

Número: 177/2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

CRISTIANE RODRIGUES VIANNA SILVA

**A DINÂMICA DA PRODUÇÃO TECNOLÓGICA: INTEGRANDO AS
ANÁLISES DA SOCIOLOGIA E DA ECONOMIA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Política Científica e Tecnológica

Orientadora: Profa. Titular Léa Maria Leme Strini Velho

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto - 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP
Bibliotecário: Helena Joana Flipsen – CRB-8ª / 5283

Silva, Cristiane Rodrigues Vianna.

Si38d A dinâmica da produção tecnológica : integrando as análises da sociologia e da economia / Cristiane Rodrigues Vianna Silva. -- Campinas, SP : [s.n.], 2007

Orientador: Léa Maria Leme Strini Velho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Inovações tecnológicas. 2. Economia evolucionista.
3. Sociologia do conhecimento. I. Velho, Léa Maria Leme Strini. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. IV. Título.

Título e subtítulo em inglês: The dynamics of technological production : integrating the analyses of sociology and economics.

Palavras-chave em inglês (Keywords): Technological change, Evolutionary Economics, Sociology of knowledge.

Titulação: Mestre em Política Científica e Tecnológica.

Banca examinadora: Paulo Sérgio Fracalanza, Maria Lúcia Maciel.

Data da Defesa: 21-08-2007.

Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

AUTORA: CRISTIANE RODRIGUES VIANNA SILVA

A DINÂMICA DA PRODUÇÃO TECNOLÓGICA: INTEGRANDO AS
ANÁLISES DA SOCIOLOGIA E DA ECONOMIA

ORIENTADORA: Profa. Dra. Léa Maria Leme Strini Velho



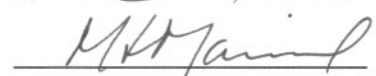
Aprovada em 21/08/2007

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Léa Maria Leme Strini Velho

Prof. Dr. Paulo Sérgio Fracalanza

Profa. Dra. Maria Lucia Alvares Maciel

 - Presidente



Campinas, 21 de agosto de 2007

*Aos meus pais, Silvia e Carlos,
à minha irmã, Simone, ao Anselmo e
a todos aqueles que, com muito carinho, me fizeram
crer que tudo é possível, se feito com prazer e dedicação.*

AGRADECIMENTOS

A composição dessa dissertação, confesso, foi realmente uma atividade muito prazerosa para mim, e a isso, certamente, devo meus agradecimentos a uma série de pessoas que participaram de todo ou de parte do processo de sua realização.

Em primeiro lugar, agradeço à querida orientadora Léa Velho por todo o estímulo empreendido na idéia central deste trabalho, desde as primeiras curiosidades levantadas em sala de aula até as conversas mais aprofundadas que tivemos em nossas reuniões, e pela liberdade de criação e confiança a mim conferidas.

Aos meus familiares, Silvia, Carlos, Simone e Anselmo, por jamais terem duvidado de que isso seria possível e por estarem sempre presentes, depositando em mim muito amor e confiança.

Ao Rafael Dias, por ter sido em muitos momentos meu contraponto analítico, contribuindo efetivamente com muitas das idéias presentes neste trabalho.

Aos amigos pessoais e colegas do DPCT, que sempre foram solícitos em dividir comigo as angústias de um período tão incerto e cheio de ansiedades como esse da pós-graduação.

Aos funcionários do DPCT, em especial, Valdirene, Edinalva e Adriana, pela atenção e carinho, aos professores André Furtado, Newton Pereira, Renato Dagnino e Conceição Costa, pelas aulas e dicas que tanto agregaram à minha formação.

Aos colegas do GEOPI, Sergio Salles, Maria Beatriz Bonacelli, Adriana Bin, Rui Albuquerque e Rafael Petroni, pelo período engrandecedor de trabalhos e pesquisas que pudemos compartilhar.

À banca examinadora, Maria Lúcia Maciel e Paulo Fracalanza, que tanto contribuíram ao amadurecimento deste trabalho desde a banca de qualificação até hoje.

E, finalmente, ao apoio do Citibank e de todos os meus colegas de trabalho, por todos os momentos em que precisei estar ausente, em aulas, palestras e congressos, nos quais me foi concedido apoio incondicional.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
SUMÁRIO	vi
LISTA DE SIGLAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE QUADROS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
APRESENTAÇÃO.....	xii
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 - BREVE CONSIDERAÇÃO ACERCA DAS CONTRIBUIÇÕES DA SOCIOLOGIA DA TECNOLOGIA E DA ECONOMIA EVOLUCIONISTA A ESTUDOS DA PRODUÇÃO TECNOLÓGICA	11
1.1. Economia Evolucionista (EE).....	11
1.2. Social Construction of Technology (SCOT).....	23
1.3. Actor Network Theory (ANT)	38
CAPÍTULO 2 - INTEGRANDO AS ANÁLISES DA ECONOMIA E DA SOCIOLOGIA DA TECNOLOGIA.....	51
2.1. Pontos fracos e complementaridades sugeridas para EE	55
2.2. Pontos fracos e complementaridades sugeridas para SCOT.....	62
2.3. Pontos fracos e complementaridades sugeridas para ANT.....	73
CAPÍTULO 3 - ESTUDOS DE TECNOLOGIAS PROVENIENTES DA MATRIZ ENERGÉTICA ELÉTRICA	81
3.1. Abordagem SCOT: o caso do refrigerador elétrico	81
3.2. Abordagem ANT: o caso do veículo elétrico.....	90
3.3. Abordagem EE: o caso do veículo elétrico	101
CONCLUSÕES	121
BIBLIOGRAFIA	129

LISTA DE SIGLAS

Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
DPCT	Departamento de Política Científica e Tecnológica
IG	Instituto de Geociências
C, T &I	Ciência, Tecnologia e Inovação
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
IES	Instituição de Ensino Superior
SNI	Sistema Nacional de Inovação
EE	Economia Evolucionista
IPP	Instituição Pública de Pesquisa
ANT	<i>Actor Network Theory</i>
SCOT	<i>Social Construction of Technology</i>
EUA	Estados Unidos da América
SPRU	<i>Science and Technology Policy Research</i>
UK	<i>United Kingdom</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
DC3	<i>Douglas Aircraft Company – 3</i>
IBM	<i>International Business Machines</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
SSI	Sistema Setorial de Inovação
SI	Sistema de Inovação
GSR	Grupo Social Relevante
GE	<i>General Electric</i>
CNEXO	<i>Centre National d'Exploitation des Oceans</i>
VEL	Veículo Elétrico
DGRST	<i>Delegation Generale à la Recherche Scientifique et Technique</i>
CNRS	<i>Centre National de la Recherche Scientifique</i>
IFP	<i>Institut Français du Pétrole</i>
EDF	<i>Electricité de France</i>
MQV	Ministério da Qualidade de Vida
SLI	<i>Starting-Lightning-Ignition</i>
CARB	<i>California Air Resource Board</i>
USABC	<i>US Advanced Battery Consortium</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontos analíticos complementares entre as abordagens EE, SCOT e ANT.....	.53
Tabela 2 – Comparação entre vantagens/desvantagens que levaram ao sucesso/fracasso das tecnologias.....	86
Tabela 3 – Pontos analíticos complementares para o caso da abordagem SCOT.....	87
Tabela 4 – Pontos analíticos complementares para o caso da abordagem ANT.....	99
Tabela 5 – Problemas técnicos vs. superações automobilísticas no início do século XX.....	104
Tabela 6 - Quantidade de veículos elétricos na Europa em 1993.....	108
Tabela 7 – Comparação técnica e de preços entre veículos elétricos e à gasolina lançados em 1993.....	109
Tabela 8 – Evolução da capacidade de estocagem das baterias elétricas.....	110
Tabela 9 - Pontos analíticos complementares para o caso da abordagem EE.....	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Rede de Atores do VEL.....	98
--	----



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

A DINÂMICA DA PRODUÇÃO TECNOLÓGICA: INTEGRANDO AS ANÁLISES DA SOCIOLOGIA E DA ECONOMIA

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Cristiane Rodrigues Vianna Silva

A proposta dessa dissertação vai ao encontro do reconhecimento recente por parte dos autores das mais diversas tendências de que os enfoques disciplinares para tratar a produção do conhecimento em ciência e tecnologia, em geral, e a mudança tecnológica, em particular, são insuficientes. Como resposta a esse problema, propõe a multidisciplinaridade (ou interatividade) como forma de análise para esse fenômeno. Particularmente parece existir dificuldade de diálogo entre aqueles que estudam a produção do conhecimento científico e tecnológico com abordagens sociológicas e aqueles que o fazem a partir de enfoques econômicos. Aproximar essas duas vertentes de análise, identificando suas diferenças e, principalmente, seus pontos convergentes é do que se trata essa dissertação. Enquanto a Economia tende a não incorporar elementos importantes para a compreensão desse processo, como os determinantes sociais deste tipo de produção - entre eles, os interesses dos atores envolvidos, as estruturas de poder e a influência dos aspectos políticos -, a Sociologia, em contrapartida, desconsidera muitas das características fundamentais para a estrutura econômica de produção tecnológica, como agências, instituições e sistemas econômicos. Esses diferentes aspectos enfocados por cada uma dessas linhas de pensamento permitem que surjam, em muitos momentos, espaços ociosos de análise que poderiam ser mais bem explorados caso houvesse um esforço de complementaridade entre eles. Muito embora ainda haja certa resistência na integração disciplinar, este trabalho explora as possibilidades de entrecruzamentos das linhas de pensamento econômica, representada pela Economia Evolucionista (EE), e social, representada por dois ramos da Sociologia do Conhecimento Científico: a *Social Construction of Technology* (SCOT) e a *Actor Network Theory* (ANT), partindo-se da perspectiva de que alguns de seus elementos de análise se complementam de forma a garantir uma caracterização mais consistente e ampla do objeto analisado. Para tanto, apresenta em seu primeiro capítulo uma contextualização sucinta de onde estão inseridas as três abordagens, quais são suas principais contribuições no que tange à produção tecnológica e algumas de suas principais categorias analíticas. Em seu segundo capítulo, propõe um exercício de complementaridade entre essas categorias analíticas, buscando ressaltar os pontos de interface e os pontos a partir dos quais uma suprimiria a carência analítica das outras. Em seu terceiro capítulo, ilustra, para cada uma das abordagens, um estudo de caso de desenvolvimento tecnológico, que são revisitados à luz das principais categorias de análise fornecidas por elas, para que assim possa-se identificar tanto a diferença no modo como cada um dos enfoques analisa os casos em questão quanto a possibilidade de complementaridade entre eles.

PALAVRAS-CHAVE: Inovações tecnológicas, Economia evolucionista, Sociologia do conhecimento.



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica**

THE DYNAMICS OF TECHNOLOGICAL PRODUCTION: INTEGRATING THE ANALYSES OF SOCIOLOGY AND ECONOMICS.

ABSTRACT

**Master Dissertation
Cristiane Rodrigues Vianna Silva**

The proposal of this dissertation is based on the recent recognition by authors of the most diverse trends that disciplinary approach to study the production of knowledge in science and technology, in general, and the technological change, in particular, is insufficient. Based on this, it proposes the multidisciplinary (or interactivity) as a form of analysis of this phenomenon. Particularly it seems to exist no dialogue between the ones who study the production of scientific and technological knowledge based on sociological approaches and those who study it based on economic tools. To integrate these two sources of analysis, identifying its differences and, mainly, its convergent points is the first aim of this dissertation. While Economics tends not to incorporate important elements for the understanding of these processes, such as the social determinants of this type of production – among them, the interests of the involved actors, the emergence of power structures between them and the influence of the political aspects -, Sociology, on the other hand, disregards many of the basic economic aspects of technological production, such as economic agencies, institutions and systems. The different aspects focused by each discipline on technological production allow the appearance, in many moments, of vague spaces of analysis that could be better explored if a complementary effort existed between them. Even though there is still certain reluctance on disciplinary integration, this work explores the possibilities of dialogue between one approach of Economics thought, represented by the Evolutionary Economics (EE), and two approaches of the Sociology of Scientific Knowledge, represented by the Social Construction of Technology (SCOT) and the Actor Network Theory (ANT), considering that some of its analytical elements complement each other, guaranteeing a more consistent and ample characterization of the analyzed object. For in such a way, it presents on its first chapter an introduction of these three approaches, its main contributions related to the technological production and some of its major analytical categories. Its second chapter proposes an exercise of complementarity between these analytical categories, searching to stand out the interface points and the points from which one approach would suppress the analytical fragilities of the others. The third chapter presents a technological development case study for each one of the approaches, which are revisited based on the conciliation of the three categories of analysis, allowing the application of the possibility of complementarity between them.

KEYWORDS: Technological change, Evolutionary Economics, Sociology of knowledge.

APRESENTAÇÃO

Como explicar a mudança tecnológica? Quais são seus fatores condicionantes? Há, de fato, uma perspectiva que se sobressaia perante as demais na consideração dessa temática? Como escolher uma perspectiva a despeito de tantas outras? Por que não considerá-las conjuntamente? São talvez estas as principais perguntas que norteiam o escopo mais geral dessa dissertação.

Essa semente de idéias foi plantada durante minha formação em Economia, quando comecei a tomar maior intimidade com o universo da C, T & I. A Economia, certamente, nos proporciona uma série de aparatos que nos orientam na análise dessa temática, no entanto, a vontade de desbravar novas fronteiras teórico-conceituais, que agregassem novos instrumentais à minha formação e que me permitissem analisar o assunto com maior amplitude, foram alguns dos motivos que me fizeram ingressar em um departamento de pós-graduação multidisciplinar como o DPCT.

Estando lá, me deparei com um universo extenso de possibilidades, autores, linhas e vertentes, que, contra-sensualmente, em muitos momentos, não reconheciam as possibilidades da interatividade disciplinar. Encontrávamos-nos, pois, diante de uma tarefa difícil e inédita, que foi tomada com grande prazer e ousadia: a de testar as possibilidades de convergência entre duas disciplinas que são tradicionalmente vistas como indissociáveis ou excludentes na análise da produção tecnológica: a Economia, disciplina de minha formação, e a Sociologia, uma nova paixão. Mas como mostrar que essa tarefa seria possível?

Imaginemos um cubo, que representa o nosso objeto de análise. Cada face desse cubo representa uma perspectiva, ou uma forma de olhar para ele. Se você encara apenas uma das faces, não consegue olhar as demais. Então, como você consegue descrever o cubo?

Podemos, com base nisso, traçar um paralelo entre as ferramentas de análise da produção tecnológica, em que a Economia daria conta de explicar apenas uma das faces do cubo e a Sociologia, outra e, além disso, quando olhássemos uma face jamais poderíamos encarar a outra ao mesmo tempo.

A partir desse exercício lúdico, torna-se mais fácil compreender a dificuldade em se lidar com a proposta dessa dissertação: olhar as várias faces do cubo ao mesmo tempo. Está

claro que é esse o olhar que nos possibilitaria enxergá-lo em sua totalidade, garantindo com isso uma perspectiva analítica mais ampla do que a tradicionalmente oferecida pela literatura disciplinar. Está claro também que não são apenas as disciplinas econômica e sociológica que dão conta de explicar todas as faces da produção da tecnologia. Há, certamente, muitos outros “pontos de vista” para a compreensão do cubo.

De toda sorte, tão estimulante foi essa tarefa e tão rico o aprendizado gerado a partir dela, que eu espero que essa semente possa também despertar futuros trabalhos aplicados, que tenham como base uma metodologia que abarque não apenas essas escolhas disciplinares, mas tantas outras quanto forem necessárias para uma análise mais ampla e consistente da mudança tecnológica.

INTRODUÇÃO

A proposta dessa dissertação vai ao encontro do reconhecimento recente por parte dos autores das mais diversas tendências de que os enfoques disciplinares para tratar a produção do conhecimento em ciência e tecnologia, em geral, e a mudança tecnológica, em particular, são insuficientes¹. Como resposta a esse problema, propõe a multidisciplinaridade (ou interatividade) como forma de análise para esse fenômeno.

Apesar desse reconhecimento, não são muitas as tentativas empreendidas pelos estudiosos da ciência e da inovação tecnológica em, de fato, criar referenciais analíticos interdisciplinares². Particularmente parece existir dificuldade de diálogo entre aqueles que estudam a produção do conhecimento científico e tecnológico com abordagens sociológicas e aqueles que o fazem a partir de enfoques econômicos. Aproximar essas duas vertentes de análise, identificando suas diferenças e, principalmente, seus pontos convergentes é do que se trata essa dissertação.

Após um período de quase três décadas que sucederam os anos 1950, em que o pensamento sobre ciência e tecnologia foi dominado pelo Modelo Linear de pesquisa-mercado, que pressupõe que a relação entre pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental e comercialização no mercado é unidirecional e segue uma seqüência temporal bem definida, esse discurso cedeu lugar a teorias caracterizadas pela presença de interações contínuas ou *feedbacks* entre as etapas do desenvolvimento de inovações (OCDE,1992).

No Modelo Linear, a ciência básica era vista como o início do processo de inovação e cabia à empresa a tarefa rotineira de aplicar conhecimento e transformá-lo em tecnologia. Os chamados Modelos Interativos de Inovação divergem significativamente do Modelo Linear precedente e enfatizam o papel da empresa e de suas atividades de projeto (desenho e *design*) na criação de artefatos. Nestes modelos não existem relações únicas e unidirecionais e os *feedbacks* entre as fases *upstream* (fornecedores) e *downstream* (usuários) do Modelo Linear e as numerosas interações entre ciência, tecnologia e o processo de inovação de cada uma delas têm função central.

¹ Dentre esses autores podemos destacar, por exemplo, Vergragt (1988), Mackenzie (1992), Coombs et al (1992), Willians e Edge (1996) e Bruun & Hukkinen (2003).

² Vale atentar novamente à iniciativa dos autores acima mencionados.

Dentre esses modelos encontra-se o modelo interativo dos Elos da Cadeia (*Chain-Linked Model*) de Kline & Rosenberg (1986:289-291), que propõe cinco caminhos para a inovação:

1. Caminhos Centrais da Inovação: pressupõem que a inovação seja sempre precedida por uma percepção de mercado, que ocorre no âmbito empresarial.
2. Retornos de informação ou *feedbacks*: geralmente surgem no âmbito dos usuários. Estas informações são recebidas pelas empresas e a partir delas são realizadas adequações nos produtos originais. As relações de *feedback* podem ocorrer através de pequenos *links* entre as fases *downstream* da cadeia e aquelas diretamente posteriores, ou através de longos *feedbacks*, que ligam as demandas de mercado às fases *upstream*.
3. Relação da empresa com o sistema de ciência e tecnologia local: esta inter-relação pode também ocorrer em duplo sentido e não se restringe apenas à etapa de invenção, mas também ao desenvolvimento do projeto. Algumas demandas que surgem no âmbito empresarial podem ser atendidas pelo estoque de conhecimento existente no sistema, porém outras devem ser encaminhadas à realização científica desenvolvida por laboratórios, Instituições de Ensino Superior (IES) ou Centros de Pesquisa, para então serem internalizadas pela empresa.
4. Relação direta entre pesquisa a partir de problemas da invenção e *design*: novos conhecimentos científicos às vezes tornam possível o surgimento de inovações radicais. Estas ocorrências são raras, mas comumente marcam mudanças significativas que criam novas indústrias. Ex: semi-condutores, lasers, bomba atômica e engenharia genética (apesar de estar baseado em diversas interações entre os agentes, é possível dizer que este é o processo que mais se aproxima do Modelo Linear).
5. *Feedbacks* verticais: incluem a contribuição do setor manufatureiro para a pesquisa científica através da concessão de instrumentos, máquinas e ferramentas e procedimentos tecnológicos e o apoio financeiro à pesquisa para se obter informações diretamente ou através de monitoramento de atividades externas, sendo que a informação obtida pode ser aplicada em qualquer ponto da cadeia inovativa. Os *feedbacks* verticais expressam uma situação em que a indústria sustentaria a

pesquisa, o que mostra que em muitos aspectos a ciência pode se originar de aplicações práticas ou mesmo da própria tecnologia gerada pela empresa.

De acordo com Kline (1991:131), ao compararem-se os dois modelos é possível notar que o Modelo Linear é bastante restrito e que apresenta um número grande de debilidades. Dessa forma, cada um dos caminhos propostos para a inovação pelo Modelo dos Elos da Cadeia poderia ser considerado uma crítica ao modelo linear que se expressam da seguinte forma: a) ausência da percepção dos *feedbacks* ou retornos de informação; b) desconsideração da importância da pesquisa em *design* e nos processos de produção; c) equívoco na consideração de que o caso raro em que ocorre a inovação do produto seria o caso comum; d) tomada da pesquisa corrente como fonte de inovação ao invés das fontes primárias de conhecimento armazenado e dos paradigmas tecnológicos; e) falha no reconhecimento do uso direto do *feedback* como meio de pesquisa para melhora nos sistemas.

A produção interativa da ciência e da tecnologia também foi proposta por autores como Gibbons *et al* (1994), que sugerem a presença cada vez mais intensa de um novo modo de produção do conhecimento na sociedade moderna, o *Modo 2* (similar aos modelos sistêmicos), que toma o lugar do *Modo 1* (similar ao Modelo Linear) de produção.

De acordo com os autores, as características que podem ser consideradas atributos do Modo 2 correspondem a uma gama de pontos que identificam claramente as diferenças existentes entre esse e o Modo 1 de produção do conhecimento, quer sejam:

- a) Local da geração do conhecimento: enquanto no Modo 1 os problemas surgem e são solucionados a partir de interesses de uma comunidade específica, em sua maioria, acadêmica, no Modo 2, o conhecimento é criado no seu contexto de aplicação e é originado a partir de uma gama maior de considerações e de negociações, que podem envolver tanto a indústria quanto a própria sociedade. Assim, não se inicia unicamente na academia e nem exclusivamente no mercado;
- b) Transdisciplinaridade: no Modo 2, a conformação da solução final englobará normalmente outros aspectos que não simplesmente a contribuição de uma única disciplina. Além disso, por ser gerada em seu contexto de aplicação, desenvolve metodologia e estrutura teórica próprias e seus resultados são comunicados em seu próprio processo de produção, formal ou informalmente e de forma dinâmica. Já no

Modo 1, em que o conhecimento é produzido em ambiente disciplinar estruturado, os resultados são comunicados a partir de canais institucionais bem definidos, geralmente através de publicações;

- c) Heterogeneidade e diversidade organizacional: a produção do conhecimento no Modo 2 é concebida a partir de uma grande variedade de organismos e, portanto, heterogênea em termos de habilidades e capacitações. As atividades são menos institucionalizadas, o que significa dizer que não são coordenadas por nenhuma instituição central. Já no Modo 1, esse processo é concebido de forma mais rígida, geralmente respeitando-se firmemente uma estrutura hierárquica, com destaque para as instituições acadêmicas;
- d) Contabilidade³ social: o crescimento da preocupação pública com aspectos relacionados ao meio-ambiente, à saúde, à comunicação e outros estimularam o crescimento da produção do conhecimento no Modo 2. Diferentemente do que acontece no Modo 1, no Modo 2, a contabilidade social passou a permear todo o processo de produção desse conhecimento, não somente no que tange à interpretação e à difusão dos resultados, mas também na definição de problemas e no estabelecimento de linhas prioritárias de pesquisa.
- e) Controle de qualidade: a qualidade da produção do conhecimento no Modo 1 é determinada primariamente através dos julgamentos advindos da revisão pelos pares, que se atêm às contribuições do conhecimento às suas respectivas disciplinas. Já no Modo 2, a qualidade é determinada por uma gama maior de critérios, que refletem uma composição social mais ampla do sistema de revisão, incorporando tanto os interesses intelectuais quanto sociais, econômicos e políticos. Neste sentido, a definição da “boa ciência” no Modo 2 é mais difícil de ser determinada.

Todos esses aspectos levantados por Gibbons *et al* (1994) que aqui foram retratados sugerem a passagem paulatina para uma nova forma de produção do conhecimento, que, assim como analisado por Kline e Rosenberg (1986), passa de linear, regida pelo encontro entre a “oferta da ciência” e a “demanda pelo mercado”, para uma produção mais interativa e multidisciplinar.

³ Tradução livre do termo em inglês *accountability*, que nesse caso denota o sentido de prestação de contas à sociedade.

Gibbons *et al* (1994: 9) ressaltam que, embora sejam modos de produção distintos, o Modo 1 e o Modo 2 interagem mutuamente, pois, assim como especialistas treinados em disciplinas específicas, de acordo com cânones do Modo 1, podem contribuir para a produção no Modo 2, alguns frutos da produção do conhecimento transdisciplinar também contribuem e fertilizam numerosas áreas das ciências disciplinares. Os autores argumentam que

“o aspecto principal de nossa tese é que o crescimento paralelo entre o número de potenciais produtores do conhecimento, do lado da oferta, e a expansão da necessidade de conhecimento especializado, do lado da demanda, está criando condições para a emergência de um novo modo de produção do conhecimento, [que traz] implicações para todas as formas de instituições, sejam elas universidades, instituições públicas de pesquisa ou laboratórios industriais” (Gibbons et al, 1994:13).

De alguma forma, no entanto, os autores sugerem que a maneira pela qual o Modo 2 de produção se estabelecerá em um contexto particular será determinada pelo grau em que as instituições no Modo 1 desejam se adaptar à nova situação. Essa adequação parece, de fato, estar ocorrendo quando se observa o fluxo e o número crescente de novas redes globais de produção e conhecimento viabilizadas, sobretudo, pelas inovações em tecnologias de informação e comunicação, assim como políticas de Ciência e Tecnologia implementadas pela maioria dos países.

Além das contribuições de Kline e Rosenberg (1986) e de Gibbons *et al* (1994), outros enfoques foram recentemente desenvolvidos sobre a dinâmica da produção científica e tecnológica. A teoria da inovação, por exemplo, apresenta estudos, como os “Sistemas Nacionais de Inovação” (Lundvall, 1988, 1992; Freeman, 1988; Nelson & Rosenberg, 1993) e a “Tripla Hélice de relações entre Universidade, Indústria e Governo” (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000).

Os estudos sobre os Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs) surgiram na segunda metade dos anos 1980, direcionados por autores da Economia Evolucionista (EE), com o intuito de identificar os agentes responsáveis pelo processo inovativo em determinada economia.

Para Freeman (1988), os SNIs podem ser compreendidos como redes de organizações nos setores público e privado cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias. Nelson & Rosenberg (1993) apontam como atores da inovação: a) os laboratórios de pesquisa de indústrias e firmas (que são o principal

locus do avanço tecnológico desde a primeira guerra mundial); b) as universidades; c) as instituições públicas de pesquisa (IPPs), que não são vistas apenas como um espaço onde cientistas e engenheiros industriais são treinados, mas como uma fonte de desenvolvimento de pesquisas e técnicas de considerável relevância ao desenvolvimento tecnológico industrial; d) além do próprio suporte de investimentos advindos dos governos, não somente voltados aos seus interesses diretos, mas também aos interesses civis.

De acordo com Lundvall (1988), as ligações entre usuários e produtores dentro de um SNI são tão mais eficientes quanto menores forem as distâncias geográficas e quanto maiores forem as semelhanças lingüísticas, a proximidade cultural e a presença de um governo forte e atuante no progresso da nação.

Além disso, o autor coloca que os fluxos de tecnologia e de cooperação intra-firmas são muito mais freqüentes no âmbito nacional do que no internacional, e isto acontece porque a estrutura de um sistema nacional de produção e inovação é produto de um processo histórico, que não pode ser transferido de país para país como assim o podem ser os fatores de produção, por exemplo.

Apesar de identificarem os mesmos atores como participantes do processo sistêmico de produção do conhecimento - universidades, indústria e governo - o conceito de SNI e da Hélice Tripla diferem em alguns aspectos. O primeiro atribui papel central à dinâmica empresarial na produção tecnológica, já o modelo da Hélice Tripla destaca o papel da universidade na transferência do conhecimento.

Vergragt (1988) se aproxima da análise econômica ao considerar o laboratório industrial como o locus em que a interação entre ciência e tecnologia se torna mais nítida na atualidade. O autor sugere que este seja o ambiente em que são integradas as atividades científicas e tecnológicas, aliadas às habilidades organizacionais e de marketing, para a criação de novos produtos e processos. Desta forma, julga ser contraproducente separar a produção científica da tecnológica nos dias de hoje.

O autor acrescenta que, como conseqüência da criação de uma linha divisória pela literatura entre os estudos sobre ciência e tecnologia, não é dada a devida atenção aos aspectos tecnológicos ou inovativos da ciência e tão pouco aos aspectos científicos incorporados em artefatos tecnológicos. Os cientistas, a seu ver, estão de alguma maneira

separados de seus contextos econômicos, pois limitam suas discussões e análises a debates com outros cientistas, e, raramente, com atores políticos ou econômicos. Na sua opinião,

na tradição da Sociologia do Conhecimento Científico, é amplamente aceito que os fatos científicos são construídos a partir de processos de negociação entre cientistas, no entanto, a influência de fatores econômicos e políticos incorporados a esses processos de construção não são esclarecidos (Vergragt, 1988:3).

No que tange exclusivamente à produção tecnológica, temática principal desta dissertação, o fato de ser objeto de estudo comum a muitas áreas do conhecimento faz com que sejam traçadas sobre si diferentes perspectivas de análise, que em muitos momentos não se conversam. Dessa forma, o tratamento disciplinar nos obriga a abrir mão de certos elementos a serem considerados que poderiam auxiliar uma análise mais ampla e consistente do objeto, gerando, com isso, espaços ociosos de apreciação que poderiam ser mais bem explorados caso houvesse um esforço de complementaridade entre eles.

A dicotomia que se estabelece entre a literatura econômica e a sociológica na análise desse tipo de produção é um desses exemplos. Enquanto os estudos econômicos se atêm majoritariamente às premissas institucionalizadas da produção tecnológica, os estudos da Sociologia se atêm ao posicionamento dos indivíduos ou grupos de indivíduos envolvidos nesse processo, seus interesses e os conflitos que fazem parte da construção de dado artefato tecnológico.

Dessa forma, a Economia tende a não incorporar elementos importantes para a compreensão do processo de produção da tecnologia, como os determinantes sociais deste tipo de produção, entre eles, os interesses dos atores envolvidos, as estruturas de poder e a influência dos aspectos políticos. Enquanto, em contrapartida, a Sociologia desconsidera muitas das características fundamentais para a estrutura econômica de produção tecnológica, como agências, instituições e sistemas econômicos.

Pode-se dizer que ambas as disciplinas têm caminhado em linhas paralelas no mesmo sentido e direção, ambas tentando, com base em suas ferramentas próprias, abrir a caixa preta da inovação tecnológica (Coombs *et al*, 1992:12). De acordo com Coombs *et al* (1992:6), apesar de se aterem a perspectivas diferentes sobre o objeto de análise, ocorre, a partir dos anos 1950, com a emergência de abordagens como a Economia Evolucionista (EE), *Actor Network Theory* (ANT) e os estudos social-construtivistas, uma migração da Economia e da Sociologia rumo a uma análise mais realista e explícita da mudança

tecnológica. Essa migração em uma direção comum fez com que, do ponto de vista dos autores, essas disciplinas se encaminhassem para pontos de análise similares.

Muito embora ainda haja certa resistência na integração disciplinar, este trabalho explora as possibilidades de entrecruzamentos das linhas de pensamento econômica, representada pela EE, e social, representada por dois ramos da Sociologia do Conhecimento Científico: a abordagem *Social Construction of Technology* (SCOT) e *Actor Network Theory* (ANT), partindo-se da perspectiva de que alguns de seus elementos de análise se complementam de forma a garantir uma caracterização mais consistente e ampla do objeto analisado.

Trata-se de um exercício de análise que ainda não foi tentado anteriormente. Houve, sem dúvida, ocasiões e encontros que buscaram reunir sociólogos e economistas da tecnologia (como fóruns abertos por Mackenzie e Wajcman, 1985, e Coombs et al, 1992). Mas não há na literatura disponível uma tentativa explícita de identificar em casos empíricos realizados a partir de uma abordagem econômica, as categorias analíticas propostas por uma abordagem sociológica, e vice-versa. Isso é o que se pretende com essa dissertação.

Para atingir o objetivo proposto, essa dissertação faz, em seu primeiro capítulo, uma contextualização sucinta de onde estão inseridas as abordagens EE, SCOT e ANT, quais são suas principais contribuições no que tange à produção tecnológica e, para tanto, apresenta algumas de suas principais categorias analíticas.

Com base na revisão de alguns textos que consideram as principais características e limitações de cada uma das abordagens apresentadas no primeiro capítulo, o segundo capítulo propõe um exercício de complementaridade entre suas categorias analíticas, buscando ressaltar os pontos de interface, e os pontos a partir dos quais uma suprimiria a carência analítica da outra.

No terceiro capítulo são apresentados três estudos de caso, cada um deles pertencente a uma das abordagens apresentadas: i) o caso do desenvolvimento dos refrigeradores elétricos nos Estados Unidos do início do século XX, sob a perspectiva analítica da SCOT; ii) o caso do desenvolvimento do veículo elétrico, sob a perspectiva da ANT; e iii) o mesmo caso do desenvolvimento do veículo elétrico, a partir da perspectiva da EE.

A escolha dos casos reflete um assunto de interesse comum para as três abordagens: tecnologias emergentes com base na matriz energética elétrica. Após a revisão de cada um dos casos, são sugeridos quais os conceitos oferecidos pelas abordagens subsequentes que poderiam de fato complementar a análise original dada por cada um dos autores, para que assim possa-se identificar tanto a diferença no modo como cada um dos enfoques analisa os casos em questão quanto a possibilidade de complementaridade entre eles.

CAPÍTULO 1 - BREVE CONSIDERAÇÃO ACERCA DAS CONTRIBUIÇÕES DA SOCIOLOGIA DA TECNOLOGIA E DA ECONOMIA EVOLUCIONISTA A ESTUDOS DA PRODUÇÃO TECNOLÓGICA

A literatura sobre produção da tecnologia é tradicionalmente dividida em três grupos: i) estudos da inovação; ii) história da tecnologia; e iii) sociologia da tecnologia (Pinch e Bijker, 1987). Com o propósito de analisar as possibilidades de interação entre os estudos sobre tecnologia produzidos sob a perspectiva econômica e sociológica, interessa-nos, particularmente, acercar-nos da literatura em Economia da Inovação e em Sociologia da Tecnologia, sobre as quais são introduzidas breves considerações a seguir.

1.1. Economia Evolucionista (EE)

Dentre os estudos econômicos da inovação⁴, pode-se identificar um corpo amplo e coerente de trabalhos sistemáticos conhecido como evolucionista ou neo-schumpeteriano⁵, que atribui ao sistema econômico capitalista uma dinâmica evolutiva própria, diferente daquela traçada pelos chamados economistas ortodoxos (ou neoclássicos, ou marginalistas, ou ainda, utilitaristas).

Enquanto os autores da ortodoxia econômica entendem o processo inovativo como resultante do equilíbrio proposto por uma função de produção que combina elementos de oferta e demanda, os autores evolucionistas, ao contrário, o vêem como resultante do desequilíbrio do sistema econômico, inserido no processo concorrencial.

Na teoria econômica tradicional, mais conhecida como neoclássica ou ortodoxa, o conhecimento tende a ser tradicionalmente tratado como “caixa-preta”, na qual o processo de produção tecnológica é tido como uma resposta linear às demandas do mercado e a mudança tecnológica é considerada de forma exógena ao sistema econômico.

⁴ Outros trabalhos inseridos dentro das Ciências Econômicas também exploram os determinantes da produção tecnológica. Dentre eles, podemos considerar a Teoria do Valor Trabalho, de Karl Marx (1985), em que a principal função da produção tecnológica reside na busca pelo aumento da mais-valia relativa, inserida na exploração do trabalho pelo capital. No entanto, neste trabalho nos ateremos apenas à análise da Economia Evolucionista, que analisa a produção da tecnologia inserida no processo de concorrência inter-capitalista.

⁵ Nesta dissertação, empregaremos a classificação de Possas (1988) dos autores da abordagem neo-schumpeteriana, para quem os “autores [...] basicamente situados em dois grupos não-rivais - o que desenvolve 'modelos evolucionistas' (R. Nelson e S. Winter - EUA) e o da SPRU, da Sussex (UK, sob a direção de C. Freeman), [que] voltam-se à análise da geração e difusão de novas tecnologias em sua natureza e impactos, destacando uma inter-relação com a dinâmica industrial e a estrutura dos mercados [...]” (Possas, 1988:158).

Coombs *et al* (1992) enfatizam que nessa abordagem mais tradicional da economia somente os efeitos da mudança tecnológica, como produtividade e preços, são analisados e que nem o processo de geração da mudança técnica nem suas características intrínsecas são incluídos da representação do “modelo função de produção”.

