

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA**

**Fabício Monteiro Neves**

***BÍOS E TECHNÉ*: ESTUDO SOBRE A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA  
DE BIOTECNOLOGIA PERIFÉRICO**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Sociologia.

Orientador: Clarissa Eckert Baeta Neves  
Co-orientador: Renato de Oliveira

Porto Alegre 2009  
**FABRÍCIO MONTEIRO NEVES**

***BÍOS E TECHNÉ: ESTUDO SOBRE A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE BIOTECNOLOGIA PERIFÉRICO***

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Sociologia.

---

ORIENTADOR: DR<sup>a</sup>. Clarissa Eckert Baeta Neves – UFRGS

---

CO-ORIENTADOR: DR. Renato de Oliveira – UFRGS

---

DR. Evando Mirra de Paula e Silva – CGEE

---

DR. Léo Peixoto Rodrigues – PUC-RS

---

DR. Jalcione Pereira de Almeida – UFRGS

*Dedico esta tese ao meu pai, Júlio, e à  
minha mãe, Maria; aos meus irmãos, Cacá,  
Bubu e Fred.*

*Especialmente, dedico à Tainá, que não  
pôde ter, neste período, um cachorrinho.*

## AGRADECIMENTO

À professora Clarissa Neves, pela liberdade de investigação, pela troca intelectual irrestrita e pelo incentivo ao aprofundamento em temas ainda não consolidados no Brasil.

Ao professor Renato de Oliveira, pelas instigantes aulas e pelos comentários críticos que no momento crucial direcionaram incertezas teóricas e empíricas.

Ao professor Jalcione Almeida, pela construção de um ambiente realmente acadêmico de discussão, por meio do grupo TEMAS (Tecnologia, Meio Ambiente e Sociedade), estendo, portanto, os agradecimentos aos amigos e interlocutores que lá fiz.

Aos líderes de pesquisa, pela cordialidade e disponibilidade na entrevista.

Ao Adriano Premebida, Cristiane Amaro e Hélio Aguilar, sem os quais a vida acadêmica não valeria tanto a pena.

À Rogério, Heraida, Debie, Lipe, Dênis, Hélio e Cidriana, Dulce, sem os quais a vida não valeria muito a pena.

Aos amigos distantes, Eduardo, Brand, Vitor, Roberto, Fabrício, George, Rômulo, Ana e Flávio.

Aos amigos próximos, Leonardo, Bruno, Bruna, Simone, Leandro, Vanessa, Rochele, Daniel, Luís Fernando, Laura, Írio, Letícia, Carla.

À minha turma de doutorado, que se perdeu no meio do caminho por razões que fogem ao controle de uma turma de doutorado, Vera, Francis, Mari, Luciana, Odil, Alessandra, Rosana.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Sociologia (PPGS), fontes de aprendizado constante.

Aos professores da banca de qualificação de projeto, Máira Baumgarten e Emil Sobottka, pelos conselhos e apontamentos.

À Regiane Accorsi pelo suporte eficiente e pela disposição sempre cordial.

À CAPES, PROPESQ e PPGS, pelos auxílios financeiros.

*Certas seitas, como se pode verificar apegaram-se sobretudo à verdade; outras à utilidade. Estas tiveram mais êxito. A miséria de nossa condição faz que aquilo que se nos apresenta como mais verdadeiro nem sempre é o que nos fora mais útil. Assim se observa com as seitas mais ousadas, as de Epicuro, Pirro, e da Academia após as últimas modificações por que passou, as quais se viram forçadas a dobrar-se ante as leis civis.*

