trabalho estavam embutidos no projeto e na implementação de algumas aplicações industriais da tecnologia de informação (Fleck et all, 1990), e não encontraram nenhuma trajetória clara, nem mesmo um único paradigma. “Mesmo quando parecia haver princípios claros no projeto de uma tecnologia particular, havia forças que faziam frustrar a trajetória esperada na sua implementação.” (Williams & Edge, 1992, p12). Fleck demonstra especificamente que haviam tensões entre a concepção e a implementação da tecnologia, o que resultava em fragmentação ou reversão das trajetórias técnicas. Assim, a existência de trajetórias ou paradigmas não se encontra assegurada permanentemente, pois as forças que se juntam e negociam a moldagem da tecnologia não são estáveis ou harmônicas, mudam com o tempo e são, muitas vezes, contraditórias.

Nesta última corrente, em resumo, a estratégia analítica concentra-se no exame dos processos e dinâmicas do mercado – onde este é visto como um ambiente moldado socialmente, em que ocorrem negociações e a formação de pactos em torno de determinados objetivos, envolvendo algumas organizações ou amplos setores da sociedade –, terreno a partir do qual se analisam suas relações com as atividades de inovação tecnológica e com as demais influências sociais.

Por fim, é necessário chamar a atenção para o seguinte aspecto: cada uma destas correntes representa apenas o ponto de partida de vários enfoques. Assim, eles não estão atados permanentemente a sua origem acadêmica e podem associar idéias e conceitos de

outras correntes e enfoques. Por exemplo, como foi visto acima, o enfoque ‘econômico’ de Dosi utiliza a noção de ‘paradigma’, criado e utilizado na ‘sociologia do conhecimento científico’. Neste aspecto, é importante ressaltar que as abordagens que partem das estruturas sociais mais amplas procuram depois direcionar a atenção para os processos locais de inovação, enquanto os enfoques que partem do exame destas situações locais se encaminham posteriormente para a análise dos processos sociais mais amplos.

## I.6 - Conclusão

Todas essas correntes e abordagens “estão unidas por uma postura crítica frente ao determinismo tecnológico e, portanto, pela afirmação de que a ‘caixa-preta’ das tecnologias deve ser aberta de modo a permitir que os padrões sócio-econômicos presentes tanto nas características das tecnologias quanto nos processos de inovação sejam revelados e analisados ... Os estudos da moldagem social da tecnologia mostram que esta não se desenvolve de acordo com uma lógica técnica interna (ou qualquer outra racionalidade única, tal como a de um ‘imperativo econômico’). Pelo contrário, cada estágio de geração e implementação de novas tecnologias envolve um conjunto de escolhas entre diferentes opções técnicas. Ao lado de considerações estritamente técnicas, uma ampla gama de fatores sociais afetam a seleção das opções e, assim, influenciam as características das tecnologias e suas implicações sociais.” (Williams & Edge, 1992, p2).

Concluindo, abordamos neste capítulo uma série de fatores sociais relevantes e alguns dos principais enfoques que utilizam tais fatores e orientam o analista em suas pesquisas. O passo seguinte será a análise de algumas diferenças básicas entre os enfoques utilizados neste campo, procurando-se delimitar seus aspectos construtivos e suas limitações. Investigaremos então caminhos alternativos que permitam aproveitar as contribuições positivas dos enfoques precedentes e evitar suas debilidades mais patentes.