Schumpeter (1982), autor em que os evolucionistas baseiam seu arcabouço teórico, analisa o desenvolvimento capitalista como reflexo de mudanças revolucionárias dentro da própria vida econômica, e não das mudanças naturais ou sociais que possam ocorrer. Sustenta, assim, que “entenderemos por desenvolvimento apenas as mudanças da vida econômica que não lhe forem impostas de fora, mas que surjam de dentro, por sua própria iniciativa” (p.47).

Essas mudanças podem ocorrer sob a ação de cinco fatores designados pelo autor como: i) a introdução de um novo bem; ii) a introdução de um novo método de produção; iii) a abertura de um novo mercado; iv) a conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados; e v) o estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria. Schumpeter (1982) argumenta que

“na medida em que as ‘novas combinações’ podem, com o tempo, originar-se das antigas por ajuste contínuo mediante pequenas etapas, há certamente uma mudança, possivelmente um crescimento econômico, mas não um fenômeno novo, nem o desenvolvimento no sentido em que se quer defender. Se não for este o caso, se as novas combinações aparecerem na esfera econômica descontinuamente, então surge o fenômeno que caracteriza o desenvolvimento” (p. 48).

Assim, para o autor, a análise estática não é capaz de explicar a ocorrência de revoluções produtivas nem os fenômenos que as acompanham. Porém, a noção de desenvolvimento como um processo dinâmico diz respeito ao fato de que as mudanças revolucionárias, unicamente no sistema capitalista, ocorrem efetivamente de maneira fecunda e não mediante ajustes contínuos.

Em trabalho posterior, publicado no ano de 1942, Schumpeter faz nova menção ao aspecto essencial do capitalismo como sendo este um processo evolutivo. Para ele, este sistema seria, por si só, uma forma ou método de mudança econômica que nunca pode se encontrar em estado estacionário (Schumpeter, 1984).

Esse caráter evolutivo não se deve ao fato de as mudanças econômicas acontecerem em um ambiente social que sempre se transforma, nem ao aumento populacional ou do capital em determinado país ou região, mas sim, à inserção dos, já citados em sua primeira

obra, novos bens de consumo, novos métodos de produção ou transporte, novos mercados e/ou novas formas de organização industrial que a empresa capitalista cria. Esse processo é denominado por Schumpeter (1984) como processo de Destruição Criativa, fator intrínseco à estrutura capitalista,

“que incessantemente revoluciona a estrutura econômica a partir de dentro, incessantemente destruindo a velha, incessantemente criando uma nova. Em outras palavras, normalmente se vê o problema de como o capitalismo administra as estruturas existentes, enquanto o relevante é saber como ele as cria e destrói” (pp. 113, 114).

Observa-se que, na visão do autor, o desenvolvimento é uma mudança espontânea e descontínua das condições de equilíbrio pré-determinadas, que se iniciam nos domínios industrial e produtivo e que são geradas internamente a partir de processos de inovação em produtos, processos, formas de organização, mercados e fontes de matérias-primas.

Com base nisso, Schumpeter (1984) refuta o *modus operandi* da concorrência, que tradicionalmente atribui à concorrência via preços o modo mais eficiente para o alcance do desenvolvimento econômico. Para o autor, as concorrências de qualidade e de esforço de vendas, que comandam vantagens decisivas de custo e qualidade e que atingem diretamente os lucros e a produção das firmas, além de suas próprias fundações (inserção de novas mercadorias, novas tecnologias, novas fontes de ofertas e novos tipos de organização), são muito mais eficientes na promoção do desenvolvimento do que a tradicional concorrência via preços. O autor acredita que a eficiência desse tipo de concorrência comparada à de preços é assim como um bombardeio a se forçar uma porta (Schumpeter, 1984, p. 114).

Essa visão do processo de desenvolvimento econômico amparado no confronto de capitais e na busca incessante pela destruição criativa funda, ao final dos anos 1970, a escola de pensamento econômico evolucionista formada por autores interessados em recuperar, com base nos trabalhos de Schumpeter, o conceito da inovação como motor da dinâmica capitalista. A partir desse período, muitos economistas passaram a abandonar o referencial de equilíbrio clássico e começaram a explorar a caixa-preta da produção tecnológica tentando compreender quais são as características que determinam os êxitos e fracassos das inovações.

Laplane (1997) faz uma leitura dos autores evolucionistas que surgem neste período e ressalta a importância dada por eles ao papel da concorrência no âmbito capitalista como principal geradora de assimetrias e indutora de inovações. O autor menciona que, de acordo

com os evolucionistas, a presença de rivais, além de limitar as alternativas disponíveis de ajustamento aos agentes individuais, pode também gerar reações de outro tipo, como iniciativas que visem construir vantagens em relação aos concorrentes, já que os agentes individuais não precisam, necessariamente, se adaptar às condições estruturais dadas, mas podem tentar mudá-las a seu favor.

Este conceito de concorrência pode ser compreendido a partir da definição da estrutura de monopólio, baseada na existência de barreiras à entrada, que definem vantagens diferenciais para as firmas estabelecidas em dado mercado. Estas vantagens representam a diferenciação das empresas com relação a potenciais entrantes e são continuamente construídas e destruídas num processo dinâmico.

Assim, para os autores evolucionistas, baseando-se no processo inovador, as empresas alcançam a criação de assimetrias, de diferenciações, que resultam na conquista de parcelas maiores do mercado e, por fim, na obtenção dos lucros extraordinários. Além de resultarem do processo inovador, os chamados lucros extraordinários são também o elemento responsável pelo impulso inovador das entidades empresariais. Portanto, as empresas que não forem capazes de seguir o rumo das inovações acabarão desaparecendo do mercado em que estão, sendo consumidas pelo processo competitivo.

É possível concluir que de acordo com a teoria econômica evolucionista a inovação é a mola mestra da dinâmica capitalista e também parte integrante do processo concorrencial. Este é o fator que faz com que, no capitalismo, o desenvolvimento das forças produtivas se dê a um ritmo muito mais acelerado do que nas sociedades pretéritas, fazendo com que o caráter progressista seja um elemento singular dentro deste regime de produção (Possas, 1999).

Para Nelson e Winter (1977), alguns dos autores das primeiras obras dessa corrente teórica, os modelos de “função de produção” jamais conseguiram desenvolver uma abordagem teórica própria e consistente que tratasse a produção tecnológica, pois esses modelos falharam em dois principais pontos: i) ao não incluírem o componente “incerteza”, inerente ao processo inovativo; e ii) ao basearem-se numa estrutura institucional da inovação freqüentemente atrelada a um setor econômico ou variando entre setores. Foi a partir desses pontos considerados rudimentares da função de produção, que Nelson e Winter (1977:48) sugeriram que “uma teoria sobre inovação deve incorporar explicitamente

a natureza estocástica evolucionária da inovação e deve ter espaço considerável para sua complexidade organizacional e diversidade”.

Além disso, os autores assumem as premissas de que qualquer mudança não-trivial e inédita em produtos e processos deve ser considerada uma inovação, e que toda inovação envolve um componente de incerteza, tanto antes quanto após sua introdução na economia, sendo possível, portanto, conferir ao seu processo o caráter de desequilíbrio contínuo.

Dessa forma, Nelson e Winter (1982) incorporam conceitos análogos aos biológicos ao processo inovativo, como: a) fator de hereditariedade, no qual estão incluídas as rotinas; b) mutação, que se estabelece com os processos de busca, com as trajetórias naturais e com os regimes tecnológicos; e c) ambientes e mecanismos de seleção. Esses conceitos serão descritos a seguir juntamente com os demais conceitos incorporados por outros autores da corrente evolucionista.

De acordo com Nelson e Winter (1982) as **rotinas** são o principal fator de identificação comportamental dos agentes e das instituições em dado sistema econômico, constituindo-se, portanto, em

“características das firmas que vão desde rotinas técnicas bem especificadas para produzir, passando por processos de contratação e demissão, ordenação de um novo inventário, ou crescimento da produção de itens cuja demanda aumentou, até políticas relacionadas ao investimento, P&D, propaganda e estratégias de negócios sobre diversificação produtiva e investimentos externos” (p. 14).

Para os autores, essas rotinas cumprem o mesmo papel que os genes cumprem na teoria biológica evolucionária, já que: a) são uma característica persistente de dado organismo, b) determinam os possíveis comportamentos apresentados por esse organismo, c) são hereditárias no sentido de que o organismo gerado futuramente a partir do atual possui muitas características comuns, e d) são seletivas no sentido de que organismos com certas rotinas podem se desempenhar melhor que outros e, se assim for, sua importância relativa face à população (indústria) aumenta com o passar do tempo. Além disso, podem ser divididas entre rotinas estáticas, que consistem em simples repetições de práticas anteriores, e rotinas dinâmicas, que são orientadas para novas aprendizagens.

O reconhecimento de comportamentos organizacionais que não seguem padrões regulares e predeterminados também pode ser acomodado na teoria evolucionista, de acordo com Nelson e Winter (1982), já que ela também reconhece a existência de

elementos estocásticos tanto na determinação das decisões tomadas quanto no resultado que elas acarretam.

Para os autores, há uma hierarquia de regras de decisão, com procedimentos de ordem superior (como, por exemplo, exame das técnicas de produção correntes ou estudo de um leque de possíveis alterações na política de propaganda) que agem ocasionalmente na modificação de procedimentos de ordem inferior (técnicas utilizadas na produção de algo em particular ou o procedimento determinante do mix de matérias-primas empregadas na produção ou regras de decisão usuais relacionadas aos gastos com propaganda).

Dessa forma, a EE assume, diferentemente da economia ortodoxa, que não há nem o equilíbrio temporário dentro da indústria que estabeleça, a partir da interação entre oferta e demanda, um único preço no mercado em dado período, nem mesmo o equilíbrio de longo-prazo, já que as firmas estão em constante processo de mutação. Além disso, a existência de rotinas pressupõe a impossibilidade de se pensar a mudança tecnológica em termos de maximização ou de racionalidade, como propõe a teoria ortodoxa, mas sim, a partir da existência de um ambiente permeado pela incerteza.

As rotinas são guiadas por **processos de busca**, que, de acordo com Nelson e Winter (1982:18) são similares ao processo de mutação que encontramos na Biologia, já que a “busca” para os evolucionistas é determinada pelas rotinas empregadas pelas firmas e a “mutação” biológica, pela composição genética do organismo.

Os autores afirmam que, a cada momento do tempo, as características das firmas e as magnitudes de seus estoques de capital e de outras variáveis determinam diferentes níveis de insumos e de produção. Aliadas às condições de oferta e demanda apresentadas pelo mercado, que são exógenas às firmas em questão, as decisões expressas por essas firmas são responsáveis pela determinação dos preços de mercado.

Dessa forma,

“os processos de busca são, além de simultâneos, aspectos interativos do processo evolucionista: os mesmos preços que promovem a seleção também influenciam as direções de busca. Através da interação entre os processos de busca e seleção, as firmas evoluem com o tempo, com as condições da indústria em cada período carregando as sementes de suas condições ao período subsequente” (Nelson e Winter, 1982:19).

Para Nelson e Winter (1982), a definição de processos de busca poderia abrir margem para uma acusação determinística da evolução da indústria, no entanto, eles

apontam que esta seria uma conclusão errônea do termo, já que uma das premissas do processo de busca é o seu caráter estocástico, o que faz com que o único componente que a condição de uma indústria em dado período pode realmente *determinar* é a probabilidade da distribuição de suas condições no período seguinte. Dessa forma, se o processo de busca é inerentemente estocástico, não pode estar inserido no processo de maximização das organizações capitalistas como querem os economistas ortodoxos.

Com base em uma analogia traçada com a seleção natural de genótipos na teoria evolucionária da Biologia, Nelson e Winter (1977:64) afirmam que, dado o fluxo de novas inovações, o **ambiente de seleção** determina de que forma o uso relativo de diferentes tecnologias muda com o passar do tempo, além de influenciar tanto o padrão do crescimento em produtividade gerado por cada inovação quanto os tipos de P&D que as firmas e a indústria acharão mais lucrativos para serem executados.

Os autores destacam três tipos de ambientes de seleção que podem ocorrer em determinado setor de atividade: i) a definição do valor ou do lucro que deve ser operado pela firma em dado setor; ii) a maneira pela qual o consumidor ou as determinações regulatórias ou regras influenciam o que é lucrativo; iii) o investimento e os processos de imitação relacionados.

Para eles, o julgamento das firmas sobre a lucratividade de uma inovação não depende somente de seus próprios objetivos, já que uma parte muito importante desse julgamento envolve os indivíduos e as organizações que são os demandantes ou os beneficiários dos bens e serviços produzidos pelas firmas. Com isso, sugerem que existem dois diferentes mecanismos a partir dos quais uma inovação lucrativa se difunde: i) através da sua ampla utilização pela firma que primeiro a introduziu, seja substituindo antigas práticas pela introdução de novas ou pelo crescimento absoluto ou relativo da firma (caso haja competidores num mesmo mercado); ou ii) através da imitação.

Para Nelson e Winter (1977:56), as direções em que determinada inovação avança em seu processo de busca são denominadas **trajetórias naturais**, que, além de expressarem dado *momentum interno* da mudança tecnológica, devem ser consideradas inerentemente boas estratégias de desenvolvimento justamente pelo fato de terem sido perseguidas de forma natural.

Os autores designam os **regimes tecnológicos** como sinalizadores de certas direções, ou trajetórias, nas quais o progresso tecnológico se torna possível, diferenciando seu conceito do termo “regimes tecnológicos”, que é tradicionalmente tratado por outros autores como fronteiras de capacitações físicas ou biológicas que delimitam a forma de se fazer coisas. Para os economistas evolucionistas, esse conceito é mais cognitivo e está relacionado às crenças dos técnicos sobre o que é factível ou o que vale a pena ser tentado.

Para ilustrá-lo, Nelson e Winter (1977) mencionam o caso do avião DC3 desenvolvido na década de 1930, que foi projetado a partir de um regime tecnológico particular, com sua carcaça de metal e asas baixas e que foi a base para qualquer outro tipo de desenvolvimento em modelos aerodinâmicos durante as duas décadas seguintes.

Assim como o DC3, outros exemplos de regimes tecnológicos acabam definindo não só as direções a partir das quais o progresso tecnológico é possível, mas também as trajetórias que delimitam esse progresso. No entanto, Nelson e Winter (1977:59) assumem que as trajetórias tecnológicas estabelecidas em determinado período podem não ser mais perseguidas no período subsequente, já que o progresso no conhecimento permite naturalmente o surgimento de outras tecnologias que substituem as tecnologias precedentes. Esse é o caráter progressista da inovação proposto por Schumpeter (1942) e referenciado pelos autores.

Para tanto, os autores se referem ao exemplo da indústria do algodão que desbancou, a partir do século XIX, a indústria de lã devido à introdução de processos de produção mais fáceis de serem mecanizados. Em período subsequente, já ao final do século XX, um esforço maior voltou-se à produção de fibras sintéticas que cresceu em importância com relação às fibras naturais.

É possível traçar um paralelo entre o conceito de regimes tecnológicos com o de **paradigmas tecnológicos** de Dosi (1982). Esse último, baseando-se na noção kuhniana de “paradigma científico” (Kuhn, 1975), propõe que a emergência de um paradigma tecnológico é resultado de um conjunto de procedimentos baseados em conhecimentos específicos para a solução de problemas tecnológicos selecionados, formulados com base em princípios derivados das ciências naturais, por meio do emprego de tecnologias materiais selecionadas.

Também analogamente à definição de trajetórias naturais, proposta por Nelson e Winter (1977), Dosi (1982) introduz o conceito de **trajetórias tecnológicas** que podem ser definidas como

“padrões de atividade normais de soluções de problemas, isto é, de progresso dentro desse paradigma tecnológico. Um paradigma tecnológico incorpora fortes prescrições sobre as direções que a mudança tecnológica deve perseguir e aquelas que devem ser negligenciadas” (p. 152).

Esses padrões de inovação inseridos em dada trajetória tecnológica são, de acordo com Dosi (1988), resultantes da busca pelo aperfeiçoamento de **trade-offs técnico-econômicos**, que nada mais são do que, no caso da microeletrônica, por exemplo, a relação estabelecida entre itens técnicos, como potência dos *chips* e velocidade da computação, com itens econômicos, como o custo por *bite* de informação.

Por outro lado, a busca pelo aperfeiçoamento desses *trade-offs* faz com que as atividades inovativas tendam a ser seletivas, precisamente direcionadas e cumulativas no que diz respeito à aquisição de capacitações para a solução de problemas. Além do mais, é essa busca pelo aperfeiçoamento dos *trade-offs* técnico-econômicos que faz surgir um **projeto dominante**, definido por Utterback (1996:26) como “aquele que adquire a fidelidade do mercado, aquele que os concorrentes e inovadores precisam adotar para terem pelo menos a esperança de dominar uma parcela significativa do mercado sucessor”.

De acordo com Utterback (1996), o projeto dominante geralmente adquire a forma de um novo produto sintetizado a partir de inovações tecnológicas introduzidas de forma independente em variações do produto anteriores, como, por exemplo, o formato do IBM PC, que, apesar de inaugurar a tecnologia revolucionária dos computadores pessoais, reuniu elementos já bastante familiares a seus usuários, como o monitor de TV e o teclado padrão das máquinas de escrever.

Além disso, o autor considera que um projeto dominante incorpora requisitos de muitas classes de usuários mesmo que não se configure em projetos específicos a cada um deles ou na última palavra em desempenho tecnológico. Acima de tudo, o projeto dominante satisfaz o usuário justamente pelo fato de agregar ao redor de si diversas opções técnicas e de mercado, e não por ser um otimizador das demandas de uma minoria (Utterback, 1996:27).

O surgimento do projeto dominante não é, na visão do autor, uma coisa pré-determinada, mas sim, o resultado das interações entre opções técnicas e de mercado num determinado instante do tempo. Assim, a trajetória tecnológica é, de acordo com ele, o percurso que se segue com base na escolha técnica feita no início dos eventos e essa trajetória é afetada tanto pelas decisões do produto, que são restritas pelas escolhas técnicas anteriores, quanto pelas decisões dos clientes.

Com relação ao ambiente competitivo em torno do projeto dominante, Utterback (1996) argumenta que

“o aparecimento do projeto dominante muda a ênfase competitiva em favor daquelas empresas – grandes ou pequenas - que são capazes de reunir as maiores aptidões no processo de inovação e integração e com as maiores aptidões técnicas e de engenharia desenvolvidas internamente. Depois que a poeira assenta na competição pela inovação de produto, o enfrentamento passa para um novo campo de batalha: a inovação do processo (...), então, os inovadores começam a imaginar como produzir da maneira mais eficiente possível, e algumas empresas estarão mais aptas a isso do que outras” (p. 33).

Conforme afirma Rosenberg (1982), o conhecimento destas opções técnicas e de mercado que definem uma inovação é originário e dependente do conhecimento previamente determinado. A esta característica do progresso tecnológico o autor designa o nome de *path-dependence*, ou “dependência do caminho” ou “da trajetória” delineados anteriormente.

Encontramos na adoção histórica da confecção de teclados QWERTY para máquinas de escrever a ilustração necessária ao entendimento de certos padrões de mudança tecnológica. David (1985) defende a idéia de que, embora não representasse a alternativa mais confortável e rápida para a datilografia e o treinamento de datilógrafos, o uso do teclado QWERTY contribuiu para sua padronização nas máquinas de escrever e esta padronização foi auto-reforçada pelo aumento no interesse em qualificação e treinamento neste tipo de teclado. O autor sugere que este auto-reforço pode levar ao *lock-in* (ou aprisionamento) do progresso tecnológico em determinadas soluções que não são necessariamente as mais desejáveis.

Rosenberg (1976) acrescenta que o fenômeno do *lock-in* também está relacionado ao fato de que a interdependência entre os componentes de dada tecnologia⁶ é rígida, o que

⁶ Componentes técnicos, economias de escala e irreversibilidade gerada por efeitos de hábito e aprendizagem.

faz com que não seja possível fazer alterações isoladas em um componente sem comprometer sua compatibilidade com a totalidade do sistema. Assim, posto que as trajetórias tecnológicas estão inseridas em um contexto social, econômico, institucional e também tecnológico, denotam, além do *path-dependence*, o componente da **irreversibilidade**, já que, uma vez alcançada uma nova trajetória não existe a possibilidade de retorno ao caminho anterior.

Dessa forma, os conceitos de *path-dependence*, irreversibilidade e *lock-in* se configuram dentro da abordagem evolucionista como inerentes ao progresso tecnológico e estão inseridos num contexto evolutivo obrigatoriamente contínuo, mas não necessariamente linear.

A esse respeito, Utterback (1996:53-54) considera que ao mesmo tempo em que a padronização do projeto de máquinas de escrever e o desenvolvimento de habilidades de datilografia do teclado QWERTY alteraram o ambiente de trabalho das empresas – tanto com relação à forma do trabalho quanto a quem o executava – também foi criada uma dinâmica de mercado que as inovações futuras em datilografia, processamento de textos e computação pessoal foram forçadas a perceber. Isto porque à medida que surgiam novas inovações nesse segmento elas aconteciam dentro das limitações impostas pelos hábitos, habilidades e expectativas dos usuários criadas pela inovação original. Assim, para o autor, é muito duvidoso aceitar que a IBM, ao lançar seu modelo de PC, tivesse criado um grande sucesso de mercado caso tivesse desenvolvido uma nova configuração de teclado, mesmo que mais eficiente.

Ao tipo de inovação que se origina, seja ela de produto ou processo, conforme proposto por Utterback (1996), podem-se somar os conceitos de inovações incrementais, radicais ou revolucionárias propostos por Freeman (1984), que buscam definir o tipo de efeito que a inovação gera em dada economia. Para o autor, as **inovações incrementais** são aquelas que ocorrem continuamente, porém a taxas distintas e em setores também distintos, e que isoladamente não são capazes de gerar um efeito profundo, mas, em conjunto, são extremamente importantes para o crescimento da economia. Em contrapartida, as **inovações radicais** ocorrem de forma aleatória e descontínua, e podem trazer alguma alteração nos padrões de produção e consumo. Já as **inovações revolucionárias** são aquelas cujos efeitos são profundos sobre a economia, alterando inclusive seu sistema social e

político, e caracterizam-se por: a) uma redução drástica nos custos de muitos produtos e serviços, mesmo que ocorra de forma desigual; b) mudanças, em termos de segurança e eficiência, dos produtos e processos; c) mudanças sociais e políticas, que podem alterar completamente suas formas de organização; e d) impactos ambientais, que se forem negativos podem comprometer os benefícios de uma nova tecnologia.

Assim sendo, de acordo com Freeman (1984) as inovações revolucionárias são aquelas capazes de acarretar mudanças intensas em um determinado sistema econômico, em todos os seus setores, e têm como ponto de partida as decisões de investimento realizadas, já que, para que uma nova tecnologia atinja todo o sistema, seus efeitos sobre as iniciativas dos agentes devem ser generalizados.

Junto à gama de estudos que introduziram os conceitos detalhados acima, encontra-se a contribuição de muitos outros trabalhos de economistas evolucionistas, que, entre outros escopos, analisam padrões nacionais e setoriais da atividade econômica e da inovação, como os Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs), apresentados na introdução dessa dissertação, e os Sistemas Setoriais de Inovação (SSIs), brevemente tratados a seguir.

Além dos SNIs, a literatura econômica evolucionista também explora o conceito de setorialidade com base nos chamados **Sistemas Setoriais de Inovação (SSIs)**, que, de acordo com Malerba (2002) são compostos por uma gama de produtos e de agentes direta ou indiretamente relacionados ao mercado para a criação, produção e venda destes produtos. Estes agentes podem ser indivíduos ou organizações em vários níveis de agregação, com processos específicos de aprendizado, competências, estruturas organizacionais, crenças, objetivos e comportamentos, interagindo através de processos de comunicação, trocas, cooperações, competições e comandos.

Para Malerba (2002), um sistema setorial possui uma base específica de conhecimentos, institucionalidades, tecnologias, insumos e demandas que se transforma a partir da co-evolução destes elementos. Com base nisso, o autor julga que as principais vantagens de uma visão sistêmica setorial podem ser identificadas a partir a) da compreensão da estrutura e das fronteiras de um setor; b) dos agentes e de suas interações; c) dos processos de aprendizado de inovação e de produção; d) da transformação dos

setores; e e) dos fatores que determinam as performances das firmas e dos países em dado setor de atuação.

Devido ao fato de estarem embasados em aspectos sistêmicos e de pressuporem interação entre agentes para a geração de inovações, o referencial de SI (seja nacional, regional ou setorial) é o enfoque da economia evolucionista que mais se aproxima dos estudos sociais da tecnologia, como SCOT e ANT.

Neste trabalho exploramos duas principais linhas de estudos sociais da tecnologia: *Social Construction of Technology* (SCOT) e *Actor Network Theory* (ANT), ambas detalhadas nas próximas seções desta dissertação.

1.2. Social Construction of Technology (SCOT)

A abordagem Construção Social da Tecnologia (*Social Construction of Technology* ou SCOT) se origina nos anos 1980, a partir dos trabalhos desenvolvidos por Trevor Pinch, um sociólogo da ciência, e Wiebe Bijker⁷, um sociólogo da tecnologia, que propõem a noção de que a tecnologia é socialmente construída, direcionada estritamente, portanto, por processos sociais e não por qualquer lógica tecnológica inerente.

Os estudos construtivistas da tecnologia derivam de um paralelismo ao “princípio da simetria” explorado por Bloor (1976), que julga que as verdades ou mentiras da crença científica devem ser analisadas de forma simétrica, ou seja, aplicando-se o mesmo aparato conceitual a cada um dos casos. A partir dele, não se pode considerar que uma argumentação científica considerada verdadeira é explicada a partir de sua correspondência com o natural, enquanto que uma argumentação considerada falsa é explicada, sobretudo, com base nas considerações sociais que estiveram presentes na sua concepção. Ao invés disso, é necessário que se aplique o natural como algo que deva ser explicado e não como um elemento explicativo per se. Em outras palavras, como sinaliza Bijker (1995:270), o natural não é a causa das crenças científicas, mas sim, seu resultado.

Dessa forma, Pinch e Bijker (1987) empregam o mesmo raciocínio do princípio da simetria aplicado à ciência para o desenvolvimento da tecnologia, sugerindo que esta só deverá ser entendida se analisarmos o sucesso e o fracasso dos artefatos, simetricamente. Assim, SCOT refuta a idéia de que dado artefato funciona como uma explicação ao

⁷ Em especial, conferir Pinch & Bijker, 1987.

desenvolvimento tecnológico, e propõe que seja visto como um objeto que requer explicação, justamente pelo fato de se originar de uma aceitação por parte de grupos sociais envolvidos em sua construção.

As categorias analíticas da SCOT foram conceituadas e operacionalizadas metodologicamente em três estudos de caso, hoje considerados clássicos da sociologia da tecnologia. Esses casos são: i) o caso da construção da bicicleta, no qual apresentam-se os conceitos de grupo social relevante (GSR), de flexibilidade interpretativa e de contexto mais amplo; ii) o caso da construção da baquelita, em que é apresentada a idéia de estrutura tecnológica e inclusão; e iii) o caso da construção da lâmpada fluorescente, no qual são propostos os conceitos de poder e obstinação.

Com o caso da construção da bicicleta no século XIX na Inglaterra, Pinch e Bijker (1987) mostram que o desenvolvimento de desenhos técnicos não pode ser explicado exclusivamente a partir das propriedades intrínsecas do artefato. O formato do artefato depende, sobretudo, dos diferentes significados que os **grupos sociais relevantes (GSRs)** envolvidos em dado desenvolvimento técnico denotam a ele, e isso acontece devido ao que os autores determinaram chamar de **flexibilidade interpretativa**.

Nesse caso, são explorados os universos de dois principais GSR e seus respectivos interesses com relação ao desenho da bicicleta: i) homens jovens, que denotavam ao desenho original da bicicleta com suas rodas altas o sentido de virilidade e de alcance de maior velocidade; e ii) mulheres e homens idosos, para os quais este design da bicicleta original representava perigo, devendo, assim, se tornar mais seguro.

Pinch e Bijker (1987) afirmam que o design da bicicleta segura como hoje a conhecemos foi resultado de um processo de dezenove anos, entre 1879, com o lançamento do primeiro protótipo da bicicleta com rodas mais baixas, a *Bicyclette*, de Lawson, que passou despercebida naquele momento, e 1898, com a comercialização do modelo com pneus de ar, que desbanca o modelo original.

Esse processo culminou no desenvolvimento de pneus de ar para bicicletas patenteado por J.B. Dunlop, que foi criado com a intenção inicial de diminuir a vibração causada pelos pneus sólidos das bicicletas originais. No princípio, essa utilidade não agrada nem engenheiros nem ciclistas comuns, que não se importavam com o impacto da vibração devido ao fato das bicicletas possuírem rodas altas.

Somente quando este modelo foi levado às pistas de corrida é que os corredores perceberam seu diferencial com relação à bicicleta original no que tange ao alcance de velocidade, e alteraram seu conceito inicial em favor dessa concepção técnica. Nesse processo, as **controvérsias tecnológicas** relacionadas ao design da bicicleta, que envolviam os GSRs, foram solucionadas, ou seja, ocorreu naquele momento o alcance do consenso entre os grupos e o design final foi eleito, iniciando-se os processos de **estabilização e fechamento**.

Assim, a estabilização e o fechamento, definidos pelos autores como o momento em que os conflitos na interpretação do artefato que existem entre os GSR são solucionados e determinado design é eleito, ocorrem com a incorporação de rodas baixas, que garantiram maior segurança à bicicleta, e, portanto, corresponderam às necessidades do grupo de mulheres e homens idosos, por um lado, e com a incorporação dos pneus de ar, que garantiam maior velocidade à bicicleta, correspondendo à demanda dos homens jovens, por outro.

De acordo com Pinch e Bijker (1987), o fechamento no caso da bicicleta foi encontrado não pelo convencimento dos ciclistas de que os pneus de ar seriam os mais adequados para eliminar o problema da vibração causada pelos pneus sólidos, mas porque ocorre uma redefinição do problema, que nada mais é do que uma mudança na interpretação de qual característica satisfaria mais a demanda dos usuários, passando-se da redução do impacto vibratório para o alcance de maior velocidade. Assim, o design se encerra não porque o artefato se aplica a determinado senso comum, mas porque os GSRs concordam que ele se aplique a eles.

De acordo com os autores, o método SCOT de descrever o desenvolvimento tecnológico de artefatos com base nos significados associados a ele pelos diversos GSRs sugere que o **contexto mais amplo**, ou meio sócio-cultural e político em que esses grupos se inserem, define os próprios valores e normas desses grupos, o que por sua vez influencia os significados denotados por eles ao artefato. Ao mostrar como diferentes significados podem constituir diferentes linhas de desenvolvimento, SCOT proporciona, na visão dos autores, uma operacionalização da relação direta entre o contexto mais amplo e o conteúdo da tecnologia (Pinch e Bijker, 1987:46).

O fato de diferentes grupos terem diferentes projetos e diferentes aplicações para projetos que parecem ser comuns também é tratado por Bijker (1987) no caso da construção da baquelita. Nesse caso o autor apresenta três GSRs envolvidos com o artefato: i) os produtores da baquelita, ligados à *Bakelite Corporation* e apartados dos anteriores processos de produção de plásticos, como o do celulóide; ii) a indústria automobilística; e iii) a indústria de rádios.

Para os primeiros, a baquelita significava o produto de uma reação química entre fenol e formaldeído, que, a cada momento, através da incorporação de uma nova patente ou de novos métodos e conceitos trazidos por outros químicos que se incorporavam à indústria, se tornava mais precisa. Para o segundo GSR, a baquelita significava um material modelador que produzia excelentes componentes elétricos isolantes, impermeáveis a misturas, óleos ou outras químicas e capazes de suportar altas temperaturas. Além disso, esse material poderia ser usado na fabricação de componentes não-elétricos como pneus, radiadores, engrenagens e maçanetas. Também para o terceiro GSR, a baquelita era um excelente material modelador isolante e poderia ainda se tornar uma versátil placa para componentes elétricos, já que poderia ser serrada, perfurada e preenchida.

No caso da baquelita, em que o objetivo principal era a produção de plásticos sintéticos que pudessem substituir os escassos materiais naturais, como a borracha de seringueiras e o mármore, Bijker (1987:163) sugere que a flexibilidade interpretativa se baseia numa controvérsia sobre quem teve prioridade na invenção do uso de cânfora para a produção de um plástico que não utilizasse nitro-celulose.

Para Hyatt, o criador do celulóide, a diferença crucial entre o celulóide e outros plásticos baseados em nitro-celulose estava em seu processo de fabricação, que utilizava uma solução sólida ao invés de uma solução líquida de nitro-celulose e cânfora. Já para Spill, o inventor do material sintético *Ivoride*, o celulóide significava uma mistura de nitro-celulose com cânfora que, apesar de preparado de uma forma ligeiramente diferente, era essencialmente idêntica à sua *Ivoride*.

Além disso, ambos os inventores vislumbravam campos de aplicação distintos para seus artefatos. Para Spill, *Ivoride* deveria ser um substituto para os custosos plásticos naturais e também ser branco para poder substituir o mármore; para Hyatt, o foco estava na

certificação da qualidade do material e especialmente em sua propriedade modeladora para a criação de outros produtos.

Já com relação à primeira resina sintética, criada por Baeyer a partir da condensação entre aldeídos e fenóis, Bijker (1987:166) afirma que foram observadas três interpretações distintas. A primeira, de pesquisadores interessados nos processos industriais de produção da resina sintética, como Baekeland; a segunda, do próprio criador da resina, que identificava no produto da condensação algo completamente diferente de uma resina sintética, já que apresentava um problema para os usuais métodos de análise química; e a terceira, de Arthur Michael, que estava interessado nas propriedades da resina sintética apenas para obter uma compreensão maior das resinas naturais.

Diferentemente do primeiro caso apresentado, em que o artefato final já era previamente definido como a bicicleta, neste caso, a flexibilidade interpretativa abre espaço para a possível existência de três artefatos diferentes, com aplicações respectivamente distintas. Com base nessas diferentes definições, Bijker (1987) introduz o conceito de **estrutura tecnológica**, definida pelo autor como

“conceitos e técnicas empregadas por uma comunidade na solução de problemas. [...] Dentre os quais incluem-se] a combinação de teorias, de conhecimentos tácitos, de práticas de engenharia (como critérios e métodos de design), procedimentos especializados de testes, objetivos e procedimentos de fabricação e uso” (p. 168).

Dessa forma, a estrutura tecnológica se constitui na gama de objetivos, problemas, conhecimentos e práticas que se estabelecem ao redor de um artefato tecnológico e que auxiliam a solidificação tanto do próprio artefato quanto dos significados associados a ele.

Conforme colocado por Bijker (1987:171, 172), o propósito da introdução de um conceito tão amplo é o de aplicá-lo tanto a grupos sociais de não-engenheiros (ou não-*experts* em determinada disciplina associada ao artefato) quanto ao grupo social dos produtores, que estão mais familiarizados com a estrutura tecnológica do artefato, fazendo com que, dessa forma, esse conceito esteja relacionado à tecnologia de uma forma geral e não apenas à estrutura dos tecnólogos.

De acordo com o autor, essa é a principal diferença que se estabelece entre estrutura tecnológica e outros conceitos criados por autores interessados no estudo da produção tecnológica, como paradigma tecnológico e regime tecnológico, da EE, que os aplicam apenas a casos de grupos de engenheiros. O autor define, ainda, que o conceito proposto

por SCOT é aplicado à interação entre vários atores e estruturas e não é nem uma característica individual nem uma característica de sistemas e instituições, o que, para Bijker (1987) o torna bastante similar ao conceito de redes da ANT, descrita na próxima seção.

O autor acrescenta que a estrutura tecnológica do GSR estabelece a atribuição de significados ao artefato e que esses significados compartilhados entre os membros se constitui também num elemento-chave para a identificação do próprio GSR. Em contrapartida, Bijker (1987) julga que é a interação natural que ocorre entre os membros de um grupo social o fator que permite a emergência ou o declínio das estruturas tecnológicas.

Como exemplo, podemos observar, no caso da criação da baquelita, o fato de o *Parkesine*, material plástico que antecedeu a criação da baquelita, não ter dado origem a uma estrutura tecnológica específica porque as interações que se estabeleceram ao redor dele não se solidificaram. No caso do celulóide, entretanto, sua estabilização foi acompanhada pela conformação de um grupo social de químicos especializados na sua composição.

Bijker (1987:170) alega que Baekeland baseou fortemente sua pesquisa na estrutura tecnológica do celulóide - já que tinha por objetivo criar um substituto a ele e aos plásticos naturais e vernizes -, além de ter a mesma estratégia de solução do problema – a busca por um solvente mais fraco e eficiente -, mas ao mesmo tempo deixou de se basear nesta estrutura ao incluir-se amplamente na estrutura tecnológica da engenharia eletroquímica para realizar estes objetivos e estratégias.