*Michel de Montaigne (1533-1592) – “Ensaaios”*

## RESUMO

Esta tese trata, de forma ampla, da relação ciência e sociedade. Especificamente procura compreender o processo de construção do sistema biotecnológico em face do contexto ao qual está relacionado. A argumentação teórica estrutura-se em torno de questões levantadas pelos estudos sociais da ciência e tecnologia, e tem como marco teórico a teoria dos sistemas sociais de Niklas Luhmann, que parte da diferença sistema/entorno para compreender a relação ciência e sociedade. A questão levantada refere-se à estrutura de reprodução da ciência contemporânea e sua relação com o entorno. A hipótese argumenta que a estrutura do sistema biotecnológico sofreu uma mudança, da reprodução baseada na “verdade” à reprodução baseada no “funcionamento”. Esta última forma de reprodução emerge em função das perturbações do entorno da ciência, principalmente em função do contexto caracterizado por exigências tecnológicas. Vinculadas a tais exigências estão ainda exigências de aplicação, legalidade, lucratividade, segurança, inovação. A pesquisa utilizou entrevista semi-estruturada com líderes de grupos de pesquisa em biotecnologia em seis estados da federação, e pesquisa documental, como métodos de coleta de dados, e utilizou técnicas qualitativas de análise, especificamente, a análise de conteúdo temática. De maneira mais específica, a investigação localiza-se na periferia do sistema global de ciência e tecnologia, e apresenta como a diferenciação centro/periferia também incide na reprodução do sistema biotecnológico. Para tanto, constrói-se o conceito de regime de produção de conhecimento, um regime de perturbações recíprocas entre sistemas, limitado pelas configurações institucionais dos Estados nacionais. Tal regime, no Brasil, foi caracterizado pelos sistemas do direito, da economia, da política e da ciência, e as perturbações dos três primeiros na biotecnologia é o que se investiga nesta pesquisa. Conclui-se que a pesquisa biotecnológica produz um outro tipo de verdade, a saber, a verdade eficaz.

Palavras-chave: ciência/sociedade, biotecnologia, centro/periferia, estudos sociais da ciência e tecnologia, teoria dos sistemas.

## ABSTRACT

### **Bíos and Techné: study on the construction of the system peripheral biotechnology**

This thesis deals with the relationship between science and society. It particularly seeks to understand the process of construction of biotechnology and its context. Beyond this, it searches to link biotechnology research to the global society and to the specific context of peripheral science. The theoretical argument is structured around issues raised by social studies of science and technology, and uses the theoretical framework of the theory of social systems of Niklas Luhmann, who considered the difference system / environment to understand the relationship between science and society. The main question raised refers to the structure of the reproduction of contemporary science and its relation with the environment. Therefore, our hypothesis argues that the structure of the biotechnology has changed from a reproduction based on "truth" to a reproduction based on "operation". The latter form of reproduction emerges in the light of disturbances around the science, especially in a context characterized by technological requirements. Besides these, there are requirements for application, legality, profitability, safety and innovation. This research was conducted using semi-structured interviews with leaders of biotechnology research groups from six Brazilian states. Besides, a documentary research was conducted and a thematic content analysis was performed. Particularly, this research is located at the periphery of the global system of science and technology, and presents how the differentiation center/periphery also affects the reproductive system of biotechnology. In this sense, we construct the concept of knowledge production regime, a regime of mutual disturbances between systems, which is limited by the institutional configurations of national states. In Brazil, such regime was characterized by systems of law, economy, policy and science. This research has focused on the disturbance of the first three on biotechnology. It is concluded that research biotechnology produces another kind of truth, namely truth effectively.

Keywords: science/society, biotechnology, center/periphery, social studies of science and technology, theory of systems.

## Índice de Ilustrações

Ilustração 1 Tecnologias convergentes.....	156
Ilustração 2 Interesses em torno das tecnologias.....	185
Ilustração 3 Elementos do contrato multistitucional. ....	192
Ilustração 4 Regime de produção de conhecimento .....	241
Ilustração 5 Código direito .....	272
Ilustração 6 Código centro/ periferia .....	278
Ilustração 7 Código doença negligenciada .....	283
Ilustração 8 Código aplicação.....	285
Ilustração 9 Código inovação .....	287
Ilustração 10 Código funcionamento.....	301