De acordo com Bijker (1987), os objetivos de Baekeland estavam alinhados com a estrutura tecnológica dos produtores do celulóide com respeito à produção em massa de artefatos plásticos, mas não com relação à produção para aplicações industriais. Isso sinaliza que um membro de um grupo social pode, além de ter diferentes **graus de inclusão** em dada estrutura tecnológica, possuir intensidades diferentes de inclusão ao longo do tempo. Basta considerar o fato de que o grau de inclusão de Baekeland na estrutura tecnológica do celulóide diminui quando ele deixa de lado a aplicação de solventes na produção plástica para se voltar em grande medida ao ramo da eletroquímica.

O autor acrescenta que o conceito de inclusão é multidimensional porque é relacionado ao conceito multifacetado de estrutura tecnológica. Assim como a inclusão de

atores numa estrutura tecnológica pode ser especificada pela descrição de seus objetivos, estratégias de solução de problemas, habilidades experimentais, treinamentos teóricos, entres outros aspectos, é possível indicar em qual medida cada uma dessas características está alinhada aos respectivos elementos da estrutura tecnológica (Bijker, 1987:174).

O processo de fechamento e de estabilização da baquelita ocorre, de acordo com Bijker (1987:177), ao final dos anos 1930 com a inclusão dos GSRs das indústrias automobilística e de rádios, que acabam se expandindo a muitos outros grupos sociais, em especial, àqueles voltados à produção de bens de consumo que denotavam à baquelita a função de modelagem em desenho industrial.

No caso da lâmpada fluorescente, Bijker (1995:200) descreve que os GSRs diretamente envolvidos na construção do artefato eram: i) o consórcio Mazda de grandes fabricantes de lâmpadas, como a General Electric e a Westinghouse; ii) os pequenos fabricantes de lâmpadas, representados pela *National Electric Company*; iii) os vendedores de lâmpadas; iv) as empresas públicas de serviços energéticos; e v) os fabricantes de instalações.

De acordo com Bijker (1995:203), no período entre 1913 a 1945, a iluminação elétrica nos Estados Unidos era basicamente fornecida por lâmpadas incandescentes fabricadas pelo consórcio Mazda, principalmente pela General Electric, que dominava 97% daquele mercado. Esse quase absoluto controle do mercado de lâmpadas elétricas do consórcio Mazda provinha das conexões estabelecidas com as empresas públicas de serviços energéticos, que naquele momento aumentavam muito a demanda por utensílios elétricos. Dessa forma, se por um lado, as empresas públicas de serviços energéticos vendiam e promoviam as lâmpadas Mazda, por outro, o consórcio apoiava e participava de programas conduzidos pelas mesmas para aumentar o uso da eletricidade.

O GSR dos fabricantes de instalações também tinha participação na promoção do consórcio Mazda no mercado de energia elétrica americano, já que, por serem responsáveis pelo estabelecimento do sistema de especificações técnicas dos aplicativos de iluminação, criaram, junto com as companhias Mazda e as empresas de serviços energéticos, especificações para os produtos elétricos que, não surpreendentemente, favoreciam esses GSRs.

As lâmpadas fluorescentes detinham uma característica que as diferenciavam das tradicionais lâmpadas incandescentes: eram capazes de gerar luz colorida. Com isso, o primeiro tipo de aplicação dessas lâmpadas foi em propagandas de néon, na década de 1930 na Europa. Foi somente a partir do momento em que se conseguiu gerar luz na cor branca, que simulasse a luz do dia que a então chamada “Daylight Fluorescence Lamp” abriu caminho para a substituição das tradicionais lâmpadas incandescentes (Bijker, 1995:217). No entanto, acrescenta o autor, devido justamente ao fato de ser colorida, utilizar alta voltagem e necessitar de caras instalações, sua aplicação dentro de residências ainda não era cogitada naquele período.

O autor menciona que a entrada das “Daylight Fluorescence Lamp” nos Estados Unidos foi restringida pela General Electric à iluminação pública, enquanto a empresa se embrenhava na pesquisa para o desenvolvimento de um modelo similar dessas lâmpadas para uso doméstico que utilizasse uma capacidade menor de voltagem. Foi então criada a lâmpada fluorescente de alta eficiência (“High-efficiency Fluorescence Lamp”).

Nesse momento, pode-se observar a flexibilidade interpretativa relacionada às aplicações da lâmpada fluorescente. De um lado, as companhias Mazda e as empresas de serviços energéticos, que associavam à lâmpada fluorescente a conotação de lâmpadas para iluminações coloridas, aplicadas estritamente em ambiente externos ou em casas de espetáculo; e de outro, a lâmpada fluorescente de alta eficiência, que fornecia uma iluminação mais parecida com a iluminação solar com a mesma eficiência da lâmpada fluorescente colorida.

Foi também a partir desse momento que, de acordo com Bijker (1995), explicitaram-se as controvérsias tecnológicas dos GSRs em torno da lâmpada fluorescente. A primeira delas foi a controvérsia sobre o abastecimento: de um lado, as empresas de serviços energéticos temiam que a alta eficiência do artefato ocasionasse uma redução em suas vendas de eletricidade; de outro as companhias Mazda que, devido ao fato de desconhecerem o prazo de vida útil das lâmpadas de alta eficiência (sabia-se ser maior que 1.500 horas, mas poderia chegar a mais de 15.000), temiam que a primeira venda de uma lâmpada fluorescente de alta eficiência fosse também a última.

A segunda controvérsia tecnológica que se estabeleceu no caso da lâmpada fluorescente foi a do fator potência. Bijker (1995:230) afirma que enquanto uma lâmpada

incandescente utiliza 100% de seu fator potência (ou seja, a potência utilizada é igual à potência total), o fator potência de uma lâmpada fluorescente é cerca de 0,6 (60%). Com isso, as empresas de serviços energéticos temiam que a aplicação dessas lâmpadas fosse utilizar grande parte da capacidade do seu sistema de distribuição sem que elas pudessem cobrar a mais do consumidor final pela energia extra utilizada. Já as empresas do consórcio Mazda encararam o argumento das empresas de serviços energéticos como um argumento adicional no intuito de breçar o desenvolvimento da tecnologia de lâmpadas de alta eficiência (haja vista a controvérsia sobre o abastecimento).

O fechamento da controvérsia sobre o abastecimento foi alcançado com o desenvolvimento de uma terceira lâmpada fluorescente: a lâmpada fluorescente de alta intensidade. Esse terceiro modelo foi acordado, conforme Bijker (1995:238), na conferência de Nela Park, em 1939, na qual alcançou-se o consenso de que as lâmpadas fluorescentes de uso geral deveriam prover entre 50 e 100 velas de potência, proporcionando assim uma qualidade de iluminação semelhante à da luz do dia. Por serem menos eficientes, essas lâmpadas atendiam aos interesses das empresas de serviços energéticos, já que solucionariam a controvérsia sobre o abastecimento, além de selar a cooperação entre dois importantes GSRs envolvidos na construção do artefato: o consórcio Mazda e as próprias empresas de serviços energéticos.

Já a subsequente estabilização do artefato ocorre com o fechamento da controvérsia em torno do fator potência, especialmente, com o envolvimento do GSR dos fabricantes de instalações, que implementaram um sistema de certificação, com base na criação da associação certificadora Fleur-O-Lieur, que garantia que os produtores de lâmpadas se adequassem ao desenvolvimento de produtos com níveis maiores de fator potência (Bijker, 1995:236).

De fato, conforme menciona Bijker (1995), os processos a partir dos quais foram alcançadas, tanto a resolução das controvérsias sobre o abastecimento e sobre o fator potência, quanto a estabilização da lâmpada fluorescente ocasionaram tensões entre as companhias Mazda e as empresas de serviços energéticos, oriundas dos diferentes níveis de inclusão dos grupos naquela estrutura tecnológica.

O primeiro fator de tensão estava relacionado às estruturas protetoras das lâmpadas fluorescentes. Os catálogos logo lançados pela General Electric relacionando os tipos de

lâmpadas fluorescente de alta intensidade apresentavam preços diferenciados para lâmpadas com estruturas protetoras, sempre mais caras do que daquelas sem proteção. Além disso, mencionava que as lâmpadas com estruturas protetoras produziam cerca de 30% menos luz.

Essa forma de publicidade, de acordo com Bijker (1995:252) estimularia consumidores a comprarem as lâmpadas sem proteção, que garantiam mais luz com o mesmo montante de energia elétrica. A reação dos representantes das empresas de serviços energéticos foi de protesto contra esse tipo de publicidade, sob a justificativa de que fora estabelecido na conferência de Nela Park que as lâmpadas fluorescentes não poderiam ser instaladas sem proteção apropriada.

Esse tipo de tensão ocorreu nesse caso, na opinião do autor, porque as empresas do consórcio Mazda tinham um grau de inclusão menor na estrutura tecnológica das lâmpadas fluorescentes de alta intensidade do que tinham as empresas de serviços energéticos, já que estas últimas estavam muito mais intimamente envolvidas no estabelecimento das lâmpadas fluorescentes do que as primeiras, que já dominavam o mercado das lâmpadas incandescentes.

Bijker (1995:260) insere no caso da lâmpada fluorescente outro conceito importante para demonstrar a supremacia de um determinado GSR sobre os demais e, como consequência, a estabilização de dado artefato tecnológico conforme a definição dada por esse grupo. O autor inclui outros dois GSRs no caso para ilustrar esse conceito: a empresa Hygrade Sylvania, representante das pequenas empresas produtoras de lâmpadas fluorescentes e a Divisão Antitruste do Departamento de Justiça norte-americano.

Quando a General Electric lançou um recurso de quebra de patentes sobre dois de seus mais novos modelos de lâmpadas fluorescentes contra a Hygrade Sylvania, esta última, em resposta, instituiu um contra-recurso contra a General Electric sobre três de suas licenças de patente. Logo após, a Divisão Antitruste lançou uma reclamação formal relacionada a leis antitrustes contra a General Electric e decidiu acabar com o sistema de licenças da empresa. Em contrapartida, o advogado da empresa, aproveitando-se do crescente envolvimento dos Estados Unidos na II Guerra Mundial, decidiu argumentar que a acusação deveria ser interrompida durante o período, já que a produção de lâmpadas fluorescentes para bases de defesa seria uma importante contribuição para os esforços de

guerra. Com isso, além de não ter sua produção interrompida, a General Electric conseguiu que a Hygrade Sylvania deixasse de produzir lâmpadas fluorescentes e se tornou a fornecedora oficial desse produto para o governo americano.

Esse fato ilustra a eficiência que o poder econômico e o lobby político da General Electric tiveram na estabilização da lâmpada fluorescente e em sua própria estabilização naquele mercado. Com base nisso, Bijker (1995:260) afirma que o **poder** é uma peça tão fundamental no desenvolvimento tecnológico quanto os artefatos são também importantes peças na constituição de poder.

Para o autor são duas as principais características do seu conceito de poder:

- i) Poder semiótico: representa o lado estrutural da moeda do poder, em que os significados estão fixos em determinadas formas que se articulam a fatos, artefatos, agentes e relações particulares, que são embasadas em determinada estrutura tecnológica;
- ii) Micropolíticas do poder: representa o lado da ação da moeda do poder e descreve como uma variedade de práticas transforma e estrutura as ações dos agentes, resultando na produção de estruturas tecnológicas. As micropolíticas do poder não são estratégias conscientes, tampouco têm um único ponto central.

Bijker (1995:263) acrescenta que os aspectos semiótico e micropolítico desse conceito de poder estão relacionados aos conceitos de fechamento e estabilização, respectivamente. O alcance do fechamento, a partir do qual a flexibilidade interpretativa do artefato diminui e o significado associado a ele se torna fixo, pode agora, de acordo com o autor, ser interpretado como um primeiro passo na constituição do poder semiótico, que resulta de um leque de micropolíticas, respaldadas pela estrutura tecnológica dos GSRs, para fixarem significados. Por sua vez, no subsequente processo de estabilização do artefato outras interações resultam na fixação de mais elementos à estrutura semiótica – elencando mais pessoas no GSR, envolvendo novos GSRs, elaborando o significado do artefato. Dessa forma, a fixação de significados dada a um artefato, que resulta dos processos de fechamento e de estabilização, representa poder.

Bijker sinaliza (1995:264) que os artefatos não têm propriedades intrínsecas, mas precisam ser socialmente construídos. Com base no caso da lâmpada fluorescente, o autor

afirma não ter sido suficiente que as empresas de serviços energéticos argumentassem a impossibilidade técnica da utilização dessas lâmpadas devido ao fato de terem baixo fator potência, já que foram essas mesmas as lâmpadas que entraram em processo de estabilização.

Além disso, os atores não têm um estoque de poder a ser empregado diretamente. Basta mencionar o fato de que apesar de ser proprietária de muitas das empresas de serviços energéticos, isso não tornou possível à General Electric determinar as ações dessas empresas diretamente. Assim, conforme afirma Bijker (1995), o momento em que uma relação de propriedade se transforma de fato numa relação de poder depende tanto das micropolíticas empregadas quanto de outros elementos da estrutura de poder semiótico. Nesse caso, em específico, os pontos obrigatórios de passagem⁸ associados à definição de um esquema de certificação de lâmpadas fluorescentes são, de acordo com o autor, um exemplo de poder porque eles disciplinaram efetivamente a interação dos atores.

Após o processo de fechamento e estabilização, uma redistribuição de poder ocorreu no caso da lâmpada fluorescente. Na medida em que o novo artefato fixou as relações de poder, novas estruturas tecnológicas incorporaram novo poder e novas relações dentro e entre os GSRs resultaram em mudanças na distribuição do poder, que naquele momento foi fixado pelo artefato: cor semelhante a da luz do dia, de alta intensidade, aplicativos fabricados de acordo com as normas de certificação etc. Assim, esses elementos em conjunto definiram a relação de poder entre os GSRs das empresas do consórcio Mazda, das empresas de serviços energéticos, das pequenas empresas fabricantes de lâmpadas fluorescentes, consumidores, fabricantes de instalações e governo.

Bijker (1995:280) inclui mais um conceito na análise da construção da tecnologia que está inserido nos estudos das políticas da tecnologia. O autor alega que na análise construtivista a tecnologia tende a ser vista sob uma perspectiva maleável, com múltiplas possibilidades de escolhas, porém argumenta que ela também pode ser em muitas das vezes obstinada, dura e bastante fixa. A esse modo de ver a tecnologia o autor designa o caráter de **obstinação** dos embricamentos sócio-técnicos.

⁸ Apesar de Bijker (1995) não citar Callon (1986) ao mencionar o termo “pontos obrigatórios de passagem”, esse é um conceito que se insere dentro da abordagem ANT e que será apresentado na próxima seção deste capítulo.

Para o autor, a negação da flexibilidade interpretativa, na qual a estabilização do artefato é encarada como um processo social, sujeito a escolhas, interesses e julgamentos de valores (ou seja, como política), abre espaço ao determinismo tecnológico, já que por essa via, os mecanismos de controle democráticos sobre a tecnologia são inibidos devido ao fato de sugerir-se que toda e qualquer intervenção sobre seu desenvolvimento seja fútil.

Assim, Bijker (1995:281) conclui que isso seja verdade tanto para estudos da ciência quanto para estudos da tecnologia, posto que, se os fatos científicos são naturais ao invés de socialmente construídos, qualquer controvérsia científica será solucionada apenas com a definição de que uma parte do debate está certa e a outra errada, sem a necessária participação do público em definir as possibilidades e constrangimentos atrelados à mudança ou à decisão tecnológica. As atribuições de significados são, portanto, processos sociais que limitam a flexibilidade de significados subseqüentes, estruturando e estabilizando as estruturas tecnológicas relacionadas aos artefatos, dessa forma tornando seus embricamentos mais obstinados.

De acordo com Bijker (1995), a análise do conceito de obstinação da tecnologia pode ser feita com base em dois principais tipos de papéis dos artefatos:

i) artefatos exemplares: os GSRs, ao estabelecerem dada estrutura tecnológica, investem tanto no artefato que os seus significados se tornam fixos, não podendo ser mudados facilmente, e ele se torna parte de uma rede de práticas, teorias e instituições sociais engessadas. Como um embricamento sócio-técnico, os artefatos exemplares são, ao mesmo tempo, o resultado de processos de interação micropolítica e um dos elementos de uma estrutura de poder semiótica.

ii) artefatos de fronteira: definidos por Star (1988) como “objetos ao mesmo tempo plásticos o suficiente para se adaptarem às necessidades e aos constrangimentos locais e robustos o suficiente para manterem suas identidades entre as partes”. De acordo com Bijker (1995:282), parte dos processos de fechamento e de estabilização é a criação de fronteiras internas e externas, portanto, atores com alto grau de inclusão na estrutura tecnológica são mais internalizados do que os com baixo grau de inclusão. Como exemplo, o autor menciona o caso da lâmpada fluorescente em que, ao se estabelecer um esquema de certificação para lâmpadas como um ponto obrigatório de passagem, criou-se uma forma

específica de poder semiótico através da qual a General Electric tentou estabelecer fronteiras aos demais fabricantes de lâmpadas.

Outro exemplo de artefato de fronteira é a baquelita, que auxiliou a conexão entre diferentes GSRs como os empregados da *General Bakelite Corporation*, engenheiros automotivos, indústrias de rádio e de instrumentos químicos, formando, assim, uma nova estrutura de poder semiótico, que resultou em um processo de obstinação tecnológica.

Bijker (1995) conclui que a obstinação da tecnologia está intimamente relacionada, portanto, ao grau de inclusão dos atores em dada estrutura tecnológica e pode ser observada a partir de duas diferentes formas, uma associada aos artefatos do tipo exemplar e outra associada aos artefatos de fronteira. Enquanto no segundo caso esses artefatos são usados por atores com relativamente baixo grau de inclusão (embora atores com alto grau de inclusão também possam utilizá-los estrategicamente), artefatos exemplares são tipicamente usados por atores com alto grau de inclusão.

Com base nos conceitos da abordagem SCOT ilustrados a partir desses estudos e de muitos outros que se seguiram, estabelece-se a linha teórica de pensamento a partir da qual se aceita que a mudança tecnológica não deriva de uma trajetória natural, mas expressa as necessidades de grupos sociais que influenciam seu processo de construção e da habilidade dos inovadores em considerarem essas necessidades na confecção do artefato.

Com isso, SCOT oferece uma perspectiva analítica da mudança tecnológica que vai além de explicar porque determinadas tecnologias são mais bem sucedidas que outras, atendo-se aos componentes da criação da tecnologia no momento em que seus próprios parâmetros são estabelecidos.

Winner (1993) considera como pontos fortes da abordagem SCOT o fato de que os estudos que adotam essa abordagem freqüentemente criticam as análises que tomam o desenvolvimento tecnológico como caixas-pretas e que desconsideram a compreensão da estrutura desses desenvolvimentos, sua aplicabilidade e origem social, mostrando que a inovação tecnológica advém de um processo complexo e multicentrado. Na visão do autor, os estudos com enfoque SCOT vão além das análises anteriores sobre tecnologia e sociedade ao revelarem um espectro de escolhas tecnológicas possíveis e alternativas àquelas dantes tidas como necessárias.

Além disso, Winner (1993) julga que as análises dos social-construtivistas são mais rigorosas, mais refinadas em termos metodológicos e mais claras do que as de seus predecessores, o que torna os conceitos da SCOT mais fáceis de serem compreendidos e difundidos.

Rosen (1996:707) considera que as contribuições da SCOT estão baseadas em três pontos principais:

1) Ao introduzir o conceito de estrutura tecnológica e na possibilidade do indivíduo, ao mesclar diferentes estruturas, como no caso da baquelita, promover uma inovação radical.

2) Ao introduzir o conceito de obstinação, derivado do primeiro ponto, a partir do qual a consolidação do design e dos significados associados ao artefato ocorrem pelo fortalecimento das estruturas tecnológicas envolvidas, tornando-se quase irreversíveis. De acordo com o autor, a obstinação que as estruturas tecnológicas provocam em torno do artefato vai além da função do fortalecimento, pois, elimina o caráter “natural” da compreensão de seu desenvolvimento, afastando-se do determinismo tecnológico.

3) Ao introduzir o contexto mais amplo, permitindo-se com isso analisar a construção do artefato indo além do contexto micro-social.

Para Rosen (1996), a relação que se estabelece entre os processos de poder com os processos a partir dos quais o design tecnológico se torna definido e cada vez mais obstinado faz de SCOT uma abordagem valiosa para a compreensão de como a conformação de políticas e a conformação tecnológica estão crucialmente relacionadas.

Como exemplo, o autor toma o caso do desenvolvimento da lâmpada fluorescente, que, apesar de ser mais eficiente, foi superada no começo dos anos 1930 em favor da lâmpada incandescente devido a acordos estabelecidos entre fabricantes de lâmpadas e concessionárias elétricas, e só anos mais tarde, com o surgimento de movimentos sociais e políticos em prol da redução de emissões, ocorre a retomada da discussão sobre a viabilidade da produção do artefato.

Para Rosen (1996:708), o caso da lâmpada fluorescente traz à tona questões interessantes sobre a obstinação da tecnologia face aos movimentos políticos e sociais emergentes. Dessa forma, o autor sinaliza que SCOT oferece aos Estudos Sociais da Tecnologia uma ferramenta efetiva para endereçar questões como essas a um nível que

combina análises com comprometimento político, indo além da polarização entre planejadores e ativistas ambientais.

Na próxima seção, apresentam-se os principais elementos da abordagem da teoria Ator-Rede⁹, que se origina contemporaneamente aos trabalhos dos economistas evolucionistas e dos social-construtivistas, com os trabalhos de Michel Callon, Bruno Latour, John Law e outros, sobre a concepção de redes que se formam entre atores durante o processo de produção científica e tecnológica.

1.3. Actor Network Theory (ANT)

A abordagem da Teoria Ator-Rede (*Actor Network Theory* ou ANT) oferece uma gama de conceitos e princípios que se baseiam na negação da dicotomia entre os domínios social e natural para a compreensão, acima de tudo sistêmica, do papel de elementos humanos e não-humanos na produção científica e tecnológica.

Detém papel preponderante nessa gama de conceitos e princípios, a preocupação com a identificação dos mecanismos de poder que emergem na interação entre os atores de uma rede. Em especial, podemos destacar o papel da tradução, enquanto mecanismo de convergência dos elementos de uma rede ao redor de um projeto específico, e determinante, portanto, para o sucesso e o fracasso do artefato tecnológico.

Callon (1989) sugere que essa **rede** estabelecida ao redor do projeto é composta por elementos heterogêneos humanos e não-humanos, econômicos, políticos e sociais. Esses elementos heterogêneos nada mais são do que os **atores**, que, de acordo com Callon e Latour (1981:286) estabelecem um espaço ao redor de si, que sustenta outros elementos interdependentes e que traduz seus desejos em uma linguagem própria.

Para exemplificar o conceito de redes que se estabelecem na produção de eventos científicos, Callon (1989) se refere ao laboratório, que se constitui em centro de

⁹ Alguns autores consideram que a abordagem ANT também está inserida na escola de pensamento social construtivista. Cf., p. e., Winner (1993), que afirma que a despeito de diferenças de enfoque (como o fato de Michel Callon e Bruno Latour considerarem que a influência do social sobre o desenvolvimento tecnológico agrega fatores humanos e não-humanos, ao passo que Pinch e Bijker consideram a sociedade o ambiente em que ela é construída), esses autores compartilham um mesmo ponto de vista sobre interação social e tecnológica. Já outros, como Singleton e Michael (1993), consideram que é justamente o fato de Callon e Latour analisarem a produção científica e tecnológica tanto sob a perspectiva natural quanto social o que afasta a abordagem ANT dos social-construtivistas.

convergência e de acumulação de fontes, responsável pela transformação dessas fontes em produtos disponibilizados nos mais diversos mercados.

Ao apresentar o desenvolvimento da primeira vacina artificial para doenças veterinárias pelo bioquímico Louis Pasteur, em 1881, Latour (1983) ilustra o importante papel que o laboratório exerce no estabelecimento da relação entre ciência e sociedade. De acordo com o autor, o laboratório de Pasteur, o microcosmo, representa a realidade macrocós mica através da reprodução dos bacilos *anthrax* que dizimavam criações nas fazendas francesas do século XIX.

Latour (1983:156) aponta que “em todo o trabalho científico desenvolvido em seu laboratório, Pasteur modificou ativamente a sociedade de seu tempo, e o fez, diretamente, a partir do deslocamento de alguns dos seus mais importantes atores”. Com isso, o autor afirma que, a partir do momento em que o laboratório apresentava as soluções de que a sociedade necessitava, a relação que se estabelecia entre ciência e sociedade passou a ser ditada por uma dinâmica completamente diferente, em que os interesses dos atores se deslocaram de acordo com as possibilidades apresentadas por ele, ou, em última instância, pela ciência.

De acordo com Callon (1989), os estudos realizados sobre os laboratórios mostram uma extrema diversidade e heterogeneidade de elementos que são utilizados pelos cientistas na realização de suas tarefas. Esses elementos são reagrupados em quatro grandes categorias, que descrevem os diferentes meios que unem os laboratórios às redes que os irrigam, como:

- i) Pesquisadores, técnicos e gestores, que constituem aquilo que os economistas chamam de força de trabalho. Essa força de trabalho se caracteriza por seu *saber-fazer* e pelas *competências* que ela incorpora.
- ii) Instrumentos, que formam a infra-estrutura obrigatória para a realização das atividades de pesquisa.
- iii) Documentos de todos os tipos, que mantêm os pesquisadores em contato, não somente com seus colegas e concorrentes, mas com todos aqueles que se interessam por seu trabalho. Esses são os artigos científicos propriamente ditos, mas também os relatórios, as anotações de trabalho, as memórias e as teses.

- iv) Créditos obtidos por empresários, industriais ou fundações que aceitem financiar seus programas de pesquisa.

A abordagem ANT subdivide o conceito de redes entre as **redes de atores** e as redes sócio-técnicas. No que tange ao primeiro tipo de rede, Callon (1987) define que

“a rede de atores não pode ser reduzida nem a um simples ator e nem a uma rede, [pois], como rede, ela é composta por uma série de elementos heterogêneos, animados e inanimados, que devem estar conectados uns aos outros por um certo período de tempo” (p. 93).

Da mesma maneira, Law (1986:240) enfatiza, com base no estudo do caso do desenvolvimento da navegação portuguesa no século XV, o fato de que o sucesso da produção tecnológica depende justamente da capacidade de se estabelecer uma rede de atores engajados com o projeto, quer sejam eles humanos, como os marinheiros, mercadores, capitães e mensageiros, quanto não-humanos, como cascos e velas que compõem os navios, além dos ventos, que os direcionam a seus destinos; correntezas que dão velocidade a eles, e mapas e gráficos, que permitam o controle de longa distância.

Com nisso, contrariando estudos de historiadores, sociólogos e economistas da tecnologia, que se atêm à tecnologia como específico objeto de análise sobre o qual aplicam diferentes métodos de avaliação para a solução de problemas, Callon (1987) considera que a tecnologia, por si só, deve ser estudada como uma ferramenta social de análise.

Além disso, Callon (1992) sofisticava a análise das redes de atores ao introduzir o conceito de **redes sócio-técnicas**, que, ao aliar os domínios científico e tecnológico, deixa explícita a idéia de que este tipo de análise permite a aproximação das leituras de economistas e de sociólogos da tecnologia.

Apesar da definição de redes de atores e redes sócio-técnicas serem semelhantes, Callon (1992) define que, diferentemente das redes de atores, redes sócio-técnicas estão organizadas em torno de três principais pólos:

1. Pólo científico, que produz conhecimento empírico: composto pelas universidades e pelos centros de pesquisa.
2. Pólo tecnológico, que cria, desenvolve ou transforma artefatos destinados a propósitos específicos: inclui laboratórios técnicos em empresas, centros de pesquisa cooperativa e plantas-piloto.

3. Pólo do mercado, que compreende os usuários que mais ou menos explicitamente expressam suas demandas ou necessidades, e os satisfaz.

Callon (1992) acrescenta que os processos de produção e circulação que ocorrem em redes sócio-técnicas envolvem uma série de atividades de interação entre esses três pólos, que são viabilizadas pelos **elementos intermediários**, definidos como:

- Textos: artigos científicos, livros, patentes, manuais etc;
- Artefatos técnicos: instrumentos científicos, máquinas, robôs, bens de consumo etc, que estão organizados no que o autor chama de elementos não-humanos;
- Pessoas e as habilidades que incorporam, e;
- Dinheiro (descrito em todas as suas diferentes formas).

O autor considera que, ao permitirem que os atores se reconheçam num processo de interação, esses elementos intermediários estabelecem espaços comuns entre as análises sociológica e econômica da estrutura que constitui as redes sócio-técnicas. De acordo com ele, para a economia, estes espaços são *coisas* que colocam os atores em relação uns com os outros, como o produto que o consumidor demanda e que o produtor oferta. Assim, o elemento intermediário, nesse caso, é algo que passa de um ator para o outro e que constitui a forma de relação que se estabelece entre eles – artigos científicos, softwares, artefatos tecnológicos, contratos, recursos etc. Já para a sociologia, o comportamento dos atores é somente inteligível a partir da análise do contexto em que eles estão sendo considerados, seja ele sistêmico, histórico, legal etc.

Neste sentido, Callon (1992) argumenta que a abordagem analítica das redes sócio-técnicas é infinitamente mais tolerante do que aquela fornecida por certos modelos de caráter determinista, pois permite que sejam delineadas convergências mais heterogêneas, como aquelas que ligam atores científicos e tecnológicos com o intuito de compor grupos coordenados nos quais ciência e tecnologia interagem intimamente.

Para Coombs *et al* (1992:16), assim como os sociólogos, os economistas também estão familiarizados com a idéia de elementos unindo atores, como, por exemplo, o produto, que une o consumidor ao produtor. No entanto, consideram que o conceito de redes sócio-técnicas da abordagem ANT vai além à medida que, ao unir ambas as abordagens, enfoca como a interação de atores se materializa através dos intermediários que circulam entre eles.

De acordo com Law (1987, 1992), os elementos heterogêneos que unem os diversos atores em rede devem ser definidos como uma forma de conhecimento que se expressa das mais diversas maneiras através de agentes, instituições sociais, máquinas e organizações, por meio da **engenharia heterogênea**, na qual componentes e peças advindos dessas estruturas são conciliados e então convertidos (ou traduzidos) em um conjunto de produtos igualmente heterogêneos.

Assim, Law (1992) considera que se os seres humanos formam uma rede social, isso não acontece porque há a interação deles com outros seres humanos apenas, mas também entre eles e uma infinidade de outros materiais. Dessa forma, o autor propõe que existe uma via de mão dupla na relação entre seres humanos e artefatos, já que na mesma medida em que as relações sociais podem moldar os artefatos, estes também podem moldar as relações sociais.

Além disso, Law (1992) conclui que se todos os atributos que descrevem um ser humano, como pensar, agir, escrever, amar e aprender, são gerados a partir de redes, baseando-nos no termo “rede de atores”, podemos inferir que um ator seja sempre uma rede de elementos heterogêneos. Da mesma forma o são as máquinas, as organizações e as instituições.

O componente “tradução” é um importante conceito da abordagem ANT. É a partir da tradução que os atores chamados “porta-vozes” conseguem convencer os demais da importância e viabilidade de determinado artefato tecnológico em detrimento de artefatos concorrentes.

Callon (1986) alega que o conceito de **tradução** surge da necessidade de superar a falha da sociologia tradicional em tratar imparcialmente os diferentes protagonistas inseridos em contextos de produção científica e tecnológica, já que os considera da mesma forma, tratando-os pelos mesmos termos, mesmo que um entre eles consiga impor sua vontade perante os demais.

No que tange propriamente à produção tecnológica, Callon (1980) mostra, com base na análise do desenvolvimento do veículo elétrico (VEL) na França, explorado no **Capítulo 3** desta dissertação, como as atividades de pesquisa que envolvem o veículo elétrico estão modeladas pelas definições do problema advindas dos mais diversos atores, que lutam para

impor suas próprias definições do problema e para envolver outros atores na satisfação dos interesses dos atores principais.

Para Callon (1986:200,201), são três os princípios do que se tornaria conhecida como “sociologia da tradução”¹⁰, quais sejam:

i) *agnosticismo*, que se refere à imparcialidade dos observadores tanto com relação aos argumentos científicos e tecnológicos empregados pelos atores envolvidos na controvérsia, quanto com relação às opiniões empregadas pelos atores sobre si próprios ou sobre o meio social em que se inserem;

ii) *simetria generalizada*, que é similar ao Princípio da Simetria de Bloor (1976), e se refere ao comprometimento dos observadores em explicar pontos de vista inseridos na controvérsia científica ou tecnológica com base nos mesmos termos, sejam eles naturais ou sociais;

iii) *associação livre*, que se refere ao abandono de todas as distinções tidas a priori entre os eventos natural e social, rejeitando a hipótese da existência de uma fronteira definida entre essas duas esferas. Assim, ao invés de impor uma grade pré-estabelecida de análise sobre as controvérsias, o observador deve seguir os atores para identificar a maneira pela qual eles definem e associam diferentes elementos através dos quais constroem e explicam seu universo, seja ele social ou natural.

No caso das vieiras e dos pescadores da baía de *Saint Brieuc*, Callon (1986) explora a capacidade de certos atores de envolver outros atores, sejam eles humanos, instituições ou naturais, em uma rede de inter-relações na qual tanto a esfera social quanto a natural estão apresentadas.

De acordo com o autor, as vieiras, altamente apreciadas pelos franceses, eram pescadas em três localidades na França: i) na costa da Normandia; ii) em *Brest*; e iii) na baía de *St. Brieuc*. No entanto, a partir dos anos 1970, com o aumento desenfreado da pesca, o estoque de vieiras foi diminuindo progressivamente em cada uma das três localidades. Graças à preferência dos consumidores pelas vieiras corais que se reproduziam na baía de *St. Brieuc* apenas seis meses por ano, o local conseguiu escapar de um desastre completo.

¹⁰ Law (1992) afirma que a abordagem ANT também pode ser identificada como “Sociologia da Tradução”.

Callon (1986) menciona que, neste momento, os pescadores da baía da *St. Brieuc*, a comunidade científica e pesquisadores membros do CNEXO (*Centre National d'Exploitation des Océans*) se reuniram com o intuito de controlar o cultivo e de examinar a possibilidade de aumentar a produção desse molusco. Os pesquisadores do CNEXO cogitaram empregar na região uma prática de cultivo bastante difundida no Japão, que consistia em colocar larvas de vieiras em coletores que seriam submersos no oceano, impedindo o ataque de predadores enquanto se desenvolviam, para que, então, após atingirem a fase adulta, fossem espalhadas pelo oceano onde se desenvolveriam por dois ou três anos até serem pescadas. Já os membros da comunidade científica e os pescadores desconheciam os mecanismos relacionados ao desenvolvimento das vieiras, seja porque nunca havia antes sido despertado o interesse por esse tipo de pesquisa, seja porque o contato dos pescadores com as vieiras só ocorria quando estas atingiam seu estágio adulto.

Callon (1986), então, examina o desenvolvimento da rede que se forma em torno da conservação da baía de *St. Brieuc* baseando-se na definição de quatro momentos distintos em que a tradução dos membros do CNEXO, em definir aos demais atores a necessidade de se adotar a prática de cultivo e pesca japonesa, se estabelece. De acordo com o autor, é nesses momentos que a identidade dos atores, a possibilidade de interação e as margens de manobra são negociadas e delimitadas.

No primeiro momento da tradução, identificado como **processo de problematização**, os atores buscam se tornar indispensáveis a outros atores através da definição do problema, e então, sugerem que a solução do mesmo seja encontrada através da negociação dos **pontos obrigatórios de passagem**. No caso das vieiras, as hipóteses criadas pelos pesquisadores do CNEXO levaram outros três atores a serem inseridos: os pescadores, demais membros da comunidade científica e as próprias vieiras.

Callon (1986:227) alega que é na definição dos atores envolvidos na controvérsia tecnológica que a abordagem ANT mais explicitamente se distancia da abordagem SCOT, pois, em primeiro lugar, a lista de atores envolvidos não se restringe apenas a entidades sociais, mas também a naturais. Em segundo lugar, a definição dos grupos, suas identidades e desejos são constantemente negociados durante o processo de tradução; além disso, em terceiro lugar, não existe dado pré-determinado, mas sim, uma hipótese (problematização)

que é introduzida por certos atores e que é subsequente e enfraquecida, confirmada ou transformada.