## Índice de Tabelas

Tabela 1 Brasil: Execução da despesa orçamentária do governo federal em pesquisa e desenvolvimento (P&D), por objetivos sócio-econômicos, 2000-2007 (em R\$ milhões).	244
Tabela 2 Artigos brasileiros, da América Latina e do mundo publicados em periódicos científicos internacionais indexados no Institute for Scientific Information (ISI), segundo as áreas do conhecimento, 1997-2006. ....	246
Tabela 3 Distribuição das famílias de patentes triádicas (%) .....	247
Tabela 4 Pedidos de patentes de invenção depositados no escritório de marcas e patentes dos Estados Unidos da América segundo classes selecionadas, 2003/2007.....	247

## Índice de Quadros

Quadro 1 Documentos e características - entrevistas .....	32
Quadro 2 Documentos e características - artigos .....	32
Quadro 3 Sistema social geral .....	64
Quadro 4 Concepções sobre o relacionamento entre ciência (C) e tecnologia (T) .....	182
Quadro 5 Níveis de argumentação e formas de diferenciação da sociedade.....	221
Quadro 6 Exemplos de Legislações nacionais a respeito de pesquisa com células-tronco	239
Quadro 7 PAC-ciência: Promoção da Inovação Tecnológica nas Empresas .....	251
Quadro 8 PAC-ciência: Fortalecer as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação em áreas estratégicas para o País.....	252
Quadro 9 Diretrizes da política de biotecnologia .....	255
Quadro 10 Grupo de Pesquisa Ecologia Química de Insetos Vetores .....	293

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

AGIL – Adaptation, Goal-attainment, Integration, Latency

ANT – Actor-Network Theory

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

C & T – Ciência e Tecnologia

C, T&I – Ciência, Tecnologia e Inovação

CENARGEN – Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia

CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CRO – Contract Research Organization

CTNBIO – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

DC – Department of Commerce

DGP – Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil

DNA – Ácido Desoxirribonucléico

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA – Environmental Protection Agency

EPOR – Empirical Programme of Relativism

FDA – Food and Drug Administration

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

ICT's – Institutos de Ciência e Tecnologia

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MCT – Ministério de ciência e tecnologia

MDICE – Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MS – Ministério da Saúde

NBIC – Nanotecnologia, Biotecnologia, Tecnologias Informação, ciências Cognitivas

NSF – National Science Foundation

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development

OGM's – Organismos Geneticamente Modificados

ONG'S – Organizações Não-Governamentais

OSRD – Office of Scientific Research and Development

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

P, D&I – Pesquisa, Desenvolvimento e inovação

PAC – Plano de aceleração do crescimento

PCR – Polymerase Chain Reaction  
PDE – Plano de Desenvolvimento da EMBRAPA  
PDP – Política de Desenvolvimento Produtivo  
PITCE – Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior  
PT – Partido dos Trabalhadores  
PUC-PR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
PUC-RS – A Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do sul  
RNA – Ácido Ribonucléico  
SBPC – Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência  
SIBRATEC – Sistema Brasileiro de Tecnologia  
SSK – Sociology of Scientific Knowledge  
STF – Superior Tribunal Federal  
STS – Science and Technology Studies  
TB – Tuberculose  
UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto  
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco  
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do sul  
UFV – Universidade Federal de Viçosa  
USDA – U. S. Department of Agriculture  
USP – Universidade de São Paulo