Todos os atores inseridos na rede possuem necessariamente suas próprias questões (ou interesses) relacionadas ao tema principal. Para os pescadores, a sobrevivência de seu modo de vida dependia da preservação da pesca de vieiras em *St. Brieuc*, que por sua vez dependia do sucesso do projeto encabeçado pelos pesquisadores do CNEXO. Como detentores do conhecimento, esses pesquisadores tornaram a si próprios e ao projeto de ancoragem de larvas em coletores pontos obrigatórios de passagem, sendo, portanto pontos indispensáveis dentro da rede formada. Os membros da comunidade científica, por sua vez, estavam interessados no avanço do conhecimento do cultivo e pesca de vieiras e, com relação às próprias vieiras, a pergunta que se formulou foi se elas realmente conseguiriam sobreviver e proliferar com base no método japonês de cultivo.

Se é no momento da definição dos atores envolvidos com o projeto que a abordagem ANT mais se distancia da abordagem SCOT, é, em contrapartida, no momento em que são definidos os interesses relacionados ao tema principal que as duas abordagens mais se aproximam. Após definirem-se os atores relacionados ao projeto em questão, a ANT, assim como a SCOT, define os interesses de cada um dos grupos e seus respectivos significados associados ao projeto e, com isso, a flexibilidade interpretativa relacionada a ele.

No segundo momento da tradução, definido como **processo de atração** (*interressement*), configura-se uma série de processos através dos quais os atores buscam aprisionar outros atores em respectivos papéis propostos. De acordo com Callon (1986:207), atração representa o grupo de ações através do qual uma entidade (nesse caso, os pesquisadores do CNEXO) estabelece a identidade dos outros atores que foram definidos a partir do processo de problematização.

Assim, na fase de problematização, os pesquisadores uniram forças com seus colegas da academia, pescadores e vieiras em direção ao objetivo de preservar a população de vieiras de *St. Brieuc*. Ao fazerem isso, eles definiram a identidade, os objetivos e as inclinações de seus aliados que, por sua vez, estão envolvidos com a problematização de outros atores. Para Callon (1986), atrair atores é criar mecanismos que possam ser colocados entre eles e outros atores que querem definir suas identidades de uma outra

forma. Esses mecanismos podem ser: a) força, se o ator está mais inclinado à problematização de outros atores ou de outras redes; ou b) sedução/solicitação, caso o ator já esteja inclinado à problematização proposta.

De acordo com Callon (1992), quando a tradução torna, através dos mecanismos de atração, improváveis o surgimento de traduções alternativas, ocorre o processo de **irreversibilidade da tradução**, a partir do qual as alianças de uma rede se tornam fixas, dificultando, mas não impedindo, as chances de novos processos de tradução ou a possibilidade de reversão das escolhas tomadas em momento anterior, fatores esses que só podem ser retomados, de acordo com o autor, devido ao caráter de **negociabilidade da tecnologia**.

No entanto, se o processo de irreversibilidade da tradução origina a criação de redes estáveis (ou normalizadas), a possibilidade de reversão das escolhas feitas em momento anterior se torna nula, já que, em redes normalizadas, as interfaces entre atores e intermediários se tornam padronizadas, definindo regras de coordenação entre eles, com isso, impedindo a inserção de processos de tradução concorrentes para a formação de novas alianças (Callon, 1992:90-91).

Na visão de Callon (1986), a atração, se bem sucedida, confirma (mais ou menos completamente) a validade da problematização e a aliança que esta implica. Porém, no caso das vieiras, os mecanismos de atração (coletores que possibilitariam a proteção e o desenvolvimento das larvas) não foram suficientes para atrair os membros da academia e os pescadores. Com isso, os pesquisadores do CNEXO buscaram, através de palestras explicativas e da produção de artigos, que enfatizavam o assustador declínio da população de vieiras em *St. Brieuc* e os espetaculares resultados no método japonês, aumentar a aderência dos atores ao mecanismo de atração.

Callon (1986:211) afirma que os artifícios de atração criados no caso das vieiras geraram um favorável equilíbrio de poder: para os pesquisadores, seus artifícios consistiam nos coletores submersos e para os membros da comunidade científica e pescadores, os artigos e as palestras, que levaram-nos a seguir o projeto dos pesquisadores. Assim, para todos os atores, o mecanismo de atração auxiliou o envolvimento dos demais, eliminando eventuais fatores competitivos e possibilitando a construção de um sistema de alianças estabilizado.

Esse representa o terceiro momento da tradução, definido como **processo de envolvimento** (*enrolment*), que nada mais é do que uma gama de estratégias a partir das quais os atores buscam definir e inter-relacionar os vários papéis que foram designados aos outros.

De acordo com Callon (1986:211), envolvimento não implica nem exclui papéis pré-estabelecidos, mas designa o mecanismo através do qual uma gama de papéis inter-relacionados é definida e atribuída a atores que os aceitaram, o que só acontece quando a atração é bem-sucedida. Assim, se as vieiras devem ser envolvidas, elas primeiro devem desejar se desenvolver dentro de coletores, uma negociação, na visão do autor, não muito fácil de ser alcançada, pois depende de fatores externos tais quais das correntes que causam turbulências e que representam um obstáculo à ancoragem dos coletores, e dos parasitas, que representam um obstáculo à captura das larvas.

Callon (1986) destaca que, apesar de os primeiros resultados do processo de ancoragem de coletores de larvas de vieiras em *St. Briuec* terem sido inferiores aos níveis japoneses, foram suficientes para envolver os membros da academia. Já no caso dos pescadores, as negociações nem chegaram a ocorrer, pois estes estavam preparados para simplesmente aceitarem os resultados apresentados pelos especialistas.

O quarto momento da tradução se dá, de acordo com Callon (1986), através do **processo de mobilização**, que define uma gama de métodos usados pelos atores para garantir que o porta-voz nomeado por eles seja capaz de representar a coletividade sem riscos de traição em período subsequente. No caso das vieiras, nem todas as larvas conseguiram ancorar, nem toda a comunidade científica foi convencida da viabilidade do processo de ancoragem, mas sim, alguns colegas que leram as publicações e assistiram as conferências dos pesquisadores do CNEXO; também não foram convencidos todos os pescadores, mas sim, seus representantes oficiais que autorizaram os experimentos e deram suporte ao projeto.

A designação dos porta-vozes ocorreu, conforme Callon (1986:215,216), a partir do momento em que os resultados das primeiras ancoragens foi divulgado e em que a resposta à primeira hipótese (problematização) foi obtida: as vieiras da baía de *St. Briuec* podem ancorar. Nesse processo, as vieiras transformaram-se em intermediários que, no formato de

números e gráficos, mobilizaram os pescadores e os membros da comunidade científica a elegerem os pesquisadores do CNEXO para falarem em nome deles.

Latour (1986:264) sugere que a tradução, ou capacidade de traduzir interesses em nome de outrem, deriva do que foi definido por ele como **Modelo de Tradução de Poder**, no qual “um comando bem sucedido é resultado das ações de uma corrente de atores que o traduzem de acordo com seus próprios objetivos”, e que é diferente do chamado **Modelo de Difusão**, no qual um comando bem sucedido se move a partir de um ímpeto originado por uma única fonte.

De acordo com o autor, no primeiro modelo, o poder é exercido através do envolvimento de vários atores em dado esquema político ou social, sendo, portanto, designado como poder “in actu”. No segundo modelo, o poder se apresenta “in potencia”, podendo ou não ser usado. A variação do montante de poder exercido ocorre não de acordo com o poder que dado indivíduo possui, mas sim, com o número de outros atores que conseguem ser envolvidos por ele.

Assim, de acordo com Akrich, Callon e Latour (2002a; 2002b) existem duas formas possíveis a partir das quais os atores podem garantir o sucesso de dado artefato tecnológico “uma enfatizando suas qualidades intrínsecas [‘modelo de difusão’], outra, pela sua capacidade de criar adesão entre inúmeros aliados (usuários, intermediários etc) [‘modelo de atração’]”.

Os autores acrescentam que para compreendermos as razões do sucesso ou do fracasso de uma inovação devemos aceitar a idéia de que um artefato é somente aceito se ele estimula o interesse de mais e mais atores. Partem, portanto, do pressuposto de que o contexto sócio-econômico em que o objeto se insere seja conhecido e assim afastam-se do conceito de inovação proposto por Schumpeter (1912, 1942).¹¹

Akrich, Callon e Latour (2002a:203) definem inovação como uma “busca perpétua por aliados, integrando-se a uma rede de atores que acatem essa inovação, apoiem-na, e difundam-na”. Desta forma, para os autores, “o destino de uma inovação reside inteiramente na escolha de seus representantes ou porta-vozes que irão interagir e negociar

¹¹ Para Schumpeter (1912), o ator unicamente responsável pela inserção de dada inovação em um contexto sócio-econômico é o empresário inovador, que se antecipa a qualquer demanda da sociedade. Mais tarde, Schumpeter (1942) atribui este papel à Grande Corporação industrial.

para dar forma ao projeto e transformá-lo até que um mercado seja construído” (2002b:219).

Dessa forma, resumindo, para a abordagem ANT o processo de produção tecnológica (ou científica) é algo que ocorre a partir da composição de um sistema (ou rede) de atores humanos e não-humanos, que, se aliam (ou são envolvidos) ao redor de um projeto específico, elegendo um representante (ou porta-voz), que traduz os diferentes interesses relacionados a ele.

Com base nisso, podemos inferir que enquanto SCOT pode ser considerada uma abordagem conciliadora, já que os processos de fechamento e estabilização ocorrem justamente com o alcance do consenso através da redefinição do problema original e da negociação das controvérsias tecnológicas, a abordagem ANT, em contrapartida, pode ser considerada uma abordagem do convencimento, já que os atores mais bem sucedidos na tradução de seus interesses e na atração dos demais atores em prol deles são aqueles que realmente promoveriam os processos de fechamento e estabilização.

Após essa breve apresentação das três abordagens econômica e sociológica que tratam a produção tecnológica, chegamos ao segundo capítulo deste trabalho que analisa as possíveis formas de complementaridade entre suas categorias analíticas, propondo, a partir disso, uma forma sinérgica de se analisar processos de inovação tecnológica.

CAPÍTULO 2 - INTEGRANDO AS ANÁLISES DA ECONOMIA E DA SOCIOLOGIA DA TECNOLOGIA

É fato notório que o nível de interação entre as abordagens econômica e sociológica em estudos sobre tecnologia é baixo e pouco discutido, pois, embora o processo de produção tecnológica seja objeto de ambas as abordagens, essas análises são tradicionalmente vistas como alternativas ou mesmo excludentes.

O presente capítulo se dedica à apreciação de alguns estudos que sugerem que ambas as abordagens possuem interfaces que não podem ser desconsideradas e apresenta os pontos nos quais se complementam.

Willians e Edge (1996), por exemplo, consideram que as influências do social e do econômico deveriam estar sempre sobrepostas, uma vez que o domínio econômico é também claramente social. Coombs *et al* (1992) mencionam que a estratégia das firmas e a mudança tecnológica não podem ser completamente compreendidas por uma única disciplina, mas, ao contrário, devem cruzar as fronteiras entre disciplinas, e, para tanto, propõem a consideração de duas disciplinas em especial: microeconomia e microsociologia.

Para Coombs *et al* (1992), além de complementares, as análises propostas pela economia evolucionista e pela sociologia são convergentes em muitos aspectos relacionados a seus objetos e às suas ferramentas de análise, que se atêm tanto às estratégias empresariais quanto aos conceitos relacionados à mudança tecnológica.

MacKenzie (1992), por sua vez, concorda que essa dicotomia sugerida entre as análises não faz sentido, posto que consistem meramente em diferentes maneiras de descrever o mesmo conjunto de processos. Embora partam de diferentes premissas, as abordagens econômica e sociológica englobam essencialmente o mesmo objeto: a criação de redes estáveis. Assim, para o autor, enquanto as abordagens SCOT e ANT se voltam às dificuldades em se alcançar o fechamento e a estabilização de artefatos tecnológicos, a EE parte do pressuposto de que as tecnologias já possuem características estáveis, que podem ser objeto de cálculos econômicos.

De acordo com MacKenzie (1992), essa incompatibilidade entre a análise econômica e a sociológica enxergada pela literatura voltada à produção da tecnologia está baseada nos desníveis existentes entre as duas análises. Estes residem no fato de que, por

um lado, a análise econômica está freqüentemente embasada em conceitos técnicos e matemáticos não explorados por sociólogos e, por outro, os estudos sociológicos geralmente tendem a ignorar a dimensão de custos e lucros, bastante apreciada pela análise econômica.

Passemos agora à análise das principais características e limitações das abordagens apresentadas no **Capítulo 1**. Para ilustrar essas características, criamos a **Tabela 1**, que apresenta, sumariamente, com base numa revisão de artigos que discutem as principais características das abordagens EE, SCOT e ANT e também com base em reflexões próprias¹², os principais pontos da análise de cada uma das três abordagens, suas respectivas fragilidades de análise, bem como os pontos complementares entre elas, a partir dos quais uma suprime a carência analítica da outra.

¹² Nessa tabela estão esquematizadas as fragilidades e os pontos complementares apontadas tanto pelos autores de artigos que tratam as abordagens EE, SCOT e ANT, quanto a partir de reflexões próprias. Em alguns momentos, como no caso do conceito de poder, da SCOT, ocorrem divergências de análises entre o que é apontado como fragilidade por alguns desses autores e o que é apontado como ponto complementar às demais abordagens, com base em reflexões próprias. Essas divergências também estão explicadas nas seções a seguir.

Tabela 1 – Pontos analíticos complementares entre as abordagens EE, SCOT e ANT

	Principais Características	Pontos Fracos	Pontos Complementares das outras abordagens		
			SCOT	ANT	EE
EE	(1) Ambiente de seleção/ Seleção natural	(1a) Engloba características de cunho estritamente econômico.	Contexto mais amplo GSR/ Fechamento/ Estabilização	Formação de redes estáveis/ Engenharia heterogênea/ Tradução	
		(1b) Elimina qualquer caráter do trabalho humano.			
	(2) Trajetórias Naturais/ Trajetórias tecnológicas	Não explica por que os agentes investem em determinados caminhos padrões de mudança tecnológica./Determinadas exclusivamente por forças técnicas.	Flexibilidade interpretativa/ Mecanismos de fechamento/ Poder	Tradução/ Formação de redes estáveis	
	(3) Regimes Tecnológicos/ Paradigmas Tecnológicos	Não explica por que dada tecnologia se torna paradigmática a despeito de outras.	Estruturas tecnológicas/ Inclusão/ Poder	Momentos da tradução	
	(4) <i>Path-dependence</i> , Irreversibilidade e <i>Lock-in</i>	Uma vez traçada a trajetória tecnológica, a interdependência entre os componentes que a constituem impossibilita o retorno ao caminho anterior ou a uma nova trajetória.	Redefinição do problema/ Inclusão/ Obstinação	Negociabilidade da tecnologia/ Possibilidade de reversão das escolhas tomadas em momento anterior/ Irreversibilidade da tradução	
(5) SNIs e SSIs	Visão institucionalizada e pré-definida do papel dos agentes na produção tecnológica.	GSR	Redes		
SCOT	(1) Grupos Sociais Relevantes (GSR)/ Contexto mais amplo	(1a) Não oferece análise sócio-econômica sobre os GSR, nem sobre as assimetrias de poder.		Tradução/ Elementos intermediários	Ambiente sócio-econômico/ SNIs e SSIs
		(1b) Pressupõe interesses coerentes e homogêneos.			
		(1c) Produção tecnológica vista simplesmente como resultado do consenso entre GSR.			
	(2) Flexibilidade Interpretativa/ Controvérsias Tecnológicas	Falha no provimento de ferramentas para a análise de como a controvérsia entre diferentes grupos é resolvida.		Tradução	Relações usuário-produtor, acordos e políticas governamentais

	(3) Fechamento/ Estabilização	Abrem espaço para o relativismo.		Momentos da tradução	Paradigma tecnológico/ Estratégias organizacionais
	(4) Estrutura tecnológica/ Obstinação	Não é aplicada como conceito analítico a todos os casos da abordagem.		Negociabilidade da tecnologia / Momentos da tradução/ Irreversibilidade da tradução	<i>Path-dependence</i> , Irreversibilidade e <i>Lock- in</i> / Regimes Tecnológicos e Paradigmas Tecnológicos
A N T	(1) Redes	Não permite um adequado tratamento das estruturas e mecanismos de poder que se estabelecem dentro de uma rede.	GSR / Contexto mais amplo		Ambiente de Seleção/ SNIs e SSIs
	(2) Atores	(1a) Não estão caracterizados em seus contextos social, organizacional ou institucional.	GSR / Contexto mais amplo/ Estruturas tecnológicas		Regimes tecnológicos/ Paradigmas tecnológicos
		(1b) Abordagem não considera ações causais por parte dos atores de uma rede.			
	(3) Tradução	Não explica por que atores favoráveis ao desenvolvimento do artefato fracassaram ao tentar envolver outros atores/ Não abrange a apreciação da “continuidade” no desenvolvimento tecnológico.	Estruturas tecnológicas/ Graus de inclusão/ Poder		Trajetórias Tecnológicas/ Regimes Tecnológicos/ Paradigmas Tecnológicos
(4) Irreversibilidade da tradução	Alega impossibilidade de mudanças na rede estável.	Obstinação/ Estruturas tecnológicas/ Graus de inclusão		<i>Path-dependence</i> , Irreversibilidade e <i>Lock- in</i> / Inovações radicais ou revolucionárias	

Fonte: Elaboração própria a partir de Bruun & Hukkinen (2003), MacKenzie (1992), Vergragt (1988), Rosen (1993), Russell (1986), Klein e Kleinman (2002), Hard (1993), Clayton (2002), Winner (1993), Frickel (1996), Singleton e Michael (1993) entre outros.

2.1. Pontos fracos e complementaridades sugeridas para EE

De modo geral, como alegam Bruun & Hukkinen (2003), a teoria evolucionista é bastante utilizada na referência a estudos que enfatizam os seguintes processos: a) a natureza cumulativa e irreversível dos processos econômicos; b) o papel das instituições e das organizações no direcionamento da mudança econômica; c) a natureza habitual da ação econômica; d) a ausência de informação perfeita na tomada de decisão econômica, e; e) a possibilidade de renovação genuína dos vários tipos de processos de busca.

De acordo com Willians e Edge (1996), a sociologia da tecnologia, por sua vez, nasce como um contraponto à visão determinista da tecnologia, já que seus estudos buscam mostrar que a tecnologia não se desenvolve de acordo com uma lógica técnica inerente, mas é, de fato, um produto social padronizado pelas condições de sua criação e de uso.

Willians e Edge (1996) acreditam que alguns elementos que são centrais na análise dos estudos da sociologia da tecnologia podem complementar a análise proposta pela EE, como a) o conceito de negociabilidade da tecnologia, enfatizando os papéis de grupos e forças na conformação tecnológica; b) o conceito de irreversibilidade, que diz respeito à maneira e à extensão na qual as escolhas tecnológicas são realizadas (Callon, 1993 *apud* Willians e Edge, 1996); c) o conceito de fechamento, que diz respeito às possibilidades a partir das quais dada inovação se torna estável (Pinch and Bijker, 1984 *apud* Willians e Edge, 1996); bem como d) a possibilidade de reversão de escolhas anteriores (Latour, 1988 *apud* Willians e Edge, 1996).

No primeiro item da **Tabela 1** relacionado à abordagem EE, destacam-se os conceitos de **ambiente de seleção** e **seleção natural**. Uma vez que os economistas evolucionistas definem o ambiente de seleção com base em características de cunho estritamente econômico, como a) a definição do valor ou do lucro que deve ser operado pela firma em dado setor; b) a maneira pela qual o consumidor ou as determinações regulatórias ou regras influenciam o que é lucrativo; e c) o investimento e os processos de imitação relacionados (Nelson e Winter, 1977), asseguram que a mudança tecnológica siga uma dinâmica própria (determinada naturalmente) que independe de qualquer componente social.

Como ponto fraco desse conceito, MacKenzie (1992) julga que a idéia de natural aplicada pela EE elimina qualquer caráter do trabalho humano dando uma conotação

predestinada aos avanços tecnológicos. Além disso, o autor argumenta que há uma ambigüidade crucial no fato de que os padrões de mudança tecnológica sejam designados como naturais e que uma diferente compreensão desses padrões poderia auxiliar a busca pela diminuição do *gap* existente entre as abordagens da Economia e da Sociologia.

De acordo com Vergragt (1988), a EE não escapa por completo do determinismo tecnológico, já que, além de não tornar clara a questão sobre como o ambiente de seleção interage com a trajetória tecnológica, a noção de trajetória, por sua vez, implica apenas na possibilidade de adaptações menores, posto que a linha principal de desenvolvimento já estaria previamente determinada.

A abordagem SCOT poderia completar a fragilidade apontada acima nos conceitos de ambiente de seleção e seleção natural ao agregar a eles conceitos como:

a) contexto mais amplo, que vai além das características de cunho estritamente econômico, pois abrange os meio sócio-cultural e político em que a produção do artefato é realizada;

b) GSR, pois ao designar os atores sociais que interferem diretamente na produção do artefato, sanaria a eliminação do trabalho humano na produção tecnológica proposta pela EE, e, com isso, sua função determinística;

c) além de fechamento/estabilização, já que a seleção do artefato ocorreria por meio do consenso atingido pelos GSRs na solução do problema, e não simplesmente de forma natural.

Por sua vez, ANT complementa a análise desses pontos através de conceitos como:

a) formação de redes estáveis, processo a partir do qual o artefato tecnológico é selecionado, não por um processo estritamente natural, mas sim, pela conformação de redes compostas por atores humanos e não-humanos;

b) engenharia heterogênea, que concilia e converte componentes e peças heterogêneas, animados e inanimados em um conjunto de produtos igualmente heterogêneos;

c) tradução, na qual torna-se explícita a importância do componente humano enquanto porta-voz, cuja função principal é selecionar o artefato tecnológico agregando diversos interesses em torno de seu desenvolvimento.

No segundo item da **Tabela 1** relacionado à abordagem EE, destacam-se os conceitos de **trajetórias naturais** e **trajetórias tecnológicas**. Por trajetórias, os autores evolucionistas identificam as direções em que determinada inovação avança em seu processo de busca, que seguem determinados “padrões de atividade normais de soluções de problemas, isto é, de progresso dentro de dado paradigma tecnológico” (Dosi, 1982:152), que, “além de expressarem dado *momentum interno* da mudança tecnológica, devem ser consideradas inerentemente boas estratégias de desenvolvimento justamente pelo fato de terem sido perseguidas de forma natural” (Nelson e Winter, 1977:56).

Para Bruun & Hukkinen (2003), a grande limitação da EE com relação ao conceito de trajetórias reside no fato de que seu arcabouço conceitual e teórico não fornece a compreensão de por que, em alguns casos particulares, os agentes investem em determinados caminhos mais ou menos padrão de mudança tecnológica.

Mesmo em alguns estudos, como o do computador pessoal da IBM, de Utterback (1996), que parecem avançar na proposição da interação social na conformação da tecnologia, há margem para dúvidas com relação à real aplicação social. Utterback (1996) afirma que, ao reunir inovações tecnológicas introduzidas em produtos anteriores, como o monitor de TV e o teclado QWERTY, a trajetória do computador pessoal foi traçada tanto com base nas decisões do produto, que foram restritas pelas escolhas técnicas anteriores, quanto nas decisões dos clientes, que já estavam habituados e treinados a datilografar no tipo de teclado introduzido pela inovação original, sendo assim, de acordo com ele, seria muito difícil que aceitassem uma nova configuração de teclado, mesmo que mais eficiente.

No entanto, é muito difícil afirmar que investimentos em treinamento e qualificação permitam um processo democrático de participação na construção do artefato, já que não haveria espaço para a existência de controvérsias tecnológicas nem para a atribuição de significados relacionados a ele. É também muito difícil afirmar que, caso fossem criados espaços de negociação ao redor da tecnologia durante seu período de construção, o artefato oriundo fosse ou não aquele que representasse a alternativa mais confortável e rápida para a datilografia e o treinamento de datilógrafos, já que, para a linha de pensamento em que se baseia a abordagem EE, as inovações são apenas introduzidas no mercado pelo produtor, que “via de regra inicia a mudança econômica, e os consumidores são educados por ele, se

necessário; são, por assim dizer, ensinados a querer coisas novas, ou coisas que diferem em um aspecto ou outro daquelas que tinham o hábito de usar” (Schumpeter, 1982, p. 48).

De acordo com MacKenzie (1992), a definição do conceito de trajetórias abre margem para que estas sejam tomadas como determinadas exclusivamente por forças técnicas justamente pelo fato de que a mudança tecnológica é inicialmente concebida a partir de dado padrão, mais comumente pela seleção de um paradigma particular. O autor alega que, de acordo com os economistas evolucionistas, o progresso técnico normal mantém um movimento próprio, gerado com a seleção e estabilização de uma trajetória, que define a orientação mais ampla das atividades inovativas (Dosi, 1982 e 1984 *apud* MacKenzie, 1992). Com isso MacKenzie (1992) sugere, mencionando o caso brevemente apresentado no **Capítulo 1** deste trabalho, que foi a partir do estabelecimento do paradigma do teclado QWERTY para máquinas de escrever que foram concebidos os subsequentes teclados para computadores pessoais utilizados no dias de hoje.

Coombs *et al* (1992:8) acreditam que as abordagens sociológicas são um contraponto a qualquer interpretação determinística que o conceito de trajetórias tecnológicas atribui à mudança técnica. Isto porque, ao basear a evolução da tecnologia nas instituições sociais ao invés das leis naturais, a sociologia abre espaço para que rotinas e paradigmas mudem com base em outros processos que não apenas através de um processo de seleção natural envolto em um ambiente de seleção.

No entanto, apesar de serem um contraponto, os autores julgam haver características comuns entre essas abordagens conceituais. Por um lado, ambas compartilham a possibilidade da emergência de estruturas de curto ou médio prazos de estabilidade, que podem ter seus estados alterados, pois onde um economista evolucionista vê uma trajetória natural estável, um sociólogo enxerga uma rede sócio-técnica irreversível normalizada. Da mesma forma, onde um economista evolucionista vê uma inovação radical, um sociólogo enxerga o rompimento de redes e a emergência de novas.

Isso posto, é possível dizer que os conceitos de trajetórias naturais e tecnológicas podem ser complementados com conceitos da ANT, como:

- a) formação de redes estáveis, de acordo com o citado acima, e;

b) tradução, já que os padrões persistentes da mudança tecnológica podem ser também persistentes devido ao fato de tecnólogos e outros atores envolvidos acreditarem que eles o serão (*self-fulfilling prophecy*).

Similarmente, também é possível complementar a análise da EE com conceitos da SCOT, como:

a) mecanismos de fechamento, que auxiliam o alcance do consenso entre os GSRs baseando-se na redefinição do problema, e, assim, afastando-se da rigidez da trajetória e de seu componente natural;

b) flexibilidade interpretativa, a partir da qual é possível haver múltiplas interpretações sobre o artefato e, dessa forma, diferentes trajetórias possíveis para seu desenvolvimento que passam obrigatoriamente pela negociação entre GSRs, e;

c) poder¹³, tanto na forma de poder semiótico, em que os significados se tornam fixos em determinadas formas e, portanto, designam a trajetória tecnológica a ser tomada iniciando o processo de fechamento, quanto na forma de micropolíticas do poder, em que são descritas as práticas (estruturas tecnológicas) a serem adotadas pelos agentes após trilhado o caminho, e, portanto, iniciando o processo de estabilização tecnológica.

No terceiro item da **Tabela 1** relacionado à abordagem EE, destacam-se os conceitos de **regimes tecnológicos** e **paradigmas tecnológicos**, que são os sinalizadores das trajetórias a partir das quais o progresso tecnológico se torna possível. Os regimes e paradigmas tecnológicos estão baseados tanto em conhecimentos específicos para a solução de problemas tecnológicos quanto nas crenças dos técnicos sobre o que é factível ou o que vale a pena ser tentado.

Para Bruun & Hukkinen (2003), apesar de EE descrever com clareza os resultados da mudança tecnológica – relações usuário-produtor, acordos, políticas governamentais - não faz referência aos processos que levam a ela, nem mesmo esclarecem por que determinado paradigma foi eleito a despeito de outro. Portanto, para os autores, os conceitos de fechamento e estabilização de SCOT, podem ser uma ferramenta que

¹³ Apesar de existirem algumas críticas relacionadas à abordagem SCOT no que tange à ausência da consideração de diferentes estruturas de poder entre os GSRs no caso específico da bicicleta (cf. Russell, 1986, Rosen, 1993, Hard, 1993, e Klein e Kleinman, 2002), considerados na próxima seção desse capítulo), incluímos aqui o conceito de poder como ponto complementar a “trajetórias naturais/ tecnológicas” e “regimes/ paradigmas tecnológicos” da EE. Este conceito foi introduzido em obra posterior ao estudo de caso da bicicleta, por Bijker (1995), em que o autor confere ao poder econômico e de lobby da GE papel importante para o alcance do fechamento da lâmpada fluorescente.

complementa a idéia de paradigma tecnológico, posto que oferecem aspectos da análise dos processos através dos quais o consenso relacionado ao artefato é alcançado, e, conseqüentemente, os paradigmas tecnológicos são estabelecidos.

Além desses, a abordagem SCOT pode complementar os conceitos de regimes e paradigmas tecnológicos da EE através de conceitos como:

a) estruturas tecnológicas, que oferece um elemento a mais aos regimes e aos paradigmas, pois, além de também se constituírem em um conjunto de procedimentos baseados em conhecimentos específicos para a solução de problemas tecnológicos selecionados e de sinalizar certas direções nas quais o progresso tecnológico se torna possível, elas incluem o conjunto de soluções de problemas proposto pelo grupo social de não-engenheiros, ou não-*experts*, que influenciam em igual medida o fechamento e a estabilização do artefato;

b) graus de inclusão, que são definidos pelo grau em que características como objetivos, estratégias de solução de problemas e habilidades dos agentes estão alinhados com a estrutura tecnológica de dado artefato, promovendo com maior ou menor intensidade os processos de fechamento ou estabilização do mesmo;

c) poder, seja na forma de poder semiótico, seja na forma de micropolíticas do poder, que definem de que forma ocorre a fixação de significados atribuídos ao artefato, resultando nos processos de fechamento e estabilização, respectivamente.

Também complementam os conceitos de regimes e paradigmas tecnológicos, os quatro momentos do processo de tradução apresentados pela ANT, em que são definidos os sinalizadores das trajetórias a partir das quais o progresso tecnológico se torna possível, quer seja no processo de problematização, em que são estabelecidos os pontos obrigatórios de passagem; nos processos de atração e envolvimento, em que são definidas as alianças entre os atores com base na definição dos papéis relacionados ao desenvolvimento do artefato; e no processo de mobilização, em que são designados os porta-vozes que representam os interesses da coletividade.

No quarto item da **Tabela 1** relacionado à abordagem EE, destacam-se os conceitos de *path-dependence*, *irreversibilidade* e *lock-in*, que também podem estar incluídos na gama de elementos que abrem espaço para a acusação de determinismo excessivo da EE na análise da produção tecnológica. Tais conceitos sinalizam que, uma vez traçada dada

trajetória tecnológica, a interdependência entre os elementos que a compõem impossibilita o retorno ao caminho anterior ou a uma nova trajetória.

A abordagem SCOT introduz conceitos que atribuem a possibilidade de reversão no caminho traçado pela mudança tecnológica, como flexibilidade interpretativa e inclusão. Tais conceitos abrem oportunidade para que a construção do artefato possa ocorrer a partir da redefinição do problema original relacionado ao artefato e, assim, dos diferentes significados associados a ele pelos GSRs, e pela inclusão de diferentes estruturas tecnológicas aplicadas à resolução do problema, não necessariamente relacionadas à estrutura tecnológica trilhada em momento anterior.

Ao mesmo tempo, o conceito de obstinação proposto por essa abordagem se aproximaria muito da idéia de *path-dependence*, irreversibilidade e *lock-in* da EE, podendo também atribuir ao processo um caráter enrijecido e bastante fixo, já que as atribuições de significados que ocorrem a partir da flexibilidade interpretativa dos GSRs são processos sociais que limitam a flexibilidade de significados subseqüentes, estruturando e estabilizando as estruturas tecnológicas relacionadas aos artefatos e tornando seus embricamentos mais obstinados.

O conceito de obstinação se aproxima ainda mais da abordagem EE quando aplicamos o caso do *lock-in* do modelo QWERTY em teclados de máquinas de escrever e de computadores à idéia de artefatos exemplares da SCOT. De fato, foram os altos investimentos em qualificação e treinamento neste modelo de datilografia que tornaram os significados associados a ele fixos, não podendo assim, serem mudados facilmente.

Por outro lado, a abordagem ANT complementa os conceitos de *path-dependence*, irreversibilidade e *lock-in* da abordagem EE ao considerar a) o caráter de negociabilidade da tecnologia, que ocorre com a tradução dos interesses dos diversos atores relacionados ao processo de geração da tecnologia; e b) a possibilidade de reversão das escolhas tomadas em momento anterior, em redes não-normalizadas.

Além disso, a ANT também contempla um conceito bastante próximo aos da EE, com a idéia de irreversibilidade da tradução, que, apesar de também pressuporem a interdependência entre os componentes de uma rede (normalizada) impossibilitando o retorno ao caminho anterior, assim o fazem com base no processo de tradução dos interesses dos atores sociais. Para a EE, essa impossibilidade ocorre devido a fatores como

investimentos em processos de aprendizagem ou interdependência entre componentes técnicos que coíbem manobras posteriores, levando ao aprisionamento.

Finalmente, consideremos o quinto item da **Tabela 1** relacionado aos conceitos de **SNI**s e **SSI**s, que são, em geral, definidos pelos economistas evolucionistas como redes de organizações nos setores públicos e privados cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias.

Apesar de poderem ser considerados os pontos de maior convergência entre SCOT, ANT e EE, devido ao fato de estarem embasados em aspectos sistêmicos e de pressuporem interação entre agentes para a geração de inovações, a caracterização desses agentes e a forma de interação entre eles é bastante diferente entre as três abordagens, podendo se configurar, portanto, em pontos analíticos complementares.

A EE caracteriza os agentes dos SNI e dos SSI de forma institucionalizada, com papéis distintos e previamente definidos, como universidades e centros de pesquisa, responsáveis pela produção de conhecimento e treinamento; governos, responsáveis pelos financiamentos e pela regulamentação; e empresas, responsáveis pela produção e geração dos novos produtos. A SCOT, por sua vez, se baseia no papel dos GSRs não institucionalizados e com interesses distintos, quer sejam eles homens, mulheres e idosos, ou cientistas, ou mesmo empresas, como a General Electric, que lutam para impor sua definição do problema. A ANT, por outro lado, se baseia na composição de redes de atores com interesses distintos e que agrega componentes humanos e não-humanos, e elege apenas um elemento dentre os demais para representar e defender o interesse da coletividade na produção tecnológica.

A próxima seção explora os principais pontos de análise da abordagem SCOT, suas limitações e os elementos complementares das demais abordagens.

2.2. Pontos fracos e complementaridades sugeridas para SCOT

Nesta seção estão sintetizadas as principais críticas e análises sugeridas por diversos autores a respeito da abordagem SCOT, além dos pontos complementares aos principais conceitos propostos por essa literatura. Além disso, ao final da seção são discutidas

algumas críticas feitas, não a conceitos específicos da abordagem, mas a seus elementos metodológicos mais gerais.

O primeiro item da **Tabela 1** relacionado à abordagem SCOT destaca os conceitos de **Grupos Sociais Relevantes** e de **contexto mais amplo**, que se referem, respectivamente, aos grupos de atores que, através da designação de diferentes significados e interesses, estão envolvidos na construção de dado artefato tecnológico; e ao meio sócio-cultural e político em que esses grupos se inserem, que define seus próprios valores e normas, influenciando os significados denotados por eles ao artefato.

Com relação aos GSRs, no caso específico da bicicleta, Rosen (1993) julga ser importante entender a razão da consideração desses grupos como sendo os grupos sociais relevantes na construção do artefato em detrimento de outros, pois, embora mulheres e homens idosos correspondessem à metade da população adulta da Inglaterra no período em que é retratado o caso da bicicleta, nada foi dito sobre a conformação social desses grupos, ou sobre qual proporção deles era ciclista, ou mesmo de que classes sociais eles eram provenientes.

Neste sentido, o autor sinaliza a ausência da consideração de uma discussão sobre a influência das diferentes estruturas de poder na definição do artefato pela abordagem SCOT, o que mostra uma falha no reconhecimento de que se o contexto social amplo de uma tecnologia reside em seus grupos sociais relevantes, então, esses também devem ser vistos como socialmente construídos, pois os conflitos que existem entre diferentes grupos sociais são, de acordo com o autor, a chave para a compreensão do processo social que viabiliza a estabilização.

Russell (1986), por sua vez, considera que na abordagem SCOT diferentes grupos sociais têm o mesmo nível de poder e status na sociedade, e conseqüentemente, igual acesso e controle sobre a tecnologia (o que inviabilizaria uma análise de cunho marxista, por exemplo, a partir desse instrumental).

É bem verdade que no caso específico da bicicleta o conceito de poder não foi introduzido por Pinch e Bijker (1987) para a compreensão dos fatores que determinaram a construção daquele artefato. No entanto, não podemos dizer que a abordagem SCOT como um todo não considere esse elemento como fator importante nesse processo, já que, como apresentado no **Capítulo 1**, esse conceito foi empregado no caso da lâmpada fluorescente

para explicar de que forma o poder econômico e o lobby político da *General Electric* permitiram que a empresa conquistasse sua supremacia perante os demais GSRs e, como consequência, promoveu a estabilização da lâmpada fluorescente e de sua própria naquele mercado.

Russell (1986) alega que a concentração excessiva que a abordagem atribui ao nível micro de desenvolvimento tecnológico e a sua desatenção ao contexto mais amplo abre espaço para acusação de determinismo tecnológico.

A esse respeito, Bruun & Hukkinen (2003) sugerem que a abordagem EE poderia complementar a abordagem SCOT em determinados aspectos, como no caso de não fornecer referencial analítico para o estudo do ambiente sócio-econômico em que os grupos sociais estão estabelecidos, nem sobre o ambiente em que as controvérsias tecnológicas ocorrem. Os autores acreditam que, por outro lado, a abordagem ANT possibilitaria, através do conceito de tradução, sanar essa falha de análise, pois considera que os atores pertencentes a uma rede tornam-se mais fortes à medida que ganham credibilidade enquanto porta-vozes de categorias estratégicas importantes de pessoas, organizações, objetos e processos. Em contrapartida, tais atores tornam-se fracos quando essa representatividade previamente estabelecida se degenera, por exemplo, ao ser questionada por um ator concorrente. Assim, torna-se claro que a abordagem ANT abarca o conceito de estruturas de poder como tema central de análise para o sucesso ou insucesso do estabelecimento de dado artefato tecnológico.

Para Klein e Kleinman (2002), análises sobre as condições do contexto interacional dos grupos, de suas relações uns com os outros, das regras que comandam esta interação e dos fatores que contribuem para as assimetrias de poder são praticamente inexplorados pela abordagem.

Apesar de concordarem que a produção tecnológica é um processo construído socialmente, Klein e Kleinman (2002) sugerem a utilização de conceitos provenientes da sociologia das organizações e da economia política para agregar influências estruturais à análise SCOT. Para tanto, baseiam sua análise na idéia de que a sociedade é constituída de estruturas estabelecidas historicamente a partir do confronto entre atores, que podem influenciar o desenvolvimento tecnológico. Definem essas estruturas como

“‘regras do jogo’ formais e informais, implícitas e explícitas que estabelecem a distribuição distinta de recursos, capacidades e incapacidades, e que definem empecilhos e oportunidades aos atores dependendo de sua locação estrutural. O poder e sua operacionalização podem ser entendidos, portanto, dentro desse contexto estrutural. As ‘regras do jogo’ que definem as estruturas dão a certos atores vantagens sobre outros dotando-os de recursos valiosos ou ainda servindo aos mesmos como recursos” (Kleinman 1998: 289 *apud* Klein e Kleinman, 2002:35).

Também no que tange ao confronto entre atores como força motriz para a produção tecnológica, Hard (1993) julga que a tecnologia não deva ser vista como produto do consenso, como tendem a interpretar os construtivistas sociais baseando-se em processos de fechamento e estabilização. O autor afirma que o estudo do caso da bicicleta proposto por Pinch e Bijker (1987) deixa de considerar fatores importantes que determinam o fechamento, como o poder econômico e social dos atores envolvidos, e nos traz a sensação de que assim que a estabilização traz a emergência da solução tecnológica, os conflitos desaparecem e o fechamento (o arquétipo da bicicleta que predominou no caso) deixa a todos satisfeitos. No entanto, argumenta que se todos os grupos estivessem satisfeitos com todas as tecnologias estabelecidas nós viveríamos no melhor dos mundos.

Dessa forma, Hard (1993) considera necessária a introdução de uma nova categoria de análise da produção tecnológica que denominou de Teoria do Conflito Tecnológico. Essa teoria, de acordo com o autor, trata o conflito social como causa da inovação, da difusão, da transferência e da aplicação tecnológica e não apenas como resultado desses processos. Assim, a tecnologia pode ser tanto uma ferramenta aplicada por grupos na tomada de partido em conflitos de poder, quanto ser favorecida por grupos para preservar ou alterar relações sociais.

No entanto, Bijker (1987:182) afirma que o caso da bicicleta deve ser considerado como um exemplo no qual não houve nem GSR nem estrutura tecnológica associada que definisse a construção do artefato. Apesar de haver vários grupos envolvidos no desenvolvimento da bicicleta, não é possível enxergar algum deles dominando o campo e estruturando, com base em suas respectivas estruturas tecnológicas, a identificação de problemas e as estratégias de solução. Acrescenta, com base nisso, que os pneus de ar de Dunlop fizeram parte da bicicleta segura sem que nenhum poderoso grupo social defendesse seu interesse nessa definição.

Essa última consideração de Bijker (1987) torna clara, também sob o próprio ponto de vista de um dos próprios criadores da abordagem SCOT, a consideração de elementos

que permeiam os diversos GSR e que se expressam de diferentes maneiras, seja através de agentes ou mesmo de peças e componentes, como os pneus de ar, unindo os diversos atores na definição (ou redefinição) do artefato. Esse processo é bastante similar ao conceito de elementos intermediários proposto pela ANT, que pode, portanto, complementar o conceito de GSR, agregando efetivamente a ele o papel dos componentes inanimados na construção da tecnologia.

Sumariamente, os conceitos de GSR e de contexto mais amplo da SCOT apresentam, de acordo com a revisão sugerida acima, os seguintes pontos fracos de análise que podem ser complementados com os conceitos de:

a) ambiente sócio-econômico, da EE, que supre a ausência de uma discussão sobre o ambiente em que as controvérsias tecnológicas ocorrem;

b) tradução, da ANT, que neutraliza a aceção de que na abordagem SCOT diferentes grupos sociais têm o mesmo nível de poder e status na sociedade, já que considera que os atores pertencentes a uma rede tornam-se mais fortes à medida que ganham credibilidade enquanto porta-vozes, e, em contrapartida, tornam-se fracos quando essa representatividade previamente estabelecida se degenera;

c) elementos intermediários, da ANT, que complementa a idéia de que a produção tecnológica não deva ser simplesmente vista como produto do consenso entre GSRs, pois em muitos casos, como no da bicicleta, elementos não-humanos, como os pneus de ar, uniram os atores na redefinição do problema, sem que um grupo social específico tivesse definido seu papel, e originaram os subseqüentes processos de fechamento e estabilização.

Além desses conceitos, poderíamos agregar os conceitos de SNIs e SSIs da abordagem EE, que são muito próximos ao conceito de GSR da SCOT, já que, ao se constituírem em redes compostas por universidades e centros de pesquisa, responsáveis pela produção de conhecimento e treinamento; governos, responsáveis pelos financiamentos e pela regulamentação; e empresas, responsáveis pela produção e geração dos novos produtos; influenciam em igual medida o surgimento do artefato, determinando seus processos de fechamento e estabilização.

O segundo item da **Tabela 1** relacionado à abordagem SCOT destaca os conceitos de **flexibilidade interpretativa** e de **controvérsias tecnológicas**, que se referem aos

diferentes significados e interesses que os GSRs atribuem ao artefato e aos conflitos relacionados a esses interesses que emergem durante seu processo de construção.

De acordo com Bruun & Hukkinen (2003), embora a abordagem SCOT avance na proposição de conceitos concernentes à etapa do processo em que a mudança tecnológica ocorre, como controvérsias tecnológicas e fechamento, ela muitas vezes falha no provimento de ferramentas para a análise de como a controvérsia entre diferentes grupos é resolvida. E isso ocorre devido ao fato de que a análise da interação social em controvérsias tecnológicas é deficiente.

A esse respeito podemos novamente recorrer ao auxílio analítico da ANT, que, como já relatado, se atém justamente ao fato de que o desenvolvimento do artefato não pode estar desvinculado da tentativa dos atores envolvidos de traduzirem ao mundo seus projetos de acordo com suas intenções. A EE, por sua vez, apesar de passar ao largo das contribuições sociais no processo da mudança tecnológica, já que está comprometida com a idéia de que a trajetória tecnológica seja um processo “natural”, disponibiliza ferramentas de cunho econômico, como relações usuário-produtor, acordos e políticas governamentais, que podem sugerir formas a partir das quais a controvérsia tecnológica seria solucionada.

O terceiro item da **Tabela 1** relacionado à abordagem SCOT destaca os conceitos de **fechamento** e **estabilização**, que são definidos como os momentos em que os conflitos na interpretação do artefato que existem entre os GSRs são solucionados e determinado design é eleito.

Para Clayton (2002), seria muito difícil assegurar com base nos fatos designados por Pinch e Bijker (1987) os efetivos momentos em que os processos de fechamento e estabilização ocorreram no caso da bicicleta (de 1879, com o fracasso da comercialização do que seria o primeiro protótipo da bicicleta segura, a *Bicyclette*, a 1898, com a comercialização bem sucedida do modelo seguro com rodas mais baixas e pneus de ar).

Em resposta a esse questionamento, Pinch e Bijker (2002) consideram a análise de Clayton (2002) excessivamente empiricista, pois julgam que ao invés de considerar que o conceito de estabilização ocorre num determinado período de tempo, seria mais importante que Clayton (2002) enfocasse a interpretação da invenção tecnológica, como foi proposto no trabalho original. Para Pinch e Bijker (2002), a *Bicyclette* foi dada como exemplo justamente pelo fato de representar uma crítica ao modelo linear, já que se constituiu num

protótipo da bicicleta segura que foi produzido comercialmente e que, ao ser apresentado (ou introduzido) ao público, se traduziu num fracasso comercial.

Clayton (2002) também aponta que “assim como a delimitação dos GSRs e da estrutura tecnológica, conceitos de fechamento e estabilização são tão flexíveis que dependem inteiramente do ponto de vista dos analistas” (pp. 359-360). Assim, para ele, ao nos questionarmos sobre “quando a bicicleta de hoje foi inventada” a resposta deveria ser inevitavelmente “hoje”, pois o analista já parte de um viés paradigmático do modelo da bicicleta como o conhece.

Para Pinch e Bijker (2002), no entanto, os dados empíricos não são a finalidade do estudo, como querem os historiadores, mas sim, a interpretação do analista sobre os dados históricos. De acordo com os autores, o modo como o analista vê o fechamento do design do artefato não deve seguir um padrão definido para se compreender a partir de quais processos empíricos chegamos ao status do artefato como o conhecemos nos dias de hoje, mas sim, a partir dos dados empíricos, compreender as características do seu processo de desenvolvimento.

Para sanar a crítica de Clayton (2002) de que os conceitos de fechamento e estabilização de SCOT abrem margem ao relativismo, pode-se recorrer aos conceitos de paradigmas tecnológicos, bem como às estratégias organizacionais, propostas pela EE, que se constituíam em ferramentas definidas a priori que traçam o caminho a ser seguido na produção tecnológica, delimitando a finalização do projeto, e, portanto, os processos de estabilização e fechamento.

Além disso, podemos também acrescentar o conceito de tradução da ANT, já que a cada etapa de seus quatro momentos, mais definida se torna a resolução das controvérsias entre os atores, a partir dos processos de atração e envolvimento, até que, com o processo de mobilização e a respectiva conclusão da problematização, o fechamento e a estabilização do artefato são encontrados.

O quarto item da **Tabela 1** relacionado à abordagem SCOT destaca os conceitos de **estrutura tecnológica**, que consiste na gama de objetivos, problemas, conhecimentos e práticas que se estabelecem ao redor de um artefato tecnológico e que auxiliam a solidificação tanto do próprio artefato quanto dos significados associados a ele, e **obstinação**, que define que a fixação de significados associados ao artefato em dado

período limita a atribuição de outros significados em período subsequente, tornando as etapas de sua construção mais enrijecidas e estruturadas com o passar do tempo.

Rosen (1996) julga que os principais problemas relacionados aos casos da baquelita e da lâmpada fluorescente que tratam dos conceitos de estruturas tecnológicas e obstinação residem justamente no fato de que ao avançar na análise desses pontos Bijker (1995) perde uma grande oportunidade de retornar ao caso da bicicleta e explorar, por exemplo, de que forma o desenvolvimento dessa indústria serviu como um importante passo entre a estrutura tecnológica da indústria de armamentos do século XIX e da indústria automobilística do século XX.

No entanto, no próprio caso da baquelita, ao introduzir o conceito de estrutura tecnológica, Bijker (1987:172) retorna ao caso da bicicleta justamente para ilustrar o conceito aplicado a casos de não-engenheiros. O autor afirma que ambas as práticas de uso atribuídas à bicicleta - como a prática de corridas para os homens jovens, e os leves passeios seguros para mulheres e homens mais velhos - se constituíram em elementos de estruturas tecnológicas de não-engenheiros que auxiliaram a definição do design do artefato.

Os conceitos da abordagem EE que podem ser complementares a estruturas tecnológicas e obstinação da SCOT são, respectivamente:

a) regimes tecnológicos e paradigmas tecnológicos, que, apesar de não incluírem a figura dos *não-experts*, denotam, na mesma intensidade, as características que estão baseadas em conhecimentos específicos para a solução de problemas tecnológicos selecionados, constituindo-se nos sinalizadores das trajetórias a partir das quais o progresso tecnológico se torna possível;

b) *path-dependence*, irreversibilidade e *lock-in*, que representam os processos que definem que, uma vez traçada dada trajetória tecnológica, a interdependência entre os componentes que a compõem impossibilita o retorno ao caminho anterior ou a uma nova trajetória, que se torna, portanto, obstinada.

Já os conceitos da abordagem ANT que poderiam complementar os conceitos de estruturas tecnológicas e obstinação são:

a) caráter de negociabilidade da tecnologia que se expressa durante os momentos em que ocorre o processo de tradução dos interesses dos atores envolvidos em dado processo de produção tecnológica;

b) consideração da possibilidade de reversão das escolhas tomadas em momento anterior em redes não normalizadas, e, em contrapartida;

c) irreversibilidade da tradução, que, em redes normalizadas, assim como nos processos de obstinação, fixa as alianças estabelecidas entre os atores de uma rede, impossibilitando as chances de novos processos de tradução ou de reversão das escolhas tomadas em momento anterior.

Demais considerações metodológicas para SCOT

Nesta sub-seção estão consideradas outras críticas metodológicas mais gerais apontadas por diversos autores a respeito da abordagem SCOT, não necessariamente sobre seus conceitos em específico, mas sobre a maneira como as análises dos autores foram embasadas em seus estudos de caso. A relevância desse tipo de consideração é provocar no leitor uma reflexão sobre os parâmetros em que se baseia a abordagem e os demais enfoques que podem ser empregados numa análise sobre a produção tecnológica.

De acordo com Clayton (2002) o estudo do caso da bicicleta da SCOT, apesar de convencer leitores não-técnicos e não familiarizados com a trajetória histórica da bicicleta segura, tem muitas fragilidades. O autor afirma, com relação à delimitação dos GSRs, que Pinch e Bijker (1987) foram muito vagos ao dividir a população de ciclistas da Inglaterra em apenas dois grandes grupos: jovens ciclistas, por um lado, e homens mais velhos e mulheres, por outro (sendo que as mulheres naquele período não utilizavam as bicicletas com rodas mais altas), deixando de lado, provavelmente, outros grupos que poderiam possuir interesses diretos no design da bicicleta, como o grupo dos triciclistas.

Num artigo de resposta a essa e outras colocações de Clayton (2002), Pinch e Bijker (2002) alegam que o autor estaria confundindo o conceito de GSR com a idéia de “usuários relevantes” e que em nenhum momento de seu estudo de caso sugeriram que as mulheres fossem efetivamente usuárias da bicicleta original. Os autores concluem que “nossa sugestão [do conceito de GSR] é que as mulheres possuíram um papel no desenvolvimento da bicicleta exatamente pelo fato de não utilizarem a alta bicicleta original, mas quererem pedalar” (Pinch e Bijker, 2002:363).

Sobre o conceito de flexibilidade interpretativa, Clayton (2002) questiona o exemplo dado pelos autores dos pneus de ar introduzidos por J. B. Dunlop, ao sugerir que não tenha de fato ocorrido uma redefinição do problema com a passagem da definição da proposição dos pneus de anti-vibratórios para velozes, posto que ambas as características já teriam sido consideradas previamente por Dunlop e retratadas nas patentes registradas pelo mesmo. Além disso, o autor acrescenta que os pneus de ar não podem ser considerados os responsáveis por desbancar o design original da bicicleta, já que o design com pneus mais baixos já havia sido comercializado desde 1885 (três anos antes de Dunlop ter patenteado sua descoberta).

Pinch e Bijker (2002) concordam que na primeira patente registrada em 1888, Dunlop menciona o caráter da promoção de maior velocidade dos pneus de ar. No entanto, afirmam que nas patentes posteriormente registradas o inventor enfatiza apenas sua propriedade anti-vibratória, assim como nas demais patentes de pneus de ar registradas desde 1880.

Além disso, Clayton (2002) sugere que os autores se ativeram apenas ao caso da bicicleta para dar embasamento ao conceito de flexibilidade interpretativa, e questiona o fato de que um único artefato isoladamente não teria a propriedade da abstração teórica de toda uma abordagem.

Em resposta, Pinch e Bijker (2002) mencionam que a escolha do caso da bicicleta ocorreu após a análise de mais seis outros casos em que o conceito de flexibilidade interpretativa foi aplicado e acrescentam que esta escolha explica certos aspectos da abordagem SCOT, sem que, portanto, a própria abordagem teórica se restrinja a este único exemplo (p. 365).

Rosen (1996:710) aponta que o fato de outros autores já terem questionado a autenticidade dos dados apresentados nos estudos de caso da SCOT abre espaço para o questionamento sobre até que ponto os autores conseguem realmente “seguir os atores” na trilha da história, ao invés de se basear em dados de autores que estiveram distantes dos fatos como eles ocorreram. Adicionalmente, Rosen (1996) considera que ao invés da integração há um conflito entre as esferas social e tecnológica nos estudos SCOT, haja vista a desproporcional riqueza de detalhes na descrição dos componentes técnicos do artefato

em detrimento dos componentes sociais, que estão restritos ao papel dos GSRs, cuja função é constituir o artefato, as estruturas tecnológicas e a si próprios.

Para Winner (1993:368), a principal crítica relacionada à abordagem SCOT reside na desconsideração que seus estudos têm de importantes questões sobre tecnologia e experiência humana, principalmente no que tange às conseqüências sociais da mudança tecnológica, questões estas que, segundo o autor, estão bastante presentes em outras abordagens. O autor aponta quatro pontos pouco desenvolvidos pelos estudos da SCOT:

1) Conseqüências: a abordagem está constantemente preocupada em mostrar porque determinados desenhos e modelos prevaleceram dentro de uma gama de alternativas disponíveis, enquanto que o que realmente importa é compreender o que a introdução desses artefatos significa para a sociedade e as mudanças que ela acarreta.¹⁴

2) Grupos Sociais “Irrelevantes”: esse ponto se aproxima amplamente do argumento de Rosen (1993) sobre a ausência de discussão relativa às diferentes estruturas de poder e suas influências na constituição do artefato. Para Winner (1993), a desconsideração dos grupos que não participaram da construção do artefato, mas que são diretamente afetados por ele, reflete a postura politicamente conservadora e elitista dos autores da SCOT, já que consideram as necessidades e influências dos detentores de poder, como se estes fossem os únicos que realmente importassem.

3) Estrutura e cultura: SCOT desconsidera que possa haver dinâmicas evidentes na mudança tecnológica além daquelas reveladas pelo estudo das necessidades, interesses, problemas e soluções de grupos específicos, como origens culturais, intelectuais ou econômicas das escolhas tecnológicas.

4) Significação: os estudos dessa abordagem afastam-se da tentativa de apropriar qualquer julgamento, seja ele moral ou político, sobre as possibilidades apresentadas pelo artefato tecnológico. Atêm-se, todavia, a compreender, a partir do conceito de flexibilidade interpretativa, como diferentes grupos enxergam o seu desenvolvimento. No entanto, Winner (1993) considera que este conceito só possa ser aplicado a casos em que um consenso seja encontrado, mesmo que os GSRs possuam visões diferentes, o que levaria a crer que a flexibilidade interpretativa seja moral e politicamente indiferente.

¹⁴ Winner (1993) alega que Ruth Cowan, cujo estudo de caso está retratado no **Capítulo 3** desta dissertação, está inserida na gama de autores da SCOT que seria exceção a esse ponto, já que seus estudos se atêm justamente às conseqüências que as escolhas tecnológicas trazem à sociedade.

Assim, para o autor, apesar de SCOT ter aberto a caixa-preta da produção tecnológica, mostrando um colorido conjunto de atores sociais, processos, dinâmicas de conflito e consenso, a caixa ainda permanece oca, pois a abordagem não propõe um julgamento a respeito do que tudo isso significa, ou as razões pelas quais determinados projetos falham ou sucedem, ou porque novas formas de poder emergem enquanto outras declinam (p. 375).

Com base nisso, Winner (1993) afirma que ao invés de se preocuparem com o momento anterior (estruturas de poder legítimas que estavam por trás da escolha) e posterior (conseqüências que esta escolha acarreta na sociedade) à produção tecnológica, os social-construtivistas se limitam a estudar o processo de desenvolvimento do artefato, sem questionar os determinantes para o início desse processo nem os impactos ocasionados após o alcance do design final do artefato.

Após a discussão dos pontos analíticos da abordagem SCOT, passemos à análise dos conceitos concernentes à abordagem ANT.

2.3. Pontos fracos e complementaridades sugeridas para ANT

Nesta seção, encontram-se as análises dos principais conceitos da ANT e os conceitos das abordagens EE e SCOT que os complementariam.

De acordo com Latour (1999:19,20), a principal contribuição da ANT reside na transformação da análise do ambiente social, que em abordagens precedentes da Sociologia se atinha excessivamente à macro-estrutura, deixando de lado as micro-interações. Para o autor, a metodologia analítica da ANT se opõe aos padrões sociológicos de pesquisa justamente pelo fato de que não pretende estabelecer explicações ou definições prévias sobre as capacidades construtivas dos atores, mas, ao contrário, adquirir um conhecimento procedural sobre suas interações. Com base nessa proposta, Latour (1999) considera que os conceitos analíticos propostos pela ANT - como associação, tradução, alianças ou pontos obrigatórios de passagem - não foram criados com o intuito de substituir o rico vocabulário de práticas dos atores, mas são simplesmente uma forma de negar o protocolo de pesquisa sociológico ortodoxo.

No que tange a críticas mais gerais feitas à abordagem ANT, podemos mencionar Singleton e Michael (1993), que apontam três aspectos principais: i) perspectivas: os

autores da ANT tendem a conferir uma perspectiva de fora para dentro da rede na descrição dos seus casos; ii) multiplicidade: em muitos estudos da ANT são incorporados a uma mesma rede entidades que possuem uma gama de diferentes atribuições e identidades; iii) marginalidade: os atores que são excluídos de uma rede ou mesmo não identificados pelo analista ANT não podem ser considerados simplesmente como “de fora”, pois ocupam um status não atribuído que pode servir de influência latente sobre a rede.

Considerando-se o primeiro item da **Tabela 1** relacionado à abordagem ANT, encontramos o conceito de **redes** de produção científica e tecnológica, que podem ser compreendidas tanto como **redes de atores**, que são compostas por elementos heterogêneos humanos e não-humanos, econômicos, políticos e sociais, quanto como **redes sócio-técnicas**, que, além de contemplarem os elementos das redes de atores, estão organizadas em torno dos pólos científico, tecnológico e mercadológico voltados à produção científica e tecnológica.

De acordo com Latour (1997), existem duas principais incompreensões relacionadas ao uso do conceito de redes. A primeira, diz respeito ao significado técnico associado às redes de trem, metrô ou telefones, que integram elementos distantes através de nós estratégicos e de caminhos compulsórios. Para o autor, esse significado está distante de ser uma metáfora adequada às redes de atores, haja visto o fato de que elas não precisam necessariamente possuir as características de redes técnicas, podendo ser, em contrapartida, próximas, não possuir caminhos compulsórios nem nós estratégicos.

O segundo tipo de mau entendimento está baseado no fato de ANT ter pouco ou nada a ver com o estudo de redes sociais, que se atêm às relações sociais de atores humanos individuais, como suas frequências, distribuição, homogeneidade, proximidade etc. A abordagem ANT, segundo Latour (1997), vai além dessa perspectiva, pois não se limita aos atores humanos, mas também aos atores não-humanos. Assim, as redes sociais estão incluídas na abordagem, mas não são o principal foco de análise ANT, que não deseja agregar redes sociais à teoria social, mas reconstruir a teoria social fora das redes, sendo, portanto, mais ontológica ou metafísica do que de fato sociológica.

Frickel (1996) aponta que as redes de atores ganharam bastante espaço na análise da produção tecnológica por terem sido consideradas um projeto conectivo, já que baseiam-se na existência de relações entre pessoas, lugares, idéias e coisas que durante muito tempo

foram tidas como distintas. No entanto, para o autor as redes não permitem um adequado tratamento das estruturas e mecanismos de poder que operam dentro e entre laboratórios, nem permitem averiguar o motivo das práticas laboratoriais se conformarem da maneira como o fazem. Assim, as redes não exploram o papel que o contexto social ou que as forças externas possuem para explicar o sucesso ou fracasso de projetos científicos ou tecnológicos.

No entanto, a consideração do conceito de tradução, em que um porta-voz é eleito para representar o interesse da coletividade, e seus respectivos processos de problematização, atração, envolvimento e mobilização já denotariam por si só a existência de mecanismos de poder que operam tanto dentro da rede, ao influenciar mais e mais atores, quanto entre redes, ao afastar cada vez mais esses atores de possíveis alianças formadas com outras entidades em períodos ou processos anteriores.

Além disso, o próprio Modelo de Tradução de Poder, proposto por Latour (1986), vai de encontro à crítica de Frickel (1996), já que nesse modelo o autor define que a variação do montante de poder exercido ocorre não de acordo com o poder que dado indivíduo possui, mas sim, com o número de outros atores que conseguem ser envolvidos por ele.

Com base nisso, podemos dizer que os conceitos das abordagens EE e SCOT que poderiam de fato complementar o conceito de redes são, respectivamente: a) ambiente de seleção e SNIs/SSIs, que se constituem no lócus em que os processos de desenvolvimento de tecnologias são iniciados, determinando a trajetória tecnológica que deverá ser perseguida, sejam eles, empresas, universidades ou centros de pesquisa, consumidores ou governo; e b) GSR e contexto mais amplo, que se referem aos grupos de atores envolvidos na construção do artefato tecnológico e ao meio sócio-cultural e político em que esses grupos se inserem, que define os próprios valores e normas desses grupos, influenciando os significados denotados por eles ao artefato.

O segundo item da **Tabela 1** relacionado à abordagem ANT destaca o conceito de **atores**, que são os elementos heterogêneos humanos e não-humanos, econômicos, políticos e sociais, que constituem uma rede de produção tecnológica.

Bruun & Hukkinen (2003) consideram que ANT não referencia a ação dos atores ao seu contexto social, institucional ou organizacional, e assim o faz porque considera que os

interesses, as instituições e as organizações são mais um resultado de traduções do que dos artefatos que são estudados. Diferentemente, na abordagem SCOT, interesses, instituições e organizações são construções sociais, que emergem no mesmo processo de construção dos artefatos.

Além disso, Bruun & Hukkinen (2003) sugerem que a abertura tecnológica de determinada situação não termina com o envolvimento dos atores estritamente, pois mesmo havendo consenso nos critérios de funcionalidade para o desenvolvimento do artefato, fatores como falhas no encontro de soluções de engenharia que satisfaçam esses critérios podem prejudicar a continuidade do consenso previamente estabelecido.

O segundo aspecto mencionado por Bruun & Hukkinen (2003) faz referência a casos de fracasso tratados pela literatura ANT, como o do veículo elétrico na França (Callon, 1980). Uma das explicações da ANT para esse fracasso reside nas falhas não superadas nos componentes não-humanos, estritamente relacionados à engenharia do desenvolvimento do artefato. Com a falha nesses fatores técnicos, a rede de atores que se constituiu em torno da construção daquele projeto ficou enfraquecida pelo fato de que seus engenheiros não conseguiram mobilizar o ambiente natural da maneira como seria necessária, para, então, poderem convencer (traduzir) os demais atores da viabilidade do projeto.

Outro ponto fraco apontado por Bruun & Hukkinen (2003) no conceito de atores da abordagem ANT reside na ausência da consideração de teorias de ação causal, como regras, instituições e grupos sociais, pois proponentes da ANT argumentam que, de fato, essa gama de causas sociais da ação seja construída durante o processo de ação. Dessa forma, Bruun & Hukkinen (2003) apontam que a ANT nega a possibilidade de que a sociedade possa tanto preceder a ação quanto ser construída através dela, e, neste caso, passa a considerar apenas como pano de fundo de seus casos empíricos questionamentos importantes para o entendimento do sucesso ou do fracasso de dada rede.

Bruun & Hukkinen (2003) salientam que perguntas como “Por que EDF quis desenvolver um veículo elétrico no começo da década de 1970?” ou “Por que Renault resistiu a essa idéia e não procurou desenvolver seu próprio veículo elétrico?” lançam mão de uma série de comprometimentos - como pertencer a um modo particular de corporação industrial, a um tipo particular de cultura de negócios, ou mesmo obter acesso privilegiado

a determinados recursos - que são tomados como subentendidos pela abordagem ANT. São exatamente estes os elementos que, na visão de SCOT e EE, direcionam o processo de mudança tecnológica, configurando-se em regimes, paradigmas e estruturas tecnológicos. Assim, é possível observar que ANT vê a mudança tecnológica como um elemento tomado a priori na formação da rede e não como um produto ontologicamente dependente da ação e da interação.

De acordo com Bruun & Hukkinen (2003), os conceitos provenientes das abordagens SCOT e EE da existência de grupos sociais e de organizações com estruturas tecnológicas próprias e de caminhos paradigmáticos para se “pensar” e “agir”, respectivamente, poderiam contribuir para sanar a fragilidade da análise ANT no que se refere à dimensão da ação causal. Dessa forma, os conceitos de estruturas tecnológicas, da SCOT, e de regimes/paradigmas tecnológicos, da EE, poderiam complementar o conceito de atores da ANT.

Em contrapartida, Bruun & Hukkinen (2003) consideram que a perspectiva da complexidade de ação e de interação entre os atores é um ponto da análise da abordagem ANT que deve ser incorporado às demais. A razão é que, ao sugerir que a ação bem sucedida requer atores que integrem as identidades, os pensamentos e o comportamento de outros atores ou processos através do mecanismo de tradução, a ANT proporciona um valioso adendo aos mecanismos de fechamento e de construção tecnológica, por um lado, e aos paradigmas tecnológicos e sistemas tecnológicos, por outro.

Além disso, esse elemento analítico explica porque a ação institucional é limitada, posto que, pelo fato de não ser possível assumir que grupos sociais e organizações possuam interesses coerentes e homogêneos, as metas, os compromissos e os interesses são dependentes da forma pela qual o grupo social ou a organização são traduzidos pelos seus próprios membros ou por outros atores (porta-vozes).

O terceiro item da **Tabela 1** relacionado à abordagem ANT destaca o conceito de **tradução**, a partir do qual os atores, chamados “porta-vozes”, conseguem convencer os demais atores de uma rede sobre a importância e a viabilidade de determinado artefato tecnológico em detrimento de artefatos concorrentes.

Vergragt (1988) menciona que com base na abordagem ANT os desenvolvimentos científicos e tecnológicos podem ser analisados em termos de lutas que se estabelecem

entre os atores para a imposição de suas definições dos problemas de dada situação, ou mesmo sobre outros atores. Essas características, quando comparadas ao conceito de trajetórias tecnológicas proposto pela abordagem EE, não abrangem a apreciação de certa “continuidade” inerente ao processo de desenvolvimento tecnológico, e isso ocorre, por um lado, por razões científicas e tecnológicas, por outro, por razões sociais e políticas.

O autor argumenta que no caso do veículo elétrico da abordagem ANT, Callon (1980) aponta que os atores favoráveis ao seu desenvolvimento fracassaram ao tentar envolver outros atores, porém, não explica completamente quais foram as razões desse fracasso. Para Vergragt (1988), as razões poderiam ser identificadas tanto pelo conceito de trajetórias tecnológicas e de regimes/paradigmas tecnológicos (e, então, adotando as bases do determinismo tecnológico presente na abordagem EE), quanto pelas análises de cunho social-construtivista. No entanto, Callon (1980) julgou mais apropriado explicar o fracasso do carro elétrico partindo da influência dos atores poderosos envolvidos, ou da dificuldade em criar uma tecnologia competitiva de base científica.

É possível, como assinalado pelo próprio Bijker (1987), associar o conceito de tradução da ANT ao conceito de estruturas tecnológicas da SCOT, já que ambos são considerados como determinantes para a definição do sucesso/fracasso do artefato tecnológico. Assim, quando Callon (1980) explica que o projeto do veículo elétrico fracassou porque EDF não conseguiu traduzir aos demais componentes da rede a viabilidade do projeto, ele usa argumento semelhante ao de Bijker (1987) no caso da baquelita, que afirma que *Parkesine* não deu origem a uma estrutura tecnológica específica porque as interações que se estabeleceram ao redor dele não se solidificaram.

Dessa forma, podemos sugerir que, da parte da EE, os pontos de análise complementares ao conceito de tradução são: a) trajetórias naturais e trajetórias tecnológicas, que, paralelamente aos momentos da tradução, consistem no caminho através do qual se dá a produção da tecnologia, e; b) regimes tecnológicos e paradigmas tecnológicos, que assim como a tradução, definem os caminhos a serem seguidos para a produção tecnológica, que estão baseados tanto em conhecimentos específicos para a solução de problemas tecnológicos selecionados, quanto nas crenças dos técnicos sobre o que é factível ou o que vale a pena ser tentado.

Já a abordagem SCOT complementa o conceito de tradução através de:

a) estruturas tecnológicas, pois refletem o conjunto de objetivos, conceitos e técnicas empregado por uma comunidade na solução de problemas que influenciam o fechamento e a estabilização do artefato;

b) graus de inclusão, que definem o alinhamento dos diversos atores com a estrutura tecnológica de dado artefato, promovendo com maior ou menor intensidade os processos de fechamento ou estabilização do mesmo;

c) poder, tanto na forma de poder semiótico, a partir do qual os significados associados ao projeto se tornam fixos, iniciando o processo de fechamento, quanto na forma de micropolíticas do poder, em que são descritas as práticas (estruturas tecnológicas) a serem adotadas pelos atores, e, portanto, iniciando o processo de estabilização tecnológica.

O quarto item da **Tabela 1** relacionado à abordagem ANT destaca o conceito de **irreversibilidade da tradução**, que se refere ao momento da tradução a partir do qual as alianças de uma rede se tornam fixas, impedindo, em redes normalizadas, as chances de novos processos de tradução ou a possibilidade de reversão das escolhas tomadas em momento anterior.

Ao considerar que no processo de evolução das redes a convergência e a irreversibilidade são aspectos em constante mutação, em que não é possível definir a priori nenhuma forma de padronização ou estabilização das relações estabelecidas, a ANT distancia o conceito de irreversibilidade de conceitos rígidos como trajetórias naturais ou tecnológicas. No entanto, esse conceito está baseado na alegação de impossibilidade de mudanças na rede estável, sendo, a partir desse momento, impossível uma reversão das escolhas tomadas num período anterior, ou mesmo, a retomada de um processo de negociabilidade da tecnologia.

Com base nisso, podemos sugerir que os conceitos da EE que podem complementar o conceito de irreversibilidade da ANT são:

a) *path-dependence*, irreversibilidade e *lock-in*, que representam os processos que definem que, uma vez traçada dada trajetória tecnológica, a interdependência entre os componentes que a compõem impossibilita o retorno ao caminho anterior, e, em contrapartida;

b) inovações radicais ou revolucionárias, que atribuem mudanças intensas em um determinado sistema econômico, inclusive causando uma ruptura nos padrões anteriormente estabelecidos.

Já no caso da SCOT, podemos destacar os seguintes conceitos complementares:

a) obstinação, que define que a fixação de significados associados ao artefato em dado período limita a atribuição de outros significados em período subsequente, tornando as etapas da construção do artefato mais enrijecidas e estruturadas com o passar do tempo, e;

b) estrutura tecnológica e graus de inclusão, que consistem nos elementos e na forma como os atores se associam a esses elementos, que se estabelecem ao redor de um artefato tecnológico e que auxiliam a solidificação tanto do próprio artefato quanto dos significados associados a ele.