## Índice geral

<b>Índice de Ilustrações</b> .....	9
<b>Índice de Tabelas</b> .....	10
<b>Índice de Quadros</b> .....	11
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas</b> .....	12
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1 Problemática.....	16
2 Questões.....	24
3 Hipóteses.....	24
4 Metodologia e técnicas de pesquisa.....	25
4.1 Nota metodológica – observação de segunda ordem.....	25
4.2 Procedimentos metodológicos.....	27
5 Organização da tese.....	37
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	38
<b>Da rede contínua aos sistemas sociais</b> .....	38
1.1 A noção primitiva de sistema e a unidade de análise dos estudos da sociedade.....	39
1.2 A diferenciação teórica básica: ação/estrutura.....	44
1.3 A unidade de análise dos estudos sociais da ciência e da tecnologia.....	48
1.4 A teoria dos sistemas sociais e sua unidade de análise.....	62
1.5 O contexto de reprodução do sistema científico periférico.....	84
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	91
<b>A Modernidade da ciência e da tecnologia</b> .....	91
2.1 O tardio medievo e a produção do conhecimento.....	93
2.2 Técnica e ciência como dimensões retroalimentadas.....	100
2.3 A sociedade funcionalmente diferenciada como contexto do sistema científico. ...	113
2.4 Sistema científico e as novas exigências funcionais.....	116
2.5 Verdade e ciência.....	122
2.6 Técnica, ciência e a verdade eficaz.....	129
2.7 Técnica e natureza.....	133
2.7.1 Técnica e sociedade.....	140
2.8 A regra de duplicação: funcionamento e verdade.....	144
2.9 Biologia: natureza e polissemia.....	148
2.10 Biotecnologia como síntese: ciência e técnica.....	152
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	160
<b>A organização da ciência e tecnologia modernas</b> .....	160
3.1 Diferenciação ciência/ sociedade na Inglaterra do século XVII.....	161
3.2 A ciência da organização da ciência: a produção do conhecimento científico. ....	166
3.2.1 A produção de conhecimento em modo 2.....	168
3.2.2 A produção de conhecimento em hélice tripla.....	171
3.2.3 Para a crítica dos usos de “paradigma”.....	174
3.2.3.1 Paradigmas tecnológicos e científicos; ciência e tecnologia: atualização do modelo linear?.....	178
3.2.3.2 A emergência da tecnologia em uma sociedade complexa e os interesses do sistema econômico.....	183
3.3 Acoplamentos estruturais e organização.....	188
3.3.1 Organização e sociedade: o caso da ALZA.....	194
3.3.2 Organização e sociedade: Genômica, direito e política.....	198
3.3.3 Organização: o conhecimento válido entre membro e não membro.....	208

3.4 Ciência moderna e risco tecnológico.....	211
3.4.1 Uma teoria sistêmica do risco e a dinâmica dos sistemas sociais .....	214
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	219
<b>A lógica seletiva da periferia do sistema mundial de ciência e tecnologia</b> .....	219
4.1 “Sociologias” e formas de observação .....	223
4.2 centro/periferia e o contexto periférico .....	228
4.3 Centro/periferia na construção do sistema científico .....	234
4.4 Formas de diferenciação temática .....	241
4.5 O modelo bioambiental e suas consequências políticas .....	249
4.5.1 Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional – Plano de ação 2007-2010. ....	250
4.5.2 Política de biotecnologia – proteção e desenvolvimento.....	253
4.6 O modelo bioambiental e as exigências tecnológicas .....	256
4.7 Movimento de protesto .....	258
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	262
<b>Sistema biotecnológico e a periferia da ciência global</b> .....	262
5.1 Sistema biotecnológico e seu regime de produção de conhecimento.....	264
5.2 Sistema biotecnológico, sociedade global e estratégias de diferenciação.....	278
5.3 Ciência reproduzida: ciência aplicada .....	284
5.4 Sistema biotecnológico e inovação .....	287
5.5 Ciência como Biotecnologia, ciência como ferramenta .....	294
5.6 Conhecimento publicado: funcionamento e caixa-preta .....	303
5.7 Funcionamento e pragmatismo na sociologia do conhecimento .....	314
<b>CONCLUSÃO</b> .....	319
<b>COMENTÁRIOS FINAIS</b> .....	327
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	330
<b>DOCUMENTOS</b> .....	344
<b>REPORTAGENS</b> .....	346
<b>APÊNDICE</b> .....	346

# INTRODUÇÃO

## 1 Problemática

A relação entre ciência e sociedade é ainda objeto de controvérsias, a despeito de haver décadas de discussão filosófica e sociológica a respeito. Esta querela interminável, e sem horizonte de solução à vista, tocou sempre o problema dos limites da ciência, dos critérios de demarcação entre aquilo que era reconhecido como próprio da ciência e o que não. Em um primeiro momento da investigação sociológica da ciência, isto envolveu os limites da organização científica, porém, mais recentemente, uma guinada levou a sociologia à investigação dos limites do conhecimento científico. Esta tese tem como finalidade discutir tais relações e seus limites, apresentando-as sob um ponto de vista da teoria dos sistemas.