Após a apreciação dos pontos fracos das abordagens EE, SCOT e ANT e dos pontos complementares que sanariam as respectivas incompletudes analíticas de cada uma delas, passemos ao próximo e último capítulo do presente trabalho, que apresenta um estudo de caso para cada uma das abordagens sugeridas, baseando-se nas análises de complementaridade acima propostas e, assim, testando a possibilidade de entrecruzamentos entre elas.

CAPÍTULO 3 - ESTUDOS DE TECNOLOGIAS PROVENIENTES DA MATRIZ ENERGÉTICA ELÉTRICA

Neste capítulo são analisados três estudos de caso, cada um deles realizado com base em uma das três abordagens teóricas apresentadas neste trabalho. Os objetos de análise dos três casos se relacionam a um assunto de interesse comum: tecnologias emergentes com base na matriz energética elétrica.

O primeiro deles analisa o desenvolvimento dos refrigeradores elétricos nos Estados Unidos do início do século XX, sob a perspectiva analítica da SCOT, já o segundo e o terceiro casos escolhidos analisam o veículo elétrico, um sob a perspectiva da ANT e outro sob a perspectiva da EE.

A importância de escolher casos que tratam de objetos similares de análise, no caso tecnologias que utilizam energia elétrica, reside no fato de que propiciam a comparação entre as diferentes maneiras de se analisar coisas similares e, então, identificar as formas a partir das quais os enfoques podem se complementar. Além disso, esses casos são interessantes em termos comparativos porque tratam do mesmo momento de análise: o da escolha tecnológica, ou o do surgimento do paradigma (apesar de EE enfatizar em sua análise o período em que a tecnologia já tenha se tornado um paradigma).

Após a revisão de cada um deles, são propostos quadros de análise que, assim como a **Tabela 1** apresentada no **Capítulo 2**, propõem quais são os conceitos oferecidos pelas outras abordagens que poderiam complementar a análise original dada por cada um dos autores.

3.1. Abordagem SCOT: o caso do refrigerador elétrico

Neste primeiro caso apresentado por Ruth Cowan e intitulado “How the refrigerator got its hum” (1993), a autora explora o embate entre as duas principais técnicas de refrigeração existentes no início do século XX nos Estados Unidos: *compressão*, impulsionada por energia elétrica, e *absorção*, impulsionada por gás.

A autora, que se insere na abordagem SCOT de estudos da tecnologia, se atém principalmente aos processos sociais que fizeram com que a tecnologia de compressão para refrigeração elétrica prevalecesse frente à absorção da refrigeração a gás.

De acordo com Cowan (1993:204), já no século XIX, o aumento populacional e a extensa migração da população americana para outras áreas do território trouxeram a necessidade da conservação de maiores quantidades de comida por períodos de tempo mais longos. Nesse momento, dezenas de modelos de refrigeradores mecânicos, tanto baseados em compressores quanto em absorção, foram sendo patenteados no país e, como consequência, a necessidade de habilidades específicas para o desenvolvimento desse tipo de tecnologia fez surgir até mesmo uma nova profissão na América, a dos engenheiros em refrigeração.

Cowan (1993:205) relata que nos períodos anterior e posterior à I Guerra Mundial, um novo mercado potencial de refrigeradores domésticos já estava configurado nos EUA e os problemas relacionados à refrigeração doméstica, tanto elétrica quanto a gás, eram estritamente técnicos, nem financeiros, nem sociais. Além disso, a autora afirma que os obstáculos relacionados ao desenvolvimento dessa tecnologia eram muitos: a) o refrigerador doméstico deveria ser pequeno e leve o suficiente para caber em qualquer espaço da casa; b) automático, para não requerer supervisão constante; c) seguro; d) ter design adequado para ser produzido em escala; e e) possuir uma força motriz que fosse impulsionada por qualquer pessoa não especialista.

Embora até meados de 1925 os serviços relacionados à distribuição de gás fossem muito mais difundidos em território americano do que os elétricos (o que poderia sugerir certa margem competitiva ao refrigerador a gás), foi o refrigerador elétrico que iniciou sua produção em larga escala no período, graças aos intentos da *General Electric*. A autora afirma que já em 1923, cerca de cinquenta e seis companhias americanas estavam envolvidas de alguma forma com o ramo dos refrigeradores elétricos e a demanda do mercado doméstico por refrigeração apresentava elevado potencial de expansão, que dependia da capacidade dessas companhias em fabricar refrigeradores baratos que funcionassem vinte e quatro horas por dia.

A autora afirma que o fabricante de maior destaque nesse mercado seria, portanto, a *General Electric*, que, além de ter iniciado mais cedo a fabricação de refrigeradores elétricos em larga escala, já dominava, desde o início da década de 1920, quase todas as tecnologias baseadas em eletricidade da indústria norte-americana, desde o design de grandes plantas de geração até a fabricação de postes de iluminação. Essa capacitação

técnica, aliada aos vastos recursos financeiros que possuía, fizeram com que a corporação saísse na frente na introdução do refrigerador elétrico de proporções domésticas chamado “Monitor Top”, resultado de quinze anos de trabalho experimental dos engenheiros da GE (Cowan, 1993: 208).

No entanto, salienta a autora, nada disso teria sido possível se o então presidente da companhia, Gerard Swope, e o chefe de engenharia, Stevenson, não tivessem se antecipado e direcionado os rumos da empresa anos antes para uma estratégia de se voltar ao mercado doméstico de consumo elétrico. Cowan (1993) alega que esses atores assumiram o risco baseados na crença de que: a) a GE teria grandes chances de ser a primeira a ingressar no ramo; b) a empresa possuía os recursos financeiros necessários para arcar com eventuais perdas iniciais; c) passado o período de perdas auferiria grandes lucros; e, finalmente, d) a adoção generalizada dos refrigeradores elétricos traria aumentos nos ganhos das centrais elétricas e, indiretamente, portanto, beneficiaria à própria GE.

Como resultado desse direcionamento da GE, Cowan (1993) afirma que no ano de 1929, cerca de cinquenta mil refrigeradores Monitor Top foram vendidos nos EUA, ultrapassando em muito as projeções da própria companhia de vender cerca de sete a dez mil refrigeradores por ano. Esse sucesso de vendas se deveu à estratégia de comercialização e de difusão dos refrigeradores GE no país, que tinha como base a publicidade do produto bem como a garantia de uma rede de assistência técnica e de distribuidores franqueados nas maiores cidades americanas.

É possível observar neste ponto uma aproximação analítica da autora com a EE, já que ela confere grande ênfase a elementos que se aproximam mais de estratégias corporativas e organizacionais para o sucesso da tecnologia (ou para o estabelecimento da trajetória tecnológica, nos termos dos economistas evolucionistas) do que estritamente de elementos que se baseiam no conflito de interesses entre grupos sociais, mesmo que essas estratégias tenham partido da iniciativa de dois atores em específico e não ocorrido de forma “natural”, como sugere a EE. Além disso, o fato das estratégias de negócio da GE ter estabelecido alianças, mobilizando uma rede de assistência técnica e de distribuidores franqueados em direção à promoção da refrigeração elétrica, também aproxima a análise da abordagem ANT.

Em 1940, de acordo com Cowan (1993:211), o mercado dos refrigeradores domésticos era dominado por quatro principais fabricantes: GE, Westinghouse, Kelvinator e Frigidaire (que pertencia à General Motors), e cerca de 45% dos lares americanos já conhecia a tecnologia da refrigeração mecânica. Nesse interlúdio, os fabricantes de refrigeradores a gás careciam de recursos, de pessoal qualificado e sofriam a pressão competitiva dos fabricantes de refrigeradores elétricos, muito engajados nesse período com a assistência fornecida às companhias norte-americanas.

Para Cowan (1993), essa penetração que as estratégias de negócios dos fabricantes de refrigeradores elétricos possuía naquele mercado foi capaz de ofuscar a clara superioridade tecnológica da refrigeração de absorção, que, do ponto de vista de engenheiros e técnicos, era muito mais adequada ao uso doméstico. Além disso, a autora sugere que, do ponto de vista do consumidor, as vantagens do refrigerador a gás eram a) mais fácil manutenção e menor quantidade de barulho, por possuir menos peças móveis, e b) mais baixo custo, especialmente nas regiões em que o gás era mais barato do que a energia elétrica.

No entanto, a autora menciona que mesmo considerando as vantagens de cunho técnico, os refrigeradores de absorção sofriam um preconceito público relacionado ao fato de usarem amônia como substância refrigeradora, o que requereria, portanto, algum tempo e largas somas de recursos com pesquisa, desenvolvimento e promoção para uma alteração técnica que desencadearia, acreditava-se, seu sucesso comercial.

Nesse momento do estudo, a autora aborda os diferentes graus de inclusão dos GSRs (fabricantes, consumidores e técnicos) na estrutura tecnológica do refrigerador a gás, inserindo no debate a opinião pública, com o interesse dos consumidores e a opinião de técnicos e engenheiros não diretamente vinculados à criação da tecnologia, que foram claramente desbancados pela força da estratégia de negócio dos fabricantes de refrigeradores elétricos.

De acordo com Cowan (1993), em 1926, apenas um único fabricante de refrigeradores a gás, a empresa Serval, sobreviveu no mercado de refrigeradores, amparado pela injeção de cinco milhões de dólares da Companhia de Gás de Nova Iorque e por extensa campanha publicitária. A autora considera, contudo, e mais uma vez se aproximando de conceitos econômicos, que o fato de ter ingressado nesse mercado

tardiamente nunca permitiu à empresa competir efetivamente com os fabricantes de refrigeradores elétricos, e, até 1933, a Servel só havia conseguido dominar de 8 a 10% do mercado total de refrigeradores dos EUA.

Assim, para Cowan (1993: 213-214), o fracasso do refrigerador a gás não foi resultado de uma deficiência técnica inerente, mas sim, de fatores tanto econômicos quanto sociais que afetaram sua penetração no mercado doméstico norte-americano, como: a) os diferenciais de capacitação técnica e financeira dos fabricantes de refrigeradores elétricos; b) o ingresso tardio no mercado de refrigeração das fabricantes de refrigeradores a gás; c) o período de expansão do ramo de eletricidade no país, quando comparado ao conservadorismo e à falta de recursos das companhias de gás; e, finalmente, d) a ausência de acordos cooperativos entre as empresas fabricantes de refrigeradores a gás e as próprias companhias de gás norte-americanas.

De acordo com a autora, a GE não ingressou no mercado de refrigeradores elétricos aleatoriamente, mas, sim, porque passava por dificuldades financeiras durante e após a I Guerra Mundial e estrategicamente decidiu explorar suas capacitações no ramo da eletricidade, ao invés de explorar uma tecnologia desconhecida para si como a da refrigeração por absorção. Com isso, colaborou para o crescimento do mercado de compressão, através de inovações que ela própria promovia, mas também estimulando a promoção de outros fabricantes do ramo (Cowan, 1993: 215-216).

A **Tabela 2** apresenta um resumo comparativo entre as tecnologias de refrigeração a gás e elétrica, mostrando suas vantagens e desvantagens, bem como os principais fatores determinantes para o sucesso do refrigerador elétrico e o fracasso do refrigerador a gás, sugeridos pela autora.

Tabela 2 – Comparação entre vantagens/desvantagens que levaram ao sucesso/fracasso das tecnologias

	Refrigerador elétrico	Refrigerador a gás	
Vantagens Técnicas	Não apresentadas pela autora	Mais silencioso	
		Fácil manutenção (por possuir menos peças móveis)	
		Custo mais baixo (especialmente em regiões em que o gás era mais barato)	
Desvantagens Técnicas	Mais barulho	Utilização de amônia como líquido refrigerador	
	Manutenção mais cara e constante		
Razões para o sucesso/fracasso	Domínio da GE (interessada no desenvolvimento do refrigerador elétrico) no mercado.	Fabricantes careciam de recursos e de capacitação técnica.	
	Aliança dos fabricantes com companhias e centrais elétricas	Poucas empresas pertencentes ao ramo	
	Aliança dos fabricantes com outros ramos industriais permitiu ampla divulgação em diversas regiões do país.	Ingresso tardio no mercado	
	Período de expansão elétrica no país		Ausência de acordos cooperativos com outras empresas do ramo
			Ausência de acordos cooperativos com companhias de gás
			Período de expansão elétrica no país

Fonte: Elaboração própria a partir de Cowan (1993).

A seguir apresentamos a **Tabela 3** com os pontos analíticos complementares das abordagens ANT e EE aplicados ao caso do refrigerador elétrico da SCOT.

Tabela 3 – Pontos analíticos complementares para o caso da abordagem SCOT

	Principais Características	Pontos Fracos	Pontos complementares das outras abordagens	
			ANT	EE
Abordagem SCOT: o caso do refrigerador elétrico	(1) GSR/ Contexto mais amplo	Os posicionamentos e interesses distintos de cada grupo e a razão para a preponderância de um interesse sobre os demais são explicados sob a forma de estratégias técnicas e de mercado. Contexto mais amplo é pouco explorado no caso.	Aliar o conceito de tradução para explicar as assimetrias de poder (porque determinados interesses se sobrepuseram aos demais no momento da criação da tecnologia).	Já se aproxima bastante da análise econômica ao inserir o papel das firmas e das estratégias corporativas na descrição da construção da tecnologia.
	(2) Flexibilidade interpretativa/ Controvérsias tecnológicas	Explora apenas superficialmente quais foram os processos determinantes para a penetração das estratégias dos fabricantes no mercado de refrigeração.	Agregar os mecanismos de tradução que permitiram a mobilização de atores em direção a essas estratégias.	Enfatizar a importâncias das relações usuário-produtor e dos acordos cooperativos das fabricantes de refrigeradores elétricos na estabilização daquele.
	(3) Fechamento/ Estabilização	Avança na análise dos componentes econômicos e técnicos para o sucesso da GE, no entanto pouco esclarece a questão de como seus interesses foram traduzidos e abarcados pelos demais grupos.	Explorar os mecanismos de tradução e de complexidade de ação e de interação utilizados pela empresa, para endossar o desenvolvimento da tecnologia de refrigeração elétrica em detrimento da a gás.	Explicitar o fato de que a tecnologia da refrigeração elétrica se tornou um paradigma no mercado de refrigeração doméstica, desbancando a tecnologia concorrente./ Explorar o fato de que o sucesso da GE sobre os demais fabricantes foi resultado de suas estratégias organizacionais.
	(4) Estrutura tecnológica/ Graus de inclusão	N/A	Negociabilidade da tecnologia/ momentos da tradução	Regimes tecnológicos/ Paradigmas tecnológicos

Fonte: Elaboração própria.

O primeiro item da **Tabela 3** destaca os conceitos de **GSR** e **contexto mais amplo** da abordagem SCOT. Cowan (1993) atribui aos fabricantes de refrigeradores elétricos GE, Westinghouse, Kelvinator e Frigidaire e ao maior fabricante de refrigeradores a gás, Servel, o papel de grupos sociais diretamente envolvidos na construção do refrigerador elétrico naquele período. No entanto, a autora explora marginalmente a influência do contexto mais amplo na conformação da tecnologia, ao mencionar a opinião de técnicos e consumidores sobre as vantagens e desvantagens do refrigerador a gás, mas não avança na questão da participação desses grupos sociais na conformação e predomínio da tecnologia.

Para complementar a análise da autora, é possível sugerir, por parte da ANT, o conceito de tradução associado a estruturas de poder, já que a GE, mesmo que embasada em estratégias corporativas e se aproveitando do período de expansão elétrica no país, se fortaleceu à medida que conseguiu aliar ao redor de seus interesses de promoção do refrigerador elétrico os demais atores, como fabricantes, fornecedores de energia elétrica, além das redes de assistência técnica e de distribuidores franqueados.

Além disso, ao inserir o papel das estratégias corporativas da GE, principalmente voltadas à formação dessas alianças, esse estudo de caso já se aproxima bastante dos conceitos oferecidos pela abordagem EE, além de também considerar que a GE possuía um diferencial competitivo perante aos demais fabricantes pelo fato de a) já dominar quase todas as tecnologias baseadas em eletricidade da indústria norte-americana; b) ter iniciado mais cedo a fabricação de refrigeradores elétricos em larga escala, e; c) ter baseado suas estratégias de venda e de difusão de refrigeradores na publicidade do produto e na garantia de uma rede de assistência técnica e de distribuidores franqueados.

O segundo item da **Tabela 3** destaca os conceitos de **flexibilidade interpretativa** e **controvérsias tecnológicas** que se referem aos momentos no texto de Cowan (1993) em que podem ser identificados os diversos interesses relacionados à refrigeração doméstica nos Estados Unidos, que desencadearam os processos de fechamento e estabilização do refrigerador elétrico.

A autora menciona que, apesar de engenheiros, técnicos e consumidores darem um maior número de vantagens ao refrigerador a gás do que ao refrigerador elétrico, conforme esquematizado na **Tabela 2**, a penetração das estratégias de negócios dos fabricantes de refrigeradores elétricos foi determinante para o sucesso do artefato. No entanto, explora

apenas superficialmente quais foram os processos determinantes para essa penetração das estratégias dos fabricantes no mercado, ou seja, a capacidade que esses atores tiveram em traduzir seus interesses mobilizando os demais e de formar acordos e alianças com diversos agentes.

A partir dessa conclusão, podemos propor que os conceitos de tradução, da ANT, e as relações usuário-produtor e os acordos cooperativos considerados pela EE são claramente capazes de complementar a análise da autora, provendo ferramentas que identifiquem como as controvérsias entre os diferentes grupos se estabeleceram e de que forma elas foram solucionadas.

O terceiro item da **Tabela 3** destaca os conceitos de **fechamento** e **estabilização** que dizem respeito aos momentos em que, a partir da solução das controvérsias tecnológicas, determinado design do artefato é eleito, tornando-se, então, com base na EE, um paradigma tecnológico em dado mercado.

De acordo com Cowan (1993), os consumidores, mesmo considerando as vantagens de cunho técnico dos refrigeradores de absorção, expressavam um preconceito relacionado ao fato de que utilizavam amônia como substância refrigeradora, o que requereria das fabricantes de refrigeradores maiores investimentos em P&D e propaganda para se adaptarem a essa demanda. Essa controvérsia tecnológica relacionada ao artefato acabou eliminando, através do que os economistas evolucionistas poderiam chamar de seleção natural, diversos fabricantes de refrigeradores a gás, deixando sozinha a Servel, que nunca conseguiu fazer frente aos fabricantes de refrigeradores elétricos, dominando apenas de 8 a 10% do mercado total.

Assim, a autora se aproxima muito de conceitos provenientes da abordagem EE para explicar o alcance do paradigma da refrigeração elétrica, apoiando-se, principalmente, nas estratégias organizacionais da GE. Dessa forma, é possível novamente somar a esses argumentos os conceitos sugeridos pela abordagem ANT de mecanismos de tradução e de complexidade de ação e de interação utilizados pela empresa para endossar o desenvolvimento da tecnologia de refrigeração elétrica em detrimento da a gás.

O quarto e último item da **Tabela 3** destaca os conceitos de **estruturas tecnológicas** e **graus de inclusão** que foram explorados por Cowan (1993) ao tratar os diferentes pontos

de vista dos GSRs constituídos por fabricantes, engenheiros, técnicos e consumidores relacionados aos refrigeradores elétrico e a gás.

Enquanto o primeiro grupo estava, obviamente, voltado à estrutura tecnológica de seus respectivos tipos de refrigeradores, a opinião de técnicos e de engenheiros se voltava à estrutura tecnológica do refrigerador a gás, que, de acordo com eles, era muito mais adequado ao uso doméstico. A opinião dos consumidores se dividia face ao fato de que, apesar de fazerem menos barulho e de serem mais baratos, esses refrigeradores utilizavam uma substância tóxica que eles desaprovavam. Com isso, observa-se que os diferentes graus de inclusão dos GSRs na estrutura tecnológica do refrigerador a gás fizeram com que os interesses relacionados a ele fossem enfraquecidos e desbancados pela força da estratégia de negócio dos fabricantes de refrigeradores elétricos.

Os conceitos de regimes e paradigmas tecnológicos, da EE, e os conceitos de negociabilidade da tecnologia e momentos da tradução, da ANT, poderiam complementar a análise de Cowan (1993) relacionada às estruturas tecnológicas dos refrigeradores e aos diferentes graus de inclusão dos GSRs nas mesmas, que foram, em igual medida, determinantes para o alcance dos processos de fechamento e estabilização do refrigerador elétrico.

Após a apreciação dos principais pontos de análise do caso do refrigerador elétrico e da proposição de pontos de análise complementares pela ANT e EE, passemos, na próxima seção, à revisão do caso do veículo elétrico estudado pela abordagem ANT e às possibilidades de interação e complementaridade entre seus pontos de análise com os das demais abordagens referenciadas neste trabalho.

3.2. Abordagem ANT: o caso do veículo elétrico

Neste caso, Michel Callon (1980) apresenta os bastidores do desenvolvimento do veículo elétrico (VEL) na França do século XX, enfatizando a batalha de forças que se estabeleceu entre os atores envolvidos direta ou indiretamente no projeto, bem como a relação de interesses que se explicitaram entre esses e o Estado (representado pela figura de outros dois atores da rede).

Introduzindo o caso, o autor apresenta ao leitor o ambiente no qual essa inovação em particular emerge. Considera que

“as inovações caracterizadas por a) considerável variedade nas opções tecnológicas disponíveis, aliadas a estreitas ligações entre escolhas tecnológicas e escolhas sócio-políticas; b) considerável diversidade dos pontos de vista colocados pelos numerosos grupos sociais envolvidos; e c) uma inicial falta de determinação da demanda de mercado, emergem da luta entre atores determinados a imporem suas respectivas escolhas tecnológicas” (Callon, 1980:358).

Acrescenta que, confrontado com esses atores, o Estado não possui força alguma, pois não tem capacidade suficiente para transformar as controvérsias tecnológicas em debate político, atendo-se a se posicionar na defesa dos grupos mais poderosos. Com isso, Callon (1980) sugere que os grupos mais poderosos seriam justamente aqueles que conseguem traduzir seus próprios interesses mobilizando os demais atores da rede em função dos mesmos.

Para Callon (1980), um importante ponto de partida para a avaliação dos resultados da intervenção governamental no campo da inovação tecnológica é a análise dos sistemas sociais nos quais o governo opera e das transformações que ocorrem dentro deles, a partir da reconstrução de seus processos, da caracterização dos protagonistas e de seu desenvolvimento.

Assim, de acordo com o autor, a história da produção de uma nova tecnologia pode ser dividida em um número de períodos correspondentes aos diferentes grupos sociais (ou sistemas) que fazem parte do seu desenvolvimento, tomando parte neste processo suas estratégias e os interesses que defendem. Além disso, sinaliza que as distintas formas de intervenção do Estado também podem ser observadas em cada período, como incentivos estatutários, subsídios, cartas-convite e mudanças nos diversos departamentos e ministérios envolvidos.

Partindo desse princípio, o autor observa no desenvolvimento do VEL na França três períodos distintos:

Primeiro período: Os acadêmicos nas mãos do demônio da tecnologia; o Estado segue o caminho: a história da célula combustível (1960-1965)

Neste momento, Callon (1980) introduz o primeiro dos atores da rede de construção do VEL, a *Delegation Generale à la Recherche Scientifique et Technique* (DGRST), criada ao final de 1950, cuja função é preparar, coordenar e analisar políticas francesas relacionadas à pesquisa científica e tecnológica. O autor aponta que uma de suas primeiras ações foi a institucionalização das *Actions Concertées*, que se traduziu na criação de

laboratórios vinculados a programas de diversas áreas, coordenados por comitês constituídos por 15 *experts*, entre eles cientistas, empresários e civis, que selecionavam os projetos apresentados a eles e alocavam os fundos distribuídos ao programa.

Para Callon (1980), esse programa foi importante à medida que viabilizava a associação da pesquisa pública e privada com o financiamento de projetos por instituições tradicionais (como universidades e empresas, além do *Centre National de la Recherche Scientifique* – CNRS) e tornou possível um esforço coletivo e coordenado em temas considerados de grande relevância naquele período.

Dentre os temas selecionados figurava a pesquisa de células combustíveis em “Conversão de Energia”, sendo o grupo encarregado de desenvolvê-la, portanto, na visão do autor, o primeiro “sistema social” especificamente relacionado ao desenvolvimento do VEL.

Características:

A. Os protagonistas: cientistas da área da eletroquímica financiados por alguns de seus colegas físicos introduzem o projeto de células combustíveis, que produziu inicialmente um consenso entre os diversos grupos envolvidos – laboratórios governamentais; grandes grupos empresariais privados e públicos, como o *Institut Français du Pétrole* (IFP) e a *Electricité de France* (EDF); e o Estado, sob a figura das *Actions Concertées* – orientados sob seus próprios interesses.

B. Os resultados: o consenso obtido pelo projeto eliminou possíveis críticas e análises contraditórias, no entanto, emergiram-se resistências apresentadas pelos próprios pesquisadores no ramo da eletroquímica, o que iniciou um período de crescimento de dissenso interno, que acabou afastando o apoio das demais partes envolvidas:

- O IFP, que representava os interesses da indústria petrolífera, apoiava o desenvolvimento de células combustíveis de alta temperatura, pois já possuía o conhecimento necessário no ramo de tecnologias catalíticas;
- A EDF tendia a ser hostil ao projeto do desenvolvimento de células combustíveis de alta temperatura, já que poderia representar uma ameaça ao seu monopólio em produção e distribuição de eletricidade em pequenas estações elétricas;

- Industriais rejeitaram a colaboração em larga escala com cientistas do ramo da eletroquímica.

Neste momento, o embate de interesses entre os atores está relacionado à necessidade de cada um deles em assegurar seus respectivos ramos de atividade e capacitações, ou seja, os diversos interesses relacionados ao artefato embasados pelas diferentes estruturas tecnológicas em que cada um deles se insere, o que faz com que essa análise se aproxime dos conceitos da SCOT de flexibilidade interpretativa, controvérsias tecnológicas e graus de inclusão nas diversas estruturas tecnológicas.

Callon (1980) afirma que nessa atmosfera de fracasso e ceticismo, a DGRST interveio no favorecimento dos arranjos cujos interesses predominavam e, assim, apoiou a EDF, cuja estratégia era interromper a pesquisa com células em alta temperatura. Isto fez com que todos os grupos envolvidos redirecionassem seus esforços à principal forma de uso de células de baixa temperatura: o veículo elétrico.

C. A ação do Estado e suas conseqüências: neste período, a ação do Estado esteve limitada àquela tomada pela DGRST, cujo papel não foi ativo, posto que confinou suas ações à viabilização de transações entre as partes.

Segundo período: eliminação das células; o VEL é colocado na agenda; o Estado favorece a EDF (1966-1969)

Em 1966, como aponta Callon (1980), a pesquisa em células combustíveis foi dirigida no âmbito do projeto de “Ajuda ao Desenvolvimento”, que objetivava o estímulo da inovação em setores considerados estratégicos pelo governo. De acordo com o autor, tal procedimento, coordenado por um comitê técnico constituído de figuras independentes, disponibilizou recursos substanciais para a produção de células em nível industrial.

A. Os atores: EDF posiciona-se no centro do novo sistema social, mobilizando vários grupos no desenvolvimento do projeto. Callon (1980) afirma que a maior preocupação da entidade no período foi excluir acadêmicos e certos industriais do sistema e atrair novas figuras, notadamente para manter o governo afastado da situação e sua estratégia principal para tanto foi utilizar a eletricidade como parte de uma nova política de crescimento, o que favorecia o desenvolvimento do VEL enquanto equipamento recarregável eletricamente.

De acordo com o autor, face ao posicionamento da EDF, os demais participantes passaram a tomar atitudes cautelosas com relação ao projeto: a indústria tinha perdido a confiança nas células, alocando seus recursos em outros projetos mais atraentes; os acadêmicos procuravam evitar perdas e garantir a sobrevivência de suas equipes de pesquisa; e o governo estava envolvido apenas como intermediário da DGRST.

B. Os resultados: em 1969, EDF e DGRST foram deixadas sozinhas no campo. Inevitavelmente, a situação foi insatisfatória para EDF, que não acreditava que a batalha do VEL poderia ser ganha apenas com o suporte do governo. A partir disso, decidiu eliminar todos os atores envolvidos com o primeiro sistema de desenvolvimento das células combustível e estabelecer outro.

C. A ação do Estado e suas conseqüências: novamente nota-se o posicionamento passivo da DGRST. De acordo com Callon (1980), neste momento, as pessoas ainda não sabiam quais eram as características do VEL e suas possibilidades de utilização, o que encorajou um novo posicionamento do governo, pois os diferentes tipos de idéias e interesses relacionados ao VEL poderiam torná-lo um projeto atrativo.

Terceiro período: EDF dita o ritmo; VEL se torna um assunto de Estado; a produção dos mercados (1970-1977)

Callon (1980) afirma que, após eliminar a célula combustível (e os grupos interessados no seu sucesso) e manter o governo afastado do problema da tração elétrica, EDF inicia um trabalho de desenvolver um convincente programa de ação que pudesse unir os industriais, o governo e potenciais consumidores na mesma empreitada.

A. Os atores: sob os argumentos do alcance da sociedade industrial do futuro, do avanço tecnológico como principal agente do progresso social e do uso da eletricidade como o caminho em direção ao bem-estar social (através da erradicação da poluição, da facilidade de utilização e dos baixos custos), EDF lança a batalha pelo VEL sem levantar suspeitas sobre seus próprios interesses no sucesso do projeto.

Para Callon (1980), a concepção da EDF era a de definir os mercados em que fosse viável a substituição dos veículos baseados nos combustíveis fósseis por aqueles à eletricidade, já que, pelo fato de serem menos potentes, não poderiam ser utilizados em grandes mercados.

No entanto, acrescenta o autor, EDF sabia que industriais estariam pouco interessados na exploração de mercados limitados e hipotéticos, ao mesmo tempo em que os usuários seriam indiferentes ao tipo de combustível que abasteceria seus veículos. Assim a empresa, conclui que apenas o auxílio do Estado, na imposição das opções necessárias, poderia tornar o projeto VEL bem sucedido.

Callon (1980) afirma que, a partir desse momento, alguns interesses no VEL começaram a surgir. Governos municipais interessados no desenvolvimento de ônibus elétricos que poderiam solucionar muitos de seus problemas urbanos, passaram a apoiar o projeto da EDF, o que acabou despertando, como consequência, o interesse de algumas pequenas empresas totalmente dependentes dos governos municipais, que vislumbraram no projeto uma oportunidade interessante para si.

De acordo com o autor, mesmo com a existência de um foco localizado de interesses no desenvolvimento do VEL, as grandes indústrias (especialmente as companhias automobilísticas e de construção elétrica) tinham cada vez mais reservas a ele, alegando ser este um projeto de aplicações muito limitadas.

No que tange ao governo, Callon (1980) menciona que a DGRST passou também a questionar se todo o esforço voltado ao VEL não seria demasiado, posto que o futuro da indústria eletroquímica francesa era considerado por muitos, naquele período, uma promessa de aplicação infinitesimalmente mais abrangente. Em contrapartida, o Ministério da Qualidade de Vida (MQV), buscando mostrar toda a sua originalidade e personalidade na condução de projetos governamentais, manifestou apoio ao projeto do VEL, aliando-se à EDF e aos governos municipais.

B. Os resultados: a EDF falhou na sua tentativa de atrair os industriais, que não vislumbravam um mercado futuro para os VELs e foi gradativamente convencendo o governo da necessidade de criar uma demanda pública para que o projeto fosse bem sucedido. Com isso, de acordo com Callon (1980), encontravam-se EDF, governos municipais e MQV isolados em um projeto apoiado por um governo hesitante.

C. A ação do Estado e suas consequências: neste período o governo interveio de inúmeras maneiras, participando de simpósios, *workshops* e oficinas amparadas pela iniciativa da EDF. Apenas em um momento ou outro, membros do governo como a

DGRST, o Ministério dos Transportes, o MQV e o Ministério da Indústria financiavam estudos, desenvolviam protótipos ou projetos industriais com a intenção de apoiar a EDF.

No entanto, Callon (1980) adverte que a sustentação dessa situação já se mostrava a partir de então absurda, pois o governo foi obrigado a gerenciar projetos e iniciativas desejados por apenas uma figura do sistema social, o que indicava poucas chances de sucesso.

O autor atribui, portanto, o fracasso do projeto do VEL a duas razões principais: i) ao resultado de iniciativas particulares da EDF, que procurou a todo o momento apoio e legitimidade e não conseguiu articular os atores na indústria, na academia, no mercado consumidor e no próprio governo, e; ii) à ausência de análise estratégica de um governo incapaz de identificar possíveis desenvolvimentos técnico-científicos advindos do projeto e que, ao mesmo tempo, deixou-se manipular pelos vários atores protagonistas envolvidos.

Na visão de Callon (1980:374), essas características reduziram consideravelmente a margem de manobra e a capacidade de iniciativa do governo francês, que estava completamente permeado por interesses e projetos realizados fora de seu próprio contexto, sendo inclusive incapaz de introduzir ao debate novos pontos de vista ou mesmo protagonistas esquecidos do sistema, como os pequenos inovadores e consumidores.

Além disso, de acordo com Callon (1980:375), o papel que o Estado deveria assumir, ajustando necessidades e recursos e reconciliando interesses contraditórios, foi substituído nesse sistema por um papel essencialmente legitimador, transformando num desejo coletivo projetos particulares que ele concordou em assumir.

Explicita-se nesta análise, portanto, a importância do elemento “tradução” na determinação do sucesso ou fracasso do artefato. Mais do que isso, é possível considerar que a abordagem ANT coloque acima de qualquer outra explicação o fato de que o VEL pereceu naquele momento do cenário francês pela incapacidade de um ator específico dessa rede, a EDF, em “vender” o projeto desse artefato aos demais.

Com isso, Callon (1980) afasta-se de uma perspectiva na qual o fracasso do VEL fosse fruto de uma trajetória natural da indústria automobilística, por exemplo, como poderiam assumir autores inseridos na EE, na qual o veículo à gasolina assume a posição de paradigma tecnológico em detrimento do VEL.

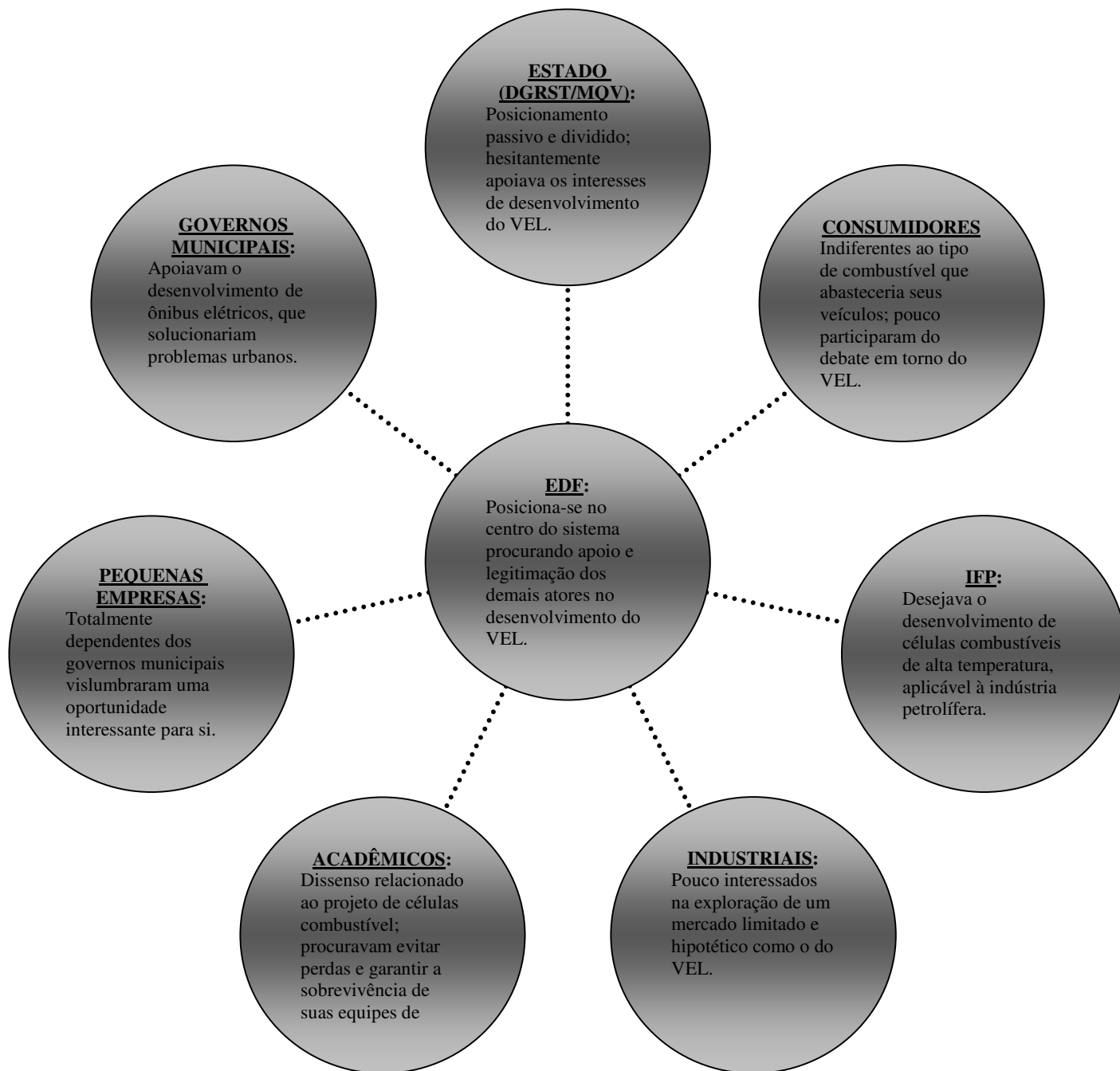
Em contrapartida, percebemos aqui elementos que se aproximam da análise SCOT, como o fato de que o fechamento das controvérsias (no caso, o fracasso do VEL) ocorreu em meio aos conflitos de interesses entre os GSRs (ou atores) que possuem interpretações e interesses próprios com relação ao artefato, assim como o fato de que os diversos atores da rede não estavam incluídos, naquele momento, na estrutura tecnológica do projeto da EDF. Portanto, ao encontrar-se sozinha na defesa da pesquisa de células combustíveis de baixa temperatura, a EDF não conseguiu solidificar interações entre atores em torno dessa estrutura tecnológica específica, que se configuraria no VEL.

No entanto, Callon (1980) vai além da abordagem SCOT ao agregar aos conflitos de interesses e às diferentes interpretações sobre o artefato, as diferentes estruturas de poder que se estabelecem na rede, mesmo que o ator mais “poderoso”, o Estado, detentor da capacidade de legitimar o projeto, apoiando-o ou vetando-o, estivesse enfraquecido pela insistência em assumir o papel de conciliador entre as partes.

Com isso, é razoável descrever o estudo de caso da ANT como pertencente a um nível intermediário de análise, que não se abastece inteiramente nem de fatores relacionados ao ambiente estritamente social, que interfere na construção do artefato tecnológico com suas diversas interpretações e visões do mesmo, como o faz a análise SCOT, nem de fatores relacionados ao ambiente estritamente econômico, em que o papel do Estado seria absolutamente reduzido em favor de uma lógica natural e inerente de produção tecnológica, como ocorre na análise EE.

A seguir, o **Quadro 1** apresenta a rede de atores estabelecida na produção do VEL e os diversos posicionamentos (ou interesses) relacionados a ele, enquanto a **Tabela 4** apresenta os pontos analíticos complementares entre as abordagens ANT, SCOT e EE na análise desse caso.

Quadro 1 – Rede de atores do VEL



Fonte: Elaboração própria a partir de Callon (1980).

Tabela 4 – Pontos analíticos complementares para o caso da abordagem ANT

	Principais Características	Pontos Fracos	Pontos complementares das outras abordagens	
			SCOT	EE
Abordagem ANT: o caso do veículo elétrico	(1) Redes/ Atores	Não explora a presença de atores não-humanos na rede do VEL.	Inserir a participação dos Grupos Sociais Relevantes, bem como seus principais interesses e interpretações do artefato, e do Contexto mais amplo relacionados ao projeto do VEL.	Enfatizar o fato de que a rede que se estabelece ao redor do VEL pode ser comparada ao ambiente de seleção do artefato ou, em menor escala, a um SNI/SSI.
	(2) Tradução	Não se aprofunda na explicação de por que EDF falha ao tentar traduzir a viabilidade do projeto do VEL.	Relacionar a ausência de consenso nas controvérsias tecnológicas, bem como os diferentes graus de inclusão na estrutura tecnológica do VEL ao fracasso na mobilização dos atores da rede em torno do projeto do VEL.	Enfatizar de que forma os constrangimentos técnico-científicos desestabilizaram a trajetória tecnológica do VEL impedindo que se constituísse num projeto dominante na indústria automobilística.

Fonte: Elaboração própria.

O primeiro item da **Tabela 4** destaca os conceitos de redes e de atores da abordagem ANT, que estão divididos, conforme esquematizado no **Quadro 1**, entre a EDF, o Estado francês, sob a figura da DGRST e do MQV, governos municipais, consumidores, IFP, acadêmicos, pequenas empresas e industriais, todos denotando seus respectivos interesses relacionados ao projeto da EDF (que se posiciona no centro da rede) de desenvolvimento do veículo elétrico. No entanto, apesar de ser composta por elementos heterogêneos, econômicos, políticos ou sociais, é possível que notar que Callon (1980) não explora explicitamente a presença de atores não-humanos na rede do VEL.

Pelo lado da SCOT, os conceitos de GSR e de contexto mais amplo em que esses grupos se inserem já seriam, por si só, bastante similares ao conceito de redes de atores da ANT. Assim como, tomando-se como base a abordagem EE, a rede de atores do VEL retratada por Callon (1980) poderia ser comparada ao ambiente de seleção do artefato tecnológico ou, em menor escala, a um SNI/SSI, já que se constitui no lócus em que os processos de desenvolvimento de tecnologias são iniciados, determinando a trajetória tecnológica que deverá ser perseguida, sejam eles, empresas, representantes do ambiente acadêmico, consumidores ou governo.

O segundo item da **Tabela 4** destaca o conceito de **tradução**, que na análise do VEL foi o fator determinante para o fracasso do artefato, já que foi devido ao fato da EDF não ter conseguido traduzir seus interesses relacionados a ele, mobilizando os demais atores da rede, que o projeto fracassou. No entanto, Callon (1980) não avança na explicação dos fatores que levaram a EDF a ser mal sucedida na sua tentativa de traduzir a viabilidade do projeto do VEL.

Essa forma de análise se afasta, conforme citado anteriormente, dos conceitos de trajetória tecnológica e de paradigma tecnológico da EE, a partir dos quais seria possível concluir que o fracasso do VEL resultou da trajetória natural da indústria automobilística na qual o veículo à gasolina assume a posição de paradigma tecnológico em detrimento do VEL. Por outro lado, é possível, apoiando-se na perspectiva EE, buscar enfatizar de que forma os constrangimentos técnico-científicos desestabilizaram a trajetória tecnológica do VEL impedindo que se constituísse num projeto dominante na indústria automobilística.

Já por parte da SCOT, podemos atribuir à ausência de consenso nas controvérsias tecnológicas, bem como aos diferentes graus de inclusão na estrutura tecnológica do VEL, o fracasso na mobilização dos atores por parte da EDF em torno do projeto.

Após a análise do caso do VEL sob a perspectiva da ANT e dos pontos que a complementam com base nos conceitos oferecidos pelas abordagens SCOT e EE, passemos, na próxima seção, à revisão do caso do VEL sob a perspectiva de autores da EE.

3.3. Abordagem EE: o caso do veículo elétrico

Além de ter sido explorado pela abordagem ANT, o VEL também foi objeto de estudo da EE. Entretanto, enquanto Callon (1980) enfoca o posicionamento dos atores da rede francesa em seu processo de criação, desenvolvimento e fracasso, os economistas Robin Cowan e Staffan Hultén (1996) analisam os fatores que possibilitariam, a partir desse artefato, o escape do aprisionamento (*lock-in*) à tecnologia dos veículos à gasolina no mercado automobilístico que perdura há mais de um século.

Neste artigo, Cowan e Hultén (1996) exploram a questão sobre o fato de algumas das tecnologias que se tornaram paradigmas no mundo atual não serem as mais adequadas ou tecnicamente melhores em suas respectivas aplicações. Os autores sugerem que a dependência do caminho (*path-dependence*) da trajetória tecnológica que promove essas tecnologias está relacionada a alguns desdobramentos provenientes de fatores técnicos e/ou decisões políticas que são gradualmente desenvolvidos na esfera econômica.

Dessa forma, Cowan e Hultén (1996) consideram que o *lock-in* tecnológico se origina tanto dentro quanto fora da indústria na qual dada tecnologia opera e que, portanto, para se analisar a possibilidade de se escapar dele, deva-se olhar tanto para alguns fatores presentes em seu setor quanto para as suas próprias características tecnológicas.

No estudo de caso do VEL, os autores se atêm a esses dois componentes e, assim como feito por Callon (1980) em seu estudo de caso, dividem nos seguintes estágios cronológicos a história do desenvolvimento dessa tecnologia: 1) 1885-1905, os primórdios da indústria automobilística, em que não havia tecnologia dominante; 2) 1920-1973, a consolidação do veículo à gasolina no mercado automobilístico; 3) 1973-1998, os questionamentos sobre o veículo à gasolina e a renovação do interesse no VEL; e 4) a partir

de 1998, a introdução de uma possível legislação que regulamente a produção em larga escala do VEL.

Primeiro momento – A introdução do veículo elétrico (1885 – 1905)

De acordo com Cowan e Hultèn (1996:66), ao final do século XIX, a indústria automobilística se desenvolvia rapidamente com a competição entre três principais tecnologias no mercado: elétrica, a vapor e à gasolina. Neste momento, os mais bem sucedidos eram o VEL, com 1.575 veículos vendidos em 1899, nos EUA, e o veículo a vapor (com o carro mais popular entre os americanos, o *Locomobile*), com 1.681 veículos vendidos, sendo que o veículo à gasolina neste ano foi responsável por apenas 936 veículos vendidos no mercado americano.

Os autores afirmam, utilizando uma expressão comum à abordagem ANT, que a rede (e poderíamos dizer “rede de atores”, já que abrange componentes humanos e não humanos) que se formava ao redor da indústria de veículos elétricos mostrava-se bastante consistente naquele momento com: a) a *Electric Vehicle Company* explorando o mercado de automóveis de aluguel em larga escala e, para tanto, encomendando a produção de mais 200 táxis só para o ano de 1899; b) os produtores de veículos elétricos obtendo fácil acesso aos componentes elétricos; c) Thomas Edison, por sua vez, assegurando que o problema da baixa capacidade de estocagem de energia na bateria de carros elétricos seria rapidamente solucionado; d) o surgimento de uma importante patente para o desenvolvimento da indústria de veículos à gasolina, a patente “Selden”, sendo adquirida pela *Electric Vehicle Company*.

Além dessa rede, outro aspecto considerado pelos autores que garantia ao VEL larga vantagem tecnológica frente a seus rivais era o fato de ter sido, até aquele momento, o primeiro carro a alcançar 100 km/h. Mesmo assim, de acordo com Cowan e Hultèn (1996:66), enquanto as vendas de veículos elétricos dobravam de 1899 a 1909, as vendas dos veículos à gasolina cresceram mais de 120 vezes, o que significou que a posse da patente Selden não impediu os fabricantes de veículos à gasolina de explorarem seu mercado e, em 1911, seus detentores perderam uma causa decisiva de violação de patente para Henri Ford.

Assim, nos primeiros anos do século XX, o veículo à gasolina ganhava a concorrência dos veículos elétricos e a vapor e, enquanto na Europa o veículo à gasolina

continuava a ser produzido em séries pequenas para um público específico, nos EUA tornava-se sinônimo de produção em larga-escala, baixos preços e criação de um mercado de massa.

De acordo com os autores, o sucesso do veículo à gasolina não poderia, portanto, ser entendido apenas por um pequeno evento histórico ou por um acidente isolado, mas sim, a partir da interação de fatores econômicos e técnicos que proporcionaram a ele vantagem decisiva sobre seus concorrentes entre 1900 e 1905.

Dentre estes fatores, Cowan e Hultèn (1996:66) atribuem à variável “preço” posição de fator estratégico, já que a introdução de práticas de produção em massa de baixo custo aplicadas mais cedo e com mais vigor na indústria de veículos à gasolina, em 1900, possibilitou uma margem de preço de venda de carros que variava de US\$ 1.000,00 a US\$ 2.000,00, enquanto que os preços do VEL ficavam entre US\$ 1.250,00 a US\$ 3.500,00.

Diante disso, os autores afirmam que decisão do empresário W.C. Whitney, dono do conglomerado de linhas de bondes elétricos de Nova Iorque, *Metropolitan Traction Company*, e da *Electric Vehicle Company*, de integrar verticalmente suas duas empresas para explorar exclusivamente esse mercado nos EUA, provocou uma falta de foco em oportunidades de negócio para ambas as empresas, o que desencadeou a falência da *Electric Vehicle Company*, em 1907, e, com isso, a maioria dos fabricantes de veículos elétricos que restou voltou-se ao nicho de consumidores de alta renda (Cowan e Hultèn, 1996:67).

É bem verdade, como assinalam Cowan e Hultèn (1996:67), que naquele momento alguns fabricantes procuraram imitar o design dos veículos à gasolina, o que barateou seus preços, e já em 1914, o preço médio de um VEL nos EUA girava em torno de US\$ 2.950,00, e nesse ano, a *Columbia Electric Vehicle Company* chegou a vender um carro com design de veículo à gasolina por apenas US\$ 785,00. No entanto, no mesmo ano, a Ford já conseguia vender seus veículos a US\$ 640,00 e até mesmo a US\$ 440,00, dependendo do modelo.

Além da variável preço, outro fator de destaque referenciado pelos autores na vantagem competitiva adquirida pelo veículo à gasolina, relaciona-se aos seus componentes técnicos, pois, enquanto as três tecnologias concorrentes apresentavam problemas

tecnológicos, os produtores de carros à gasolina se antecipavam no alcance de soluções, como mostra a **Tabela 5**.

Tabela 5 – Problemas técnicos vs. superações automobilísticas no início do século XX

	Principais problemas técnicos	Superações
Veículo à Gasolina	Excesso de barulho	Ainda não solucionado
	Dificuldade na partida	Motor a combustão interna
	Elevado consumo de água	Starting-Lightning-Ignition (SLI) no Cadillac de 1912
	Relativa pouca autonomia	Starting-Lightning-Ignition (SLI) no Cadillac de 1912
	Baixo alcance de velocidade	Starting-Lightning-Ignition (SLI) no Cadillac de 1912
Veículo elétrico	Incapacidade de escalar superfícies íngremes	Ainda não solucionado
	Relativa pouca autonomia	Ainda não solucionado
	Baixo alcance de velocidade	Ainda não solucionado
Veículo a Vapor	Necessidade de aquecimento de 20 minutos antes da partida	Solucionado em poucos anos
	Elevado consumo de água	Sem solução até o fim dessa indústria em 1920

Fonte: Elaboração própria a partir de Cowan e Hultèn (1996:67-68).

É possível com isso observar que ainda nas primeiras décadas do século XX os problemas técnicos do VEL não foram superados enquanto que o veículo à gasolina encontrava-se em pleno desenvolvimento e superando suas principais limitações, com isso distanciando-se dos demais no processo competitivo dos primórdios do mercado automobilístico.

Segundo momento – Interlúdio (1920-1973)

De acordo com Cowan e Hultèn (1996:68), no ano de 1920 os veículos à gasolina já dominavam o mercado automotivo se distanciando cada vez mais de seus competidores, alcançando, em 1934, a marca de 3 milhões de unidades produzidas, enquanto que no mesmo ano apenas 391 veículos elétricos foram produzidos nos EUA.

Para os autores, esse foi o início do processo de consolidação dessa posição para a indústria dos veículos à gasolina, que foi reforçada pelos seguintes fatores: a) criação de redes de postos de abastecimento à gasolina; b) crescimento da indústria de refino de petróleo, tanto em escala quanto em capacitação tecnológica, e c) surgimento de uma rede de assistência auto-mecânica especializada nesse tipo de veículo. De acordo com eles, essas

três redes que emergiram como consequência do crescimento (e, na mesma intensidade, reforçando esse crescimento) da indústria de veículos à gasolina eram estáveis, intensivas e fortes, e forneciam uma importante fonte de externalidades que tornavam a posição dessa indústria difícil de ser desbancada.

Essa análise se assemelha àquela sugerida por Ruth Cowan (1993) no caso de refrigerador elétrico, em que a autora sugere que a posição de dominância desse tipo de tecnologia foi reforçada pela estratégia de venda e de difusão dos fabricantes de refrigeradores elétricos, que, além de explorarem a publicidade e propaganda do produto, buscaram garantir uma rede de assistência técnica e de distribuidores franqueados nas maiores cidades americanas.

Apesar dessa semelhança, Cowan e Hultèn (1996:69), seguindo um fluxo oposto ao sugerido pela abordagem SCOT de que são os processos sociais que direcionam a mudança tecnológica, sugerem que o desenvolvimento da tecnologia do veículo à gasolina, a partir de então, teria provocado mudanças nos comportamentos e na estrutura da sociedade americana de uma forma sem paralelos em outras tecnologias, como: a) o local onde as pessoas passaram a viver, b) a distância a que poderiam chegar e a que tempo, c) a forma como passaram a despender seu tempo livre, d) além de ter se tornado um referencial de *status* social e de ter sido responsável pela promoção de um crescimento estrondoso das classes médias que viviam nos subúrbios norte-americanos.

Terceiro momento – Questionamentos sobre o veículo à gasolina e renovação do interesse no veículo elétrico (1973-1990)

De acordo com Cowan e Hultèn (1996:69), neste período, o veículo à gasolina passa a ser questionado pelos extensos congestionamentos existentes nas grandes cidades, pelos milhares de acidentes fatais provocados anualmente e pela poluição do ar e sonora que causava. Somam-se a essas características, as crises do petróleo ocorridas entre 1973-1974, que obrigaram os representantes políticos a refletirem sobre a grande dependência desse principal sistema de transporte do ocidente aos instáveis regimes políticos do Oriente Médio e a promoverem programas para a criação de tecnologias de transporte alternativas (entre elas, programas de apoio ao VEL) em muitos países desenvolvidos capitalistas.

Com base nisso, os autores mencionam diversas iniciativas estatais que retomavam o interesse na tecnologia do VEL, entre as décadas de 1970 e 1980, dentre elas: a) o maior

programa de desenvolvimento do VEL que aconteceu na França, já apresentado na segunda seção desse capítulo, em Callon (1980 *apud* Cowan e Hultèn, 1996); b) o programa norte-americano de apoio ao desenvolvimento de 2.500 veículos elétricos e híbridos, entre junho de 1978 e dezembro de 1979, e mais tarde, o aumento dessa produção para 5.000 e 50.000 veículos por ano; c) o programa japonês, que entre 1971 e 1976 foi o responsável pelo desenvolvimento de duas gerações de veículos elétricos e de cerca de outros 300 tipos de veículos alternativos.

No entanto, Cowan e Hultèn (1996:70) afirmam que todos esses programas nunca conseguiram alcançar o nível de fabricação em massa do VEL por razões estritamente técnicas, já que a suposição dos fabricantes na década de 1970 de que as baterias elétricas alcançariam uma melhora técnica rapidamente nas décadas seguintes jamais aconteceu e por isso os veículos elétricos permaneceram sem capacidade de competir com os veículos à gasolina.

Percebe-se que a explicação para o fracasso do VEL sugerida pelos economistas é bem diferente daquela sugerida por Callon (1980), pois enquanto os primeiros atribuem-no à impossibilidade de superação da capacidade de estocagem das baterias elétricas face à tecnologia do veículo à gasolina, o segundo atribui o fracasso à incapacidade de um ator da rede de tecnologia francesa em convencer os demais atores da viabilidade do projeto (e, quem sabe, com isso estimular novas pesquisas que desenvolvessem as bases técnicas do VEL).

Assim, é possível dizer que mesmo analisando um caso de produção tecnológica similar, economistas e sociólogos colocam o foco da análise em diferentes aspectos. Cowan e Hultèn (1996) partem do paradigma tecnológico da indústria automobilística da atualidade para explicar os fatores (mais técnicos e econômicos) determinantes para sua hegemonia face ao VEL. Callon (1980), por sua vez, refere-se aos conflitos de interesses sociais e políticos candentes que se estabeleceram no momento em que a tecnologia do VEL era colocada como uma opção para a indústria automobilística, deixando de lado os parâmetros competitivos que se estabeleceram entre uma ou outra tecnologia (sequer mencionando o veículo à gasolina em seu estudo).

Quarto momento – A introdução legislada do veículo elétrico? 1990-

Após as estimativas mal-sucedidas dos anos 1970 e 1980 da conquista de considerável parcela do mercado automotivo pelo VEL (seriam 3,16 milhões de carros vendidos em 1995, no entanto, no início dos 1990 não foram contabilizados mais do que 10 mil veículos), surgiram, de acordo com Cowan e Hultèn (1996:70) iniciativas legais em todo o mundo ao final dos anos 1990 com o intuito de promover uma nova onda de estímulos a essa indústria.

Dentre elas, os autores fazem referência à primeira lei estabelecida para a promoção do VEL realizada pelo *California Air Resource Board*, em 1990, que, buscando superar os problemas de saúde que existiam em Los Angeles, determinou que: a) até o ano de 1998, 2% dos novos veículos vendidos na Califórnia deveriam ter “emissão zero” de carbono; b) no ano 2000, todos os novos carros vendidos deveriam ser de “baixa emissão” ou de “ultra baixa emissão” ou de “emissão zero”; e c) no ano de 2003, 75% deles deveriam ser de “baixa emissão”, 15%, de “ultra baixa emissão” e 10% deveriam ser carros com “emissão zero”.

Face a essa lei, outros estados americanos se interessaram e cerca de dez deles decidiram aplicar a mesma regulamentação. Como muitos *experts* sugerem que apenas os veículos elétricos ou híbridos poderiam ser “emissão zero”, Cowan e Hultèn (1996:70) acreditam que se a legislação ganhasse força poderia propiciar o surgimento de um mercado para 300.000 a 400.000 veículos elétricos nos EUA, já em 2003.

No momento em que os autores desenvolviam seu artigo, os VELs pertenciam principalmente a grandes companhias e organizações públicas. Os autores mencionam que a maior proprietária européia, naquele momento, era a estatal francesa EDF, com cerca de 300 a 400 veículos elétricos, de um total de 60.000 em todo o continente, e que uma quantidade substancial desses veículos fabricados na Europa provinha de projetos técnicos implementados para a performance desses carros, como, por exemplo, os testes de cinquenta veículos Citroën AX elétricos e do Peugeot 106 elétrico, que começaram na França em 1993 (p.71).

No entanto, os autores assinalam que o total de VELs em todo o mundo é insignificante quando comparado ao número de veículos à gasolina. A **Tabela 6** apresenta o número de veículos elétricos em alguns países europeus, em 1993.

Tabela 6 - Quantidade de veículos elétricos na Europa em 1993

Grã-Bretanha	20.000 a 25.000
Alemanha	3.000 a 4.000
Suíça	1.500 a 2.000
França	600 a 1.000
Suécia	200 a 300

Fonte: Adaptado de Cowan & Hultén (1996:71).

Cowan e Hultén (1996) acreditam que mesmo com o baixo número de VELs existentes no mundo ainda haja uma demanda insatisfeita por eles ou por outros tipos de veículos ambientalmente corretos, e que no futuro próximo muitos proprietários tomarão iniciativas próprias convertendo seus veículos à gasolina em VELs, mesmo que estes sejam mais caros e de mais baixa performance.

Nesse ponto da análise, os autores acabam identificando, mesmo que não explicitamente e nem como variável chave (pois para eles o fator que propicia o escape do *lock-in* reside na legislação imposta pelo Estado e não no conflito de interesses sociais), o principal elemento direcionador da mudança tecnológica de acordo com a abordagem SCOT: a presença de GSRs que expressam seus interesses no desenvolvimento (neste caso, na adaptação) do artefato automobilístico, através da flexibilidade interpretativa e das controvérsias tecnológicas.

Para Cowan e Hultén (1996:71) permanece, por parte de uma parcela de consumidores desse mercado, a expectativa de que a diferença entre o custo do veículo à gasolina e do elétrico diminua num futuro próximo devido ao aumento da produção deste último. Os autores afirmam que as francesas Renault e Peugeot julgam que o alcance de uma produção anual de mil veículos reduza essa diferença de custos em 30%, embora esse cálculo não inclua o custo das baterias elétricas.

De acordo com os autores, em 1995, essas mesmas fabricantes lançaram o primeiro VEL voltado ao mercado doméstico, com preços que chegavam a ser 40% a 50% mais altos do que a versão mais econômica do seu equivalente à gasolina, mesmo com os subsídios do Estado (pp. 71-72). A **Tabela 7** mostra a comparação entre os preços dos veículos elétricos (incluindo baterias) e à gasolina lançados em 1993.

Tabela 7 – Comparação técnica e de preços entre veículos elétricos e à gasolina lançados em 1993

Modelo	Assentos	Quilometragem (Km)	Máxima velocidade (Km/h)	Preço veículo elétrico	Preço veículo à gasolina
Kewet	2	50 a 100	70	129.000 SEK	
Erad Junior	2	70 a 80	75	74.000 FRF	48.500 FRF
VW Golf	4	71	100	288.000 SEK	110.000 SEK
Microcar Lyra	2	65	75	146.000 FRF	69.900 FRF
Puli City	2	50 a 80	65	88.000 SEK	-
Elektro Marbella	4	50 a 100	80	149.000 SEK	60.000 SEK
Renault Clio	4	-	-	177.000 FRF	79.500 FRF

Fonte: Cowan & Hultén (1996:72).

A despeito da variável preço, Cowan e Hultén (1996:74) apontam que a baixa capacidade de estocagem de energia das baterias dos VELs constitui o principal gargalo para seu sucesso, pois a tecnologia dessas baterias não alterou suas características básicas em cerca de noventa anos de existência. Os autores afirmam que na década de 1990, enquanto as baterias do VEL chegavam a armazenar 40 Wh/kg, a bateria do veículo à gasolina poderia armazenar 13.000 Wh/kg, o que lhe garantia maior alcance de percurso e velocidade.

Dessa forma, Cowan e Hultén (1996) consideram que somente após a introdução da regulação CARB e com os mais de 100 milhões de dólares alocados para P&D em baterias específicas para VELs, tecnologias concorrentes de baterias puderam se mostrar comercialmente viáveis nos últimos anos da década de 1990. Nesse período, como afirmam os autores, as baterias do tipo níquel-cádmio possuíam, então, capacidade para 65 Wh/kg e as do tipo zinco-ar já alcançavam 120 Wh/kg.

A **Tabela 8** mostra a evolução na capacidade de estocagem das baterias elétricas desenvolvidas desde o começo do século XX e a estimativa do USABC (*US Advanced Battery Consortium*) para longo e médio prazos a partir daquele período.

Tabela 8 – Evolução da capacidade de estocagem das baterias elétricas

Tipo	Ano	Capacidade de Estocagem
Chumbo	1901	18 Wh/kg
Chumbo	1943	24 Wh/kg
Chumbo	1950	27 Wh/kg
Chumbo	1978	33 Wh/kg
Níquel-Cádmio	1984	35 Wh/kg (test)
Chumbo	1990	40 Wh/kg
Níquel-Cádmio	1993	55 Wh/kg
Níquel-Cádmio	1995	65 Wh/kg (planned)
USBAC	Objetivo de médio prazo	80 Wh/kg
USBAC	Objetivo de longo prazo	200 Wh/kg
Zinco-Ar	1993	120-300 Wh/kg (test)
Zinco-Ar	Possibilidade teórica	1070 Wh/kg
Alumínio-oxigênio	Possibilidade teórica	4030 Wh/kg
Gasolina		13000 Wh/kg

Fonte: Cowan & Hultén (1996:74).

No entanto, de acordo com Cowan e Hultén (1996), mesmo com a evolução apresentada na tecnologia das baterias dos VELs nesses 90 anos, o USABC, que compreende os três maiores fabricantes de veículos automotores dos EUA e alguns dos principais geradores de energia do país, ainda acredita que a capacidade de estocagem das baterias precisaria ser dez vezes maior do que aquelas comercializadas naquele período para assegurar o sucesso do VEL em todo o mundo.

Além disso, como apontam os autores, não era possível definir até aquele momento a possibilidade de indústria exclusiva de VELs, já que muitos de seus componentes eram fornecidos por outras indústrias, como: a) os motores dos veículos elétricos franceses que eram produzidos pela indústria de caminhões elétricos; b) os chassis e as carrocerias que eram produzidos pela indústria dos veículos à gasolina; e c) os equipamentos de aquecimento que eram, em sua maioria, produzidos pela *Eberspracher*, a mesma fornecedora dos aquecedores dos *Volkswagen Beetle* (p. 73).

Com base nisso, conforme analisam os autores, a indústria dos VELs só alcançaria um novo ciclo virtuoso de produção quando pudesse, ao mesmo tempo, abastecer-se autonomamente de componentes customizados e aumentar o número de unidades

produzidas, o que acarretaria numa diminuição do preço por unidade produzida e num aumento sistêmico da demanda, levando a retornos crescentes de escala.

Além dos avanços técnicos que estimulariam o aumento da demanda pelo VEL, Cowan e Hultèn (1996) apontam, à luz do que foi apresentado sobre os desenvolvimentos mais recentes da indústria do VEL, seis principais fatores que promoveriam o escape do *lock-in* à tecnologia do veículo à gasolina:

i) Crise na tecnologia dominante

Os autores afirmam que não haveria tal sinal, posto que veículos à gasolina ou a diesel permanecem sendo considerados como os melhores meios de transporte privados pela maioria dos consumidores, e essa percepção está muito relacionada ao seu custo. Além disso, um estado estacionário generalizado no progresso técnico dessa indústria torna o veículo à gasolina gradualmente melhor comparativamente, pois o total de recursos destinados à P&D em tecnologia para veículos à gasolina ultrapassa em muito aquele destinado a outras tecnologias.

ii) Regulamentação

Para os autores, a regulamentação é claramente vista como o principal estímulo à indústria dos VELs. Como exemplo, exploram a lei imposta na Califórnia, que se constituiu tanto num instrumento quanto num incentivo para que a indústria automobilística americana passasse a produzir esse tipo de veículo. No entanto, acrescentam que, após alguns avanços tecnológicos alcançados pela indústria de veículos elétricos, no início dos anos 1990, alguns fabricantes de veículos à gasolina reagiram ao sugerirem que seria relativamente mais fácil fabricar veículos com combustível à gasolina mais eficientes do que criar novos VELs, e essa reação aliada aos acordos organizacionais previamente estabelecidos por esses fabricantes poderia criar uma dificuldade ainda maior para a entrada de veículos com tecnologias competitivas nesse mercado.

iii). Ruptura tecnológica produzindo uma (real ou imaginária) redução drástica nos custos

As alterações técnicas dos VELs que ocorreram nos últimos anos do século XX, como novas baterias com uma maior capacidade de estocagem, novos motores elétricos e a diminuição das perdas energéticas, contribuíram para o aumento da performance desses veículos. No entanto, como salientam os autores, no momento em que compunham o artigo

(segunda metade dos anos 1990), não havia nenhuma mudança significativa no que acreditavam ser o principal problema tecnológico do VEL, quer seja, o relativo baixo alcance de velocidade proporcionado por ele, o que significaria alterar seu status de meio de transporte muito localizado e transformá-lo numa tecnologia que poderia competir diretamente com o automóvel pessoal mais difundido nos dias de hoje.

iv) Mudanças nos gostos dos consumidores

Para os autores, de alguma forma esta consideração é central, pois os gostos dos consumidores, em geral, mudaram drasticamente a partir dos 1970 no que se refere à busca por produtos que respeitassem mais o meio-ambiente, o que alterou muitas das políticas incorporadas pelos governos e o direcionamento das investigações científicas.

Apesar de ser considerado um meio de transporte ambientalmente correto, pois não é poluente e é silencioso, devido ao fato de ter sido desenvolvido com base na tecnologia do veículo à gasolina, para ser competitivo, o VEL precisa fornecer todos, ou praticamente todos, os serviços atualmente disponíveis por aquele mercado, mais algum diferencial, que estaria obviamente relacionado à questão ambiental.

A questão, então, segundo os autores, seria identificar quanto do que os veículos à gasolina oferecem os consumidores estariam dispostos a abrir mão para obter benefícios ambientais. Essa questão é incerta porque a preferência pelo ganho ambiental pode entrar em conflito com outros tipos de preferência que estariam atualmente disponíveis apenas no mercado do veículo à gasolina, como autonomia para percorrer longas distâncias, por exemplo.

v) Mercados de nichos voltados a tecnologias não-convencionais

Cowan e Hultèn (1996) consideram que a existência de uma gama de consumidores iniciais (*early adopters*) é bastante benéfica para qualquer tecnologia que esteja tentando encontrar uma fatia do mercado, pois estes formam a fundação da base a ser instalada e promovem a experiência necessária para o aprendizado inicial.

Os autores sugerem que uma maneira efetiva de explorar um grande número de consumidores iniciais é desenvolver uma tecnologia específica a suas necessidades, pois se esta tecnologia tiver grande valor para esses consumidores o problema da adoção inicial estará solucionado. Mas para que essa estratégia seja bem sucedida é necessário, a seu ver, que haja o aprendizado e a escala necessários para tornar a nova (ou adaptada) tecnologia

um competidor factível e, por outro lado, os consumidores devem pressionar os fornecedores por melhorias técnicas e econômicas.

Na opinião dos autores, os mercados estabelecidos para os veículos elétricos, como, por exemplo, os de carros de golf, não conseguiram provocar tal estímulo, pois, não importa quão perfeita seja a tecnologia aperfeiçoada para os carros elétricos de golf, o consumidor interessado em percorrer longas distâncias não se interessará pelo VEL. Similarmente, se a principal preocupação dos consumidores iniciais for ambiental e estes não estiverem interessados nas outras características dos automóveis, eles apenas estimularão os produtores a desenvolverem determinadas características em detrimento de outras.

Assim, Cowan e Hultèn (1996) acrescentam que se, por outro lado, os consumidores iniciais apresentarem variadas razões para a adoção da nova tecnologia, eles passarão aos produtores estímulos diferentes que provocarão variadas melhorias e, por conseguinte, produzirão um aumento na demanda pela tecnologia.

vi) Resultados científicos que auxiliem a indústria do VEL

Cowan e Hultèn (1996) consideram que de fato a indústria do VEL está prosperando em resultados científicos que questionam a eficiência global de tecnologias concorrentes. Parte disso se reflete em pesquisas científicas que atestam que os danos advindos da poluição provocada pelos veículos à gasolina no meio-ambiente são comparativamente maiores do que aqueles provocados por tecnologias concorrentes, o que gera, por conseguinte, a promoção dos VELs.

Assim, os autores julgam que, sem os cientistas mensurando a poluição e estimando seus futuros danos, o VEL poderia ser bem menos interessante. Por outro lado, de acordo com eles, a ciência ainda não conseguiu fornecer as bases para a superação do *lock-in* na indústria automobilística, pois, embora já consiga comprovar que um quilograma de uma bateria de alumínio pode estocar tanta energia quanto 1/3 de um quilograma de gasolina, o problema de como construir essa bateria de alumínio ainda permanece.

Discussão

A preponderância dos fatores técnico-econômicos sobre os sociais é algo que nos chama a atenção na análise de Cowan e Hultèn (1996). Para eles, essas são variáveis tão preponderantes sobre as demais que acabam se tornando premissas quando analisam a

indústria dos meios de transporte da atualidade. Mais do que isso, foram os veículos automotores privativos, na opinião deles, os responsáveis pela mudança da sociedade mundial a partir do século XX e não só os veículos automotores, mas sim, o veículo à gasolina, em especial, com suas vantagens competitivas técnicas (velocidade, percurso e design, principalmente) que estabeleceu muitos dos parâmetros a partir dos quais a sociedade contemporânea pensa os meios de locomoção.

Esses autores se atêm a dois pilares para a promoção do VEL e, por conseguinte, para o escape do *lock-in* nesta indústria: i) avanço técnico-científico, com o desenvolvimento de baterias com maior capacidade de armazenamento energético e a promoção de maior nível de independência, maior velocidade e maiores distâncias percorridas (satisfazendo, assim, à demanda habitual deste mercado consumidor); ii) legislação, que se resume na intervenção dos governos (e não em um debate entre a sociedade organizada – para que se possa traduzir, como querem os autores da ANT, ou expressar os conflitos de interesses, como quer SCOT) que, impondo cotas mínimas para a fabricação de VELs, solucionaria o aprisionamento e desenvolveria automaticamente (ou naturalmente) essa indústria, sem fazer com que dependa diretamente da indústria do veículo à gasolina.