O objeto da tese é a organização científica contemporânea - que engendra uma relação de diferença com a sociedade - e o conhecimento científico - que se diferencia de outras formas de conhecimento. A tese, neste sentido, parte da ideia de diferença em contraposição àqueles que observaram a relação ciência e sociedade sobre o prisma da unidade. É a diferença que nos permite, ademais, acurar a especificidade da ciência frente à sociedade como um todo.

A ciência na modernidade se diferenciou da sociedade ao centralizar, como uma atribuição própria, a produção da verdade, tudo o mais em seu interior passa a depender dessa função social. A tese, no entanto, argumenta que tal função foi superada quando se observa a biotecnologia: a ciência neste âmbito de investigação altera radicalmente sua função em decorrência da relação que historicamente a biotecnologia estabeleceu com a sociedade. A tese argumenta que a tecnologia é o horizonte da ciência atual, e o funcionamento o que a estrutura.

Atualmente há o entendimento de que a relação ciência/sociedade está passando por uma intensa transformação, e que a forma do conhecimento vem com isso sendo alterada. Novos conhecimentos têm surgido em função do aparecimento de novas formas de produzi-los – o processo – e estas formas respondem, atualmente, por aquilo que tem se chamado organização tecnocientífica moderna. Em decorrência disto, tem se alterado concomitantemente a forma do conhecimento científico - o produto.

Esta nova forma do conhecimento traz incrustada uma série de condicionantes, os fatores sociais, que revelam um tipo específico de relação entre sistema e sociedade. A tese argumenta que a relação da ciência com o direito, a política e a economia transformou a forma do conhecimento científico, estruturado, agora, como técnica ou verdade eficaz.

O objetivo da tese é compreender tal transformação na produção e no conteúdo do conhecimento científico a partir do estudo de grupos de pesquisa em biotecnologia na periferia do sistema mundial de ciência e tecnologia. Tal proposta, embora não seja inédita, justifica-se exatamente pelo fato de que ainda não se chegou a uma definição que possa dirimir as dúvidas que pairam no estabelecimento do limite entre ciência e sociedade. Embora não seja objetivo desta tese propor uma definição final para o problema, a proposta de uma análise da ciência com base na teoria dos sistemas sociais de Niklas Luhmann, se nos apresenta mais enriquecedora. A tese argumenta que tal ponto de vista oferece uma forma mais abstrata de observação, tornando possível, finalmente, intercalar duas escolas aparentemente divergentes nos estudos sociológicos do conhecimento e da ciência: os trabalhos da sociologia da ciência da tradição americana de Robert King Merton e a sociologia do conhecimento da Escola de Edimburgo, Escola de Bath e dos estudos construtivistas de laboratório. A ideia de que a instituição científica se altera com as mudanças sociais, contribuição da vertente mertoniana, vem sucedida da ideia de que estas transformações orientam o conhecimento científico, o que se relaciona com os trabalhos das últimas vertentes.

Não se entende aqui o conhecimento científico como construto isolado e isento dos “fatores sociais”. No entanto, esta posição foi consensual até boa parte do século XX: a transcendência do conhecimento científico em relação aos processos sociais mais amplos (poder, interesses, conflito, consenso, entre outros) foi um pressuposto da sociologia do conhecimento de Karl Mannheim – um dos sistematizadores da área – e da sociologia da ciência de Robert Merton. Para estes, o sistema científico se reproduz como uma unidade de