Este modo de entender a mudança tecnológica acaba de certa forma aprisionando os autores a uma perspectiva de que o escape do *lock-in* com relação ao veículo à gasolina deva partir da superação de parâmetros lançados por essa própria tecnologia. Exemplo: ao tratarem da questão técnica, analisam a possibilidade de o VEL, aumentando a capacidade de estocagem de energia em suas baterias, percorrer tão longas distâncias quanto o veículo à gasolina a um alcance de velocidade tão alto quanto o dele e, assim, atender à demanda dos consumidores que, acostumados ao referencial estipulado pelo veículo à gasolina, não abririam mão de certas vantagens técnicas que se apresentam face ao VEL.

Há momentos da análise em que os autores parecem avançar na inserção de fatores sociais interagindo com a tecnologia do veículo automotor. Quando chamam ao debate os *early adopters*, inserem a figura de consumidores que teriam, ao apresentarem suas preferências com relação aos componentes técnicos do VEL (menos poluente ou mais potente ou ambas as preferências) a função de “estimularem” os fabricantes a produzirem VELs de acordo com suas expectativas. No entanto, trazem esta condição (e reconhecem

contraditoriamente isso ao longo do texto) num momento em que as bases dessa tecnologia já haviam sido lançadas há, então, cerca de 90 anos.

Ocorre, portanto, uma divergência metodológica relativa ao *timing* analítico proposto por este trabalho: enquanto as análises sociológicas propostas por SCOT e ANT se atêm aos componentes da construção ou formação tecnológica *a priori* ou *in the making*, a análise da economia evolucionista considera a perspectiva da tecnologia *a posteriori*, quando já é possível serem identificados o ambiente de seleção e uma trajetória tecnológica pré-estabelecidos. Essa é uma diferença muito importante e está relacionada ao momento da disputa paradigmática.

Com isso, é possível dizer que apesar de Cowan e Hultèn (1996) buscarem elementos que afastem essa tecnologia do *lock-in*, o fazem no estágio em que reconhecem que as estruturas que a compõem (técnicas, econômicas e políticas) já estejam engessadas o suficiente para inviabilizarem esse avanço, sendo necessária, portanto, a aplicação de normas ambientais, através de processos regulatórios que, compulsoriamente, definam (“estimulem”) o desenvolvimento de uma indústria de VELs.

Assim sendo, é possível dizer que há pontos importantes nessa análise a serem considerados, principalmente aqueles relacionados aos fatores sociais que permeiam todo o processo de desenvolvimento dos VELs. Para tanto, são propostos, conforme descrito na **Tabela 9**, alguns pontos analíticos das abordagens SCOT e ANT que complementariam a análise dos economistas sobre o VEL.

Tabela 9 - Pontos analíticos complementares para o caso da abordagem EE

	Principais Características	Pontos Fracos	Pontos complementares das outras abordagens	
			SCOT	ANT
Abordagem EE: o caso do veículo elétrico	(1) Ambiente de Seleção/ Seleção natural	Os fatores técnico-econômicos, regidos pela lógica organizacional e de mercado que se apresentaram na origem do mercado automobilístico foram responsáveis pela “escolha”, estabilização e <i>lock-in</i> da tecnologia do veículo à gasolina, com isso, os autores eliminam qualquer caráter do trabalho humano em sua análise.	Inserir GSR e contexto tecnológico mais amplo, mais especificamente dos interesses de outros grupos sociais que não exclusivamente os grupos organizacionais, como o posicionamento de ONGs ambientais, p. e., agregando a influência que os diferentes tipos de interpretações e conflitos de interesses possuem no fechamento e estabilização do artefato.	Explorar a emergência de novas redes com seus elementos heterogêneos e atores sociais organizados traduzindo seus interesses em tecnologias automotivas alternativas.
	(2) Trajetórias tecnológicas/ Paradigmas tecnológicos		(a) Poder: fatores técnico-econômicos e pontos obrigatórios de passagem fixaram os significados associados ao artefato. (b) Flexibilidade Interpretativa e Mecanismos de Fechamento: questionamentos relacionados ao veículo à gasolina poderiam ser considerados como um processo de redefinição dos constrangimentos técnicos do VEL.	(a) Formação de redes estáveis (b) Tradução: poderia de configurar num elemento associado aos mecanismos pelos quais os questionamentos sobre o veículo à gasolina poderiam alterar a trajetória tecnológica e escapar do paradigma daquela indústria.
	(3) <i>Path-dependence</i> , Irreversibilidade e <i>Lock-in</i>		(a) Flexibilidade interpretativa: possibilidade de reversão do <i>lock-in</i> com base na redefinição do problema original, ou seja, dos constrangimentos técnicos relativos à incapacidade de percorrer longas distâncias. (b) Inclusão de diferentes estruturas tecnológicas aplicadas à resolução do problema, não necessariamente relacionadas à estrutura tecnológica trilhada em momento anterior.	(a) Negociabilidade da tecnologia: tradução dos interesses dos diversos atores, que, voltados a tecnologias automotivas alternativas, poderiam incentivar a produção em massa de VELs; e, com isso, escapar do <i>lock-in</i> . (b) Possibilidade de reversão das escolhas tomadas em momento anterior.

O primeiro item da **Tabela 9** apresenta os conceitos de **ambiente de seleção e seleção natural**, a partir dos quais Cowan e Hultèn (1996) atribuem aos fatores técnico-econômicos, regidos pela lógica organizacional e de mercado, a responsabilidade pela escolha e estabilização da tecnologia do veículo à gasolina em detrimento do VEL. Com isso, os autores eliminam qualquer importância dos processos sociais.

Com base na abordagem SCOT, é possível inserir os conceitos de GSR e de contexto mais amplo, mais especificamente dos interesses de outros grupos sociais que não exclusivamente os grupos organizacionais, como o posicionamento de ONGs ambientais, p. e. A inclusão desses conceitos agregaria uma compreensão maior dos diferentes tipos de interpretações e de conflitos de interesses relacionados ao artefato, que influenciariam o alcance do fechamento e da estabilização de tecnologias automobilísticas alternativas.

Tomando como referência a abordagem ANT, os autores mencionam a formação de duas principais redes que se estabeleceram em torno da indústria automobilística e que foram de extrema importância para os rumos tomados tanto na origem, quanto na consolidação da indústria de veículos à gasolina.

Na origem da indústria automobilística, destacam a presença de elementos, como a) a *Electric Vehicle Company* e os produtores de veículos elétricos; b) Thomas Edison, representando o papel de técnicos e engenheiros relacionados ao artefato; c) a patente “Selden”, que se configurou num trunfo para a conformação da indústria Ford de veículos à gasolina; e d) a variável preço, que foi fundamental para a disseminação do veículo à gasolina nos primeiros momentos daquela indústria.

Já no segundo momento, os autores apontam: a) a criação de redes de postos de abastecimento à gasolina; b) o crescimento da indústria de refino de petróleo; e c) o surgimento de uma rede de assistência auto-mecânica especializada nesse tipo de veículo, que deram sustentação e permitiram a consolidação da indústria de veículos à gasolina.

Apesar de considerarem elementos heterogêneos na composição dessas redes, e, portanto, de se aproximarem do conceito de redes de atores da ANT, Cowan e Hultèn (1996) desconsideram elementos importantes para essa abordagem como a forma como esses atores conseguiram traduzir seus interesses e mobilizar os demais atores em direção a eles, ou, em contrapartida, considerar como esses atores poderiam mobilizar a rede para escapar do *lock-in* e se voltarem para tecnologias automotivas alternativas.

O segundo item da **Tabela 9** apresenta os conceitos de **trajetórias tecnológicas e paradigmas tecnológicos**. A trajetória tecnológica da indústria automobilística nos 90 anos tratados pelos autores foi exclusivamente determinada por fatores técnico-econômicos, como as estratégias de negócios (conformação de alianças com a indústria de refino de petróleo e distribuição e com de uma rede de assistência auto-mecânica especializada nesse tipo de veículo), as vantagens técnicas e os preços mais baixos dos veículos à gasolina quando comparados ao VEL.

Vê-se, com base nisso, que é possível complementar a análise dessa trajetória com conceitos da SCOT, como:

a) poder, pois os fatores técnico-econômicos acima citados acabaram fixando os significados associados ao veículo à gasolina e os pontos de passagem obrigatórios criados com alianças com a indústria de refino de petróleo e distribuição e com de uma rede de assistência auto-mecânica especializada nesse tipo de veículo são por si só um exemplo de poder porque eles disciplinaram efetivamente a interação dos atores, reforçando essa trajetória e iniciando o processo de estabilização tecnológica e, portanto, da conformação do paradigma tecnológico.

b) flexibilidade interpretativa, já que os questionamentos relacionados ao veículo à gasolina que surgiram no início dos anos 1970 poderiam ser considerados como um processo de redefinição do problema relacionado aos constrangimentos técnicos do VEL, podendo, assim, afastar a indústria automobilística da rigidez da trajetória relacionada ao veículo à gasolina.

Além desses conceitos da SCOT, podemos agregar os conceitos da ANT de:

a) formação de redes estáveis, de acordo com o já citado acima, e;

b) tradução, pois, devido ao fato de não se aterem aos conflitos de interesses entre os atores-chave no momento da criação dos veículos automotores, os autores acabam não questionando o modo como cada grupo de fabricantes traduzia seus projetos e como ganhava credibilidade. Para eles, o fator fundamental no processo concorrencial entre as tecnologias foi, num primeiro momento, a variável preço e, em seguida, as assimetrias técnicas que se formavam entre os três tipos de veículos.

Além disso, o componente tradução também poderia de configurar num elemento associado aos mecanismos pelos quais os questionamentos sobre o veículo à gasolina

poderiam alterar a trajetória tecnológica e escapar do paradigma daquela indústria, caso atores interessados no desenvolvimento do VEL conseguissem mobilizar os demais atores dessa rede.

O terceiro item da **Tabela 9** apresenta os conceitos de *Path-dependence*, **Irreversibilidade e Lock-in**. Os fatores técnico-econômicos, de acordo com Cowan e Hultèn (1996), fortaleceram e consolidaram a indústria de veículos à gasolina de tal forma que mesmo os questionamentos sociais e ambientais relacionados a essa tecnologia não conseguiram abalar a sua trajetória, levando, assim, ao estabelecimento do paradigma e ao alcance do *lock-in* dessa tecnologia. Esses fatores estruturaram e estabilizaram as estruturas tecnológicas relacionadas aos artefatos e tornaram seus embricamentos mais obstinados, ou, como quer ANT, levaram a um processo de irreversibilidade da tradução dos interesses relacionados a elas.

Para escapar desse aprisionamento, os autores sugerem a introdução de componentes regulatórios ou o alcance da superação da capacidade de estocagem energética das baterias elétricas disponíveis no mercado.

Também com relação a esses conceitos, podemos incluir, com base na abordagem SCOT, os conceitos de:

a) flexibilidade interpretativa, pois abre a oportunidade para que a o *lock-in* seja revertido com base na redefinição do problema original relacionado ao VEL, ou seja, dos constrangimentos técnicos relativos à incapacidade de percorrer longas distâncias, e, complementarmente, com;

b) inclusão de diferentes estruturas tecnológicas aplicadas à resolução do problema, não necessariamente relacionadas à estrutura tecnológica trilhada em momento anterior.

Por outro lado, a abordagem ANT complementa os conceitos da abordagem EE ao considerar: a) o caráter de negociabilidade da tecnologia, que ocorre com a tradução dos interesses dos diversos atores, que, voltados a tecnologias automotivas alternativas, poderiam incentivar a produção em massa de VELs; e, com isso, ocasionar o escape do *lock-in*; b) a possibilidade de reversão das escolhas tomadas em momento anterior.

Com base na revisão desses estudos de caso, é possível perceber que as três abordagens exploradas nessa dissertação são bastante complexas no sentido da atribuição de pontos analíticos sugeridos à mudança tecnológica. Todas reconhecem a não linearidade

da produção tecnológica e a interveniência de diferentes atores e formas de conhecimento durante esse processo. Além disso, EE, SCOT e ANT possuem tanto pontos similares de análise (pontos esses que, a despeito de seus vieses particulares, caminham em linhas paralelas no mesmo sentido e direção), quanto pontos que se complementam e permitem superar as fragilidades analíticas apresentadas pelas demais.

Nesse sentido, é possível reconhecer que a busca pela sinergia analítica em casos de produção tecnológica que se baseiam num referencial tanto econômico quanto sociológico deve ser estimulada para que o objeto de estudo adquira contribuições de enfoques diversos, amplos e consistentes, garantindo, com isso, que grande parte das faces e fases do processo sejam de fato exploradas.

CONCLUSÕES

O modo como a dinâmica da produção tecnológica é analisada tem evoluído muito desde a segunda metade do século passado. O reconhecimento da impossibilidade de observarem-se as etapas do processo inovativo separadamente fez com que surgissem modelos interativos de análise que divergem significativamente dos modelos lineares precedentes. Apesar de ser reconhecida a importância em se analisar a interação entre os processos científicos e tecnológicos, pouco avanço foi alcançado em direção a metodologias multidisciplinares de análise, em especial, da interação entre os domínios econômico e social.

Nesta dissertação introduzimos uma ampla discussão a respeito dos diferentes caracteres conceituais e metodológicos da Economia e da Sociologia concernentes aos processos de produção tecnológica. Para tanto, foram revisadas a abordagem da Economia Evolucionista, da *Social Construction of Technology* e da *Actor Network Theory*.

A EE, em especial, afasta-se do pensamento ortodoxo no qual impera a análise estática da produção tecnológica baseada no modelo de função de produção, para desenvolver a idéia de que a produção tecnológica se origina de um ambiente concorrencial permeado pela incerteza, fruto de um processo estocástico e de desequilíbrio contínuo. Assim, para essa escola de pensamento, a inovação é tida como peça principal da dinâmica capitalista e resultante de um processo bastante dinâmico, quase vivo, e que, portanto, encontra paralelos em referenciais teóricos como o da Biologia.

Com base nisso, foram introduzidos pela abordagem EE conceitos emprestados da teoria darwiniana de seleção natural para a compreensão dos fatores determinantes do processo inovativo, como: a) rotinas, que cumprem o papel dos genes nas firmas inovadoras; b) ambiente de seleção, que determina de que forma o uso relativo de diferentes tecnologias muda com o passar do tempo; d) trajetórias naturais/tecnológicas, que expressam dado *momentum interno* da mudança tecnológica; e) regimes/paradigmas tecnológicos, que são os sinalizadores de certas direções nas quais o progresso tecnológico se torna possível; além de conceitos como, f) *path-dependence*, irreversibilidade, *lock-in*; g) projeto dominante, que é aquele que adquire a fidelidade do mercado; h) inovações incrementais/radicais/revolucionárias; e i) SNIs/SSIs.

Mesmo tendo avançado no sentido de explorar a caixa preta da inovação tecnológica, esses conceitos da EE não foram capazes de suprir determinadas deficiências relacionadas, principalmente, ao fato de englobarem explicações de cunho estritamente econômico, atendo-se majoritariamente a uma visão institucionalizada e pré-definida do papel dos agentes e negligenciando a influência dos fatores sociais no processo de produção tecnológica.

Como contrapartida, introduzimos a revisão da abordagem SCOT, que atribui ao ambiente social, mais especificamente aos GSRs, o papel de construtores da tecnologia, que é, portanto, direcionada estritamente por processos sociais e não por qualquer lógica tecnológica inerente. De acordo com SCOT, o design final é atingido quando se dá o fechamento e a subsequente estabilização das controvérsias tecnológicas, ou seja, quando há o alcance do consenso entre grupos que denotam diferentes significados ao artefato, num processo denominado flexibilidade interpretativa.

Outros componentes importantes para o alcance do fechamento, são encontrados na literatura SCOT nos conceitos de a) estruturas tecnológicas, que se constituem nos diferentes conceitos, objetivos e técnicas empregados no processo de construção do artefato; b) nos diferentes graus de inclusão que os GSRs possuem associados a essas estruturas tecnológicas e; c) no poder, responsável pelo processo de fixação de significados ao artefato. Desse último conceito, deriva o caráter de obstinação da construção da tecnologia, já que a fixação de significados limita a flexibilidade de significados subsequentes, tornando seus embricamentos mais obstinados.

Apesar de avançarem na caracterização sociológica do processo de produção da tecnologia distanciando-se da idéia de que a mudança tecnológica deriva de uma trajetória natural, SCOT não escapa de críticas relacionadas aos conceitos que a fundamentam. Essas críticas estão direcionadas pela literatura principalmente ao fato de que não oferecem uma análise sócio-econômica sobre os GSRs, que são tomados como grupos sociais com interesses coerentes e homogêneos, e, portanto, não oferecem uma análise profunda sobre as assimetrias de poder que se conformam entre eles. Além desse, outro ponto questionado se refere ao fato de que para SCOT o fechamento sempre se dá a partir do alcance do consenso entre GSRs. No entanto, a abordagem falha no provimento de ferramentas para a análise de como a controvérsia entre diferentes grupos é efetivamente resolvida.

Além da SCOT, inserimos outra abordagem proveniente da Sociologia, a abordagem ANT, que nos oferece uma análise sistêmica da produção tecnológica, baseada na existência de atores, humanos e não-humanos, e elementos heterogêneos, que se aliam ao redor de um projeto específico, elegendo um representante (ou porta-voz), que traduz os diferentes interesses relacionados a ele, convencendo os demais atores da importância e viabilidade de determinado artefato tecnológico em detrimento de artefatos concorrentes.

Assim, diferentemente da SCOT, ANT considera que o design final do artefato emerge não apenas porque ocorre o alcance do consenso entre GSRs, mas, da mesma forma e com a mesma intensidade, devido à participação de atores heterogêneos e inanimados. Além disso, o conceito de tradução sanaria a falha em se tratar imparcialmente os diferentes protagonistas inseridos em contextos de produção tecnológica, mesmo que um entre eles consiga impor sua vontade perante os demais.

Com base nisso, os autores da ANT reconhecem quatro principais etapas do processo de tradução: i) processo de problematização, em que ocorrem a definição do problema e o estabelecimento dos pontos de passagem obrigatórios para a solução do mesmo; ii) processo de atração, através do qual os atores buscam aprisionar outros atores em respectivos papéis propostos, criando mecanismos que possam ser colocados entre eles e outros atores que queiram definir suas identidades de uma outra forma; iii) processo de envolvimento, que define e atribui uma gama de papéis inter-relacionados aos atores que os aceitaram; iv) processo de mobilização, a partir do qual o porta-voz, que irá representar os interesses da coletividade, é eleito. Similarmente ao conceito de obstinação, da SCOT, e aos conceitos de *path-dependence*, irreversibilidade e *lock-in*, da EE, o processo de tradução fixa alianças em dada rede, tornando-a estável e originando o processo de irreversibilidade das escolhas tomadas em momento anterior.

É possível concluir com base nessa breve sumarização, que as três abordagens possuem interfaces que não podem ser desconsideradas e, portanto, pontos de análise que se complementam e que garantem, caso utilizados em conjunto, uma apreciação mais abrangente e ampla em estudos de caso de produção de tecnologias.

Além de existirem conceitos que são bastante similares, como a) os acima citados *path-dependence*, irreversibilidade e *lock-in*, da EE; obstinação, da SCOT e irreversibilidade da tradução, da ANT; b) os conceitos de regimes tecnológicos, da EE e

estruturas tecnológicas, da SCOT; e c) SNIs/SSIs, da EE, GSR, da SCOT e redes, da ANT; há conceitos que se complementam de forma a sanar as fragilidades analíticas das outras abordagens.

Com relação à primeira gama de conceitos similares, por exemplo, EE oferece o conceito de inovações radicais ou revolucionárias, que são capazes de alterar os estados rígidos alcançados em momento anterior, atribuindo mudanças intensas em um determinado sistema econômico, inclusive causando uma ruptura nos padrões anteriormente estabelecidos. Por sua vez, o conceito de graus de inclusão e a possibilidade de redefinição do problema, da SCOT, permitem a agregação de diferentes estruturas tecnológicas aplicadas à resolução do problema, não necessariamente relacionadas à estrutura tecnológica trilhada em momento anterior, com isso, também afastando-se do caráter rígido que aqueles conceitos atribuem à produção do artefato. Já a abordagem ANT considera o caráter de negociabilidade da tecnologia e a possibilidade de reversão das escolhas tomadas em momento anterior como atributos das redes também capazes de reverter o enrijecimento das etapas do processo de produção tecnológica.

Além disso, por parte da abordagem EE podemos mencionar, como já exposto no segundo capítulo desta dissertação, os conceitos de a) ambiente de seleção e seleção natural como complemento aos conceitos de GSR e contexto mais amplo, da SCOT, e ao conceito de redes, da ANT; b) trajetórias naturais e trajetórias tecnológicas, complementares ao conceito de tradução da ANT; c) regimes tecnológicos e paradigmas tecnológicos, complementares aos conceitos de fechamento e estabilização, da SCOT, e tradução, da ANT

Por parte da abordagem SCOT, os conceitos de a) GSR e contexto mais amplo, que podem ser complementares, além dos conceitos de ambiente de seleção e seleção natural, da EE, aos conceitos de redes e atores, da ANT; b) flexibilidade interpretativa e controvérsias tecnológicas, aos conceitos de trajetórias naturais e trajetórias tecnológicas, da EE, e; c) fechamento e estabilização, aos conceitos de ambiente de seleção/seleção natural e trajetórias naturais/ trajetórias tecnológicas, da EE.

Já a abordagem ANT oferece os conceitos de a) redes, que complementa os conceitos de ambiente de seleção e de trajetórias naturais/trajetórias tecnológicas, da EE, e b) tradução, que devido ao fato de ser o principal elemento viabilizador do processo de

produção da tecnologia, complementa a maioria dos conceitos da EE, como ambiente de seleção/seleção natural, trajetórias naturais/trajetórias tecnológicas e regimes tecnológicos/paradigmas tecnológicos; e da SCOT, como GSR/contexto mais amplo, flexibilidade interpretativa/controvérsias tecnológicas e fechamento/estabilização.

A sugestão dessas complementações foi aplicada aos casos apresentados no **Capítulo 3**, que exploram a produção de tecnologias provenientes da matriz energética elétrica sob o ponto de vista de cada uma das abordagens apresentadas. Apesar de serem casos de tecnologias similares, o primeiro tratando do surgimento do refrigerador elétrico nos Estados Unidos e os outros dois da criação do veículo elétrico, um na França e outro também nos Estados Unidos, os pontos de enfoque analíticos são bastante diferentes.

Nos casos tratados pelas abordagens provenientes da Sociologia, o enfoque se deu no período de construção das tecnologias em que foram se apresentando os embates de forças entre os GSR (ou atores) relacionados à criação dos respectivos artefatos, atores esses que designavam a eles seus respectivos interesses, até o momento em que se alcançam, no caso do refrigerador elétrico, especificamente, os processos de fechamento e de estabilização, ou até o momento em que as alianças entre os atores da rede se enfraquecem e o fechamento do artefato não é alcançado, no caso do VEL.

Por outro lado, no caso do veículo elétrico tratado pela abordagem EE, os economistas preferiram fazer uma revisão da trajetória da indústria automobilística desde final do século XIX para compreender as razões do *lock-in* que se estabeleceu no paradigma do veículo à gasolina, para então prescreverem soluções para se escapar desse aprisionamento, que se baseavam, principalmente, em regulamentações favoráveis à produção em massa de automóveis não poluentes como o VEL.

Similarmente, as três abordagens tratam de embates entre tecnologias concorrentes (apesar de EE não se focar nesse aspecto da análise): refrigerador a gás vs. elétrico e veículo à gasolina vs. VEL, em que uma tecnologia é eleita (ou torna-se paradigmática) a despeito da outra. Assim, todas as três abordagens se diferenciam da linearidade e admitem que, no momento da fixação de uma dada tecnologia, existem opções tecnológicas possíveis. No entanto, as diferentes explicações encontradas para o sucesso ou fracasso dessas tecnologias são justamente o componente que faz com que cada uma das abordagens possa, de alguma forma, complementar a análise da outra.

Assim, enquanto no caso do refrigerador elétrico da SCOT, as estratégias organizacionais de penetração no mercado de refrigeração encabeçadas pela GE, somadas às controvérsias tecnológicas relacionadas ao fato de que o refrigerador a gás utiliza amônia, foram os fatores responsáveis pelo sucesso da refrigeração elétrica. No caso do VEL, por parte da ANT, o fracasso ocorre pela incapacidade da EDF em traduzir seus interesses ao demais atores da rede francesa e, por parte da EE, devido às estratégias organizacionais dos fabricantes de veículos à gasolina, às vantagens técnicas e aos preços mais baixos deste quando comparado ao VEL.

Porém, é facilmente aceitável que nos três casos as razões para o fechamento do artefato sejam uma soma dessas três distintas razões, já que o refrigerador elétrico foi o design eleito, por exemplo, não só devido às controvérsias tecnológicas relacionadas ao artefato concorrente e às estratégias organizacionais da GE (já se aproximando bastante das razões encontradas pela EE para o sucesso do veículo à gasolina), baseadas na conformação de alianças com centrais elétricas e com uma rede de assistência técnica especializada nesse tipo de artefato, mas também porque a GE conseguiu traduzir aos demais atores da rede seus interesses relacionados a ele (diferente do que ocorre com a EDF no caso VEL, de acordo com a análise da ANT), mobilizando-os em direção a eles.

Ao mesmo tempo em que dado enfoque analítico pode ser reconhecido de formas diferentes pelas três abordagens, também pontos de análise fracos podem ser fortalecidos a partir da incorporação de conceitos e ferramentas das demais abordagem. Assim, onde EE não reconhece a possibilidade de outras formas de escape do *lock-in*, que não através de processos regulatórios, por exemplo, SCOT e ANT agregam o caráter de flexibilidade interpretativa e de negociabilidade da tecnologia, e a possibilidade de inclusão em diferentes estruturas tecnológicas e de reversão das escolhas tomadas em momento anterior, para indicar a possibilidade do estabelecimento de interesses em torno de tecnologias automotivas alternativas e, com isso, do escape do aprisionamento em torno do veículo à gasolina.

Por sua vez, onde ANT apenas reconhece o papel do componente tradução na determinação do fracasso do VEL, EE vislumbraria que o fracasso do VEL fosse fruto da trajetória natural da indústria automobilística na qual o veículo à gasolina assume, devido a fatores organizacionais, técnicos e econômicos, a posição de paradigma tecnológico em

detrimento do VEL; e a abordagem SCOT reconheceria na ausência de consenso nas controvérsias tecnológicas, bem como nos diferentes graus de inclusão na estrutura tecnológica do VEL, o fracasso da rede estabelecida em torno do projeto da EDF.

Dessa forma, a principal defesa dessa dissertação é a de que o invés de termos que nos deparar com o *trade-off* de escolha analítica em casos de produção tecnológica entre ferramentas de cunho estritamente econômico *versus* ferramentas de cunho estritamente sociológico, que tendem a ser tradicionalmente vistas de maneira inconciliável, possamos acatar metodologias multidisciplinares de análise, que nos permitirão reconhecer as diferentes faces (e fases) de um mesmo processo, garantindo uma caracterização mais ampla e abrangente do objeto analisado.

BIBLIOGRAFIA

- AKRICH, M.; CALLON, M.; LATOUR, B. The Key to Success in Innovation Part I: the art of intersement, *International Journal of Innovation Management*, v. 6, n. 2, 2002a, pp. 187–206.
- _____. The Key to Success in Innovation Part II: the art of choosing good spokespersons, *International Journal of Innovation Management*, v. 6, n. 2, 2002b, pp. 207–225.
- BIJKER, W. The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention. In: BIJKER, W.; HUGHES, T.; PINCH, T. *The Social Construction of Technological Systems – New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge: MIT, 1987.
- _____. *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge, MA & London: MIT Press, 1995.
- BLOOR, D. *Knowledge and Social Imagery*. London: Routledge & Kegan Paul, 1976.
- BRUUN, H.; HUKKINEN, J. Crossing Boundaries: An Integrative Framework for Studying Technological Change, *Social Studies of Science*, n.33, v. 1, pp. 95–116, 2003.
- CALLON, M. The State and Technical Innovation: a case study of the electrical vehicle in France, *Research Policy*, n. 9, pp. 358-376, 1980.
- _____. Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fisherman of St Briec Bay. In: LAW, J. *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?* London: Routledge & Kegan Paul, 1986.
- _____. Society in the Making: the study of technology as a tool for sociological analysis. In: BIJKER, W.; HUGHES, T.; PINCH, T. *The Social Construction of Technological Systems – New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge: MIT, 1987.
- _____. (Org.). *La Science et ses Réseaux: genèse et circulation des faits scientifiques*. Paris: La Découverte, 1989, pp.7-33.
- _____. The Dynamics of Techno-Economic Networks. In: COOMBS, R.; SAVIOTTI, P.; WALSH, V. *Technical Change and Company Strategies: economic and*

- sociological perspectives*. London: Harcourt Jovanovich, 1992, pp. 72-102.
- _____; LATOUR, B. Unscrewing the Big Leviathan: How Actors Macro-structure Reality and How Sociologists Help Them To Do So. In: CICOUREL, A.; KNORR-CETINA, K. (Eds.) *Advances in social theory and methodology*. Routledge & Kegan Paul, 1981.
- CLAYTON, N. SCOT: Does it answer? *Technology and Culture*, n. 2, v. 43, pp. 351-360, 2002.
- COOMBS, R.; SAVIOTTI, P.; WALSH, V. Technology and the Firm: the convergence of economic and sociological approaches? In: COOMBS, R.; SAVIOTTI, P.; WALSH, V. *Technical Change and Company Strategies: economic and sociological perspectives*. London: Harcourt Jovanovich, 1992.
- COWAN, ROBIN; HULTÉN, STAFFAN. Escaping Lock-in: The case of Electric Vehicle, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 53, pp. 61-79, 1996.
- COWAN, RUTH. How the refrigerator got its hum. In MACKENZIE, D.; WAJCMAN, J. (Eds). *The social shaping of technology: how the refrigerator got its hum*. Open University Press, Milton Keynes, 1993, pp. 202-218.
- DAVID, P. Clio and the Economics of QWERTY. *American Economic Review AEA Papers and Proceedings*, v. 75, pp. 332-337, 1985.
- DOSI, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories: a suggested interpretation of the determinants of technological change, *Research Policy*, v. 11, pp. 147-62, 1982.
- DOSI, G. *et al* (Eds.) *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 1988.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The Dynamics of Innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations, *Research Policy*, v. 29, pp. 109-123, 2000.
- FREEMAN, C. Prometheus Unbound. *Futures*, vol. 16, n. 5, pp. 495-507, 1984.
- FREEMAN, C. Japan: a New System of Innovation. In: DOSI, G. *et al* (Eds.). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers, 1988.
- FRICKEL, S. Engineering Heterogeneous Accounts: the case of Submarine Thermal Reactor Mark 1, *Science, Technology and Human Values*, v. 21, n. 1, pp. 28-53, 1996.

- GIBBONS, M.; LIMOGES, C.; NOWOTNY, H.; SCHWARTZMAN, S.; SCOTT, P.; TROW, M. (Eds.) *The New Production of Knowledge – The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: Sage, 1994.
- HARD, M. Beyond Harmony and Consensus: a social conflict approach to technology, *Science, Technology and Human Values*, v. 18, n. 4, pp. 408-432, 1993.
- KLEIN, H.; KLEINMAN, D. The Social Construction of Technology: Structural Considerations, *Science, Technology, & Human Values*, v. 27, n. 1, pp. 28-52, 2002.
- KLINE, S.; ROSENBERG, N. An Overview of Innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (Eds.) *The Positive Sum Strategy*. Washington, DC: National Academy of Press, 1986.
- KLINE, S. Models of Innovation and their Policy Consequences. In: INOSE, H., KAWASAKI, M. & KODAMA, F. (Eds.) *Science and Technology Policy Research “What should be done?” “What can be done?”*, The Proceedings of the NISTEP International Conference on Science and Technology Policy Research. Tokyo, Japan: Mita Press, 1991.
- KUHN, T. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1975.
- LAPLANE, M. Inovações e dinâmica capitalista. In: CARNEIRO, R. (org.). *Os clássicos da economia*. São Paulo: Ed. Ática, 1997.
- LATOUR, B. Give Me a Laboratory and I Will Raise the World. In: Knorr-Cetina, K.; MULKAY, M. *Science Observed – perspectives on the Social Study of Science*. London: Sage, 1983.
- _____. The Powers of Association. In: LAW, J. (Ed.) *Power, Action and Belief: a New Sociology of Knowledge?* London, Boston and Henley, Routledge and Kegan Paul, 1986.
- _____. The Trouble with Actor-Network Theory, *Danish Philosophy Journal*, v. 25, n. 3 e 4, pp. 47-64, 1997.
- _____. On Recalling ANT. In: LAW, J.; HASSARD, J. (Org.) *Actor Network Theory and After*. Oxford: Blackwell Publishers, 1999.
- LAW, J. On the Methods of Long-distance Control: Vessels, navigation and the Portuguese Route to India. In: LAW, J. *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?* London: Routledge & Kegan Paul, 1986.

- _____. Technology, Closure and Heterogeneous Engineering: the Case of the Portuguese Expansion. In: BIJKER, W.; HUGHES, T.; PINCH, T. *The Social Construction of Technological Systems – New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge: MIT, 1987.
- _____. Notes on the Theory of the Actor Network: Ordering, Strategy, and Heterogeneity, *Systems Practice*, v. 5, n. 4, 1992.
- LUNDEVALL, B. Innovation as an Interactive Process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (Eds.) *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 1988.
- _____. *National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. Londres: Printer Publisher, 1992.
- MACKENZIE, D. Economic and Sociological Explanation of Technical Change. In: COOMBS, R.; SAVIOTTI, P.; WALSH, V. *Technical Change and Company Strategies: economic and sociological perspectives*. London: Harcourt Jovanovich, 1992.
- MACKENZIE, D.; WAJCMAN, J. (Orgs.). *The Social Shaping of Technology*. Milton Keynes: Open University Press, 1985.
- MALERBA, F. Sectoral Systems of Innovation and Production. *Research Policy*, v. 31, 247-264, 2002.
- MARX, K. *O Capital: Crítica da Economia Política*. São Paulo: Abril Cultural, 1985. Coleção Os Economistas.
- NELSON, R.; WINTER, S. In Search of Useful Theory of Innovation, *Research Policy*, v. 6, pp. 36-76, 1977.
- _____. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
- NELSON, R.; ROSENBERG, N. *National Innovation Systems – A comparative analysis*. New York, Oxford: Oxford University Press, 1993.
- OCDE. *Technology and the Economy – The Key Relationships*. Paris, 1992.
- PINCH, T.; BIJKER, W. The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. In: BIJKER, W.; HUGHES, T.;

- PINCH, T. *The Social Construction of Technological Systems – New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge: MIT, 1987.
- _____. SCOT Answers, Other Questions – A Reply to Nick Clayton, *Technology and Culture*, n. 2, v. 43, pp. 361-369, 2002.
- POSSAS, M. L. Em Direção a um Paradigma Microdinâmico: a Abordagem Neoschumpeteriana. In: AMADEO, E. (org.) *Ensaio sobre Economia Política Moderna: teoria e história do pensamento econômico*. São Paulo: Marco Zero, 1988.
- POSSAS, S. Concorrência e competitividade – Notas sobre estratégia e dinâmica seletiva na economia capitalista. São Paulo: Hucitec, 1999.
- ROSEN, P. The Social Construction of Mountain Bikes: Technology and Postmodernity in the Cycle Industry, *Social Studies of Science*, v. 23, n. 3, pp. 479–513, 1993.
- _____. Of Artifacts, Analysis and Alliteration: Theory and Politics in Constructivist Technology Studies, *Social Studies of Science*, v. 26, n. 3, pp. 705-711, 1996.
- ROSENBERG, N. *Perspectives on Technology*. New York: Cambridge University, 1976.
- _____. *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- RUSSELL, S. The Social Construction of Artefacts: A Response to Pinch and Bijker, *Social Studies of Science*, v. 16, pp. 331-46, 1986.
- SCHUMPETER, J. *A Teoria do Desenvolvimento Econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982. [Ed. orig. 1912]
- _____. *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1984. [Ed. orig. 1942]
- SINGLETON, V.; MICHAEL, M. Actor-Networks and Ambivalence: General Practitioners in the UK Cervical Screening Program, *Social Studies of Science*, v. 23, n. 2, pp. 227-264, 1993.
- STAR, L. Introduction: Special issue on sociology of science and technology. *Social Problems*, v. 35, n. 3, 1988.
- UTTERBACK, J. *Dominando a Dinâmica da Inovação*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.
- VERGRAGT, P. The Social Shaping of Industrial Innovations, *Social Studies of Science*, v. 18, pp. 483-513, 1988.

WILLIAMS, R.; EDGE, D. The Social Shaping of Technology, *Research Policy*, v. 25, pp. 856-899, 1996.

WINNER, L. Upon Opening the Black Box and Finding It Empty: Social Constructivism and the Philosophy of Technology, *Science, Technology and Human Values*, v. 18, n. 3, pp. 362-378, 1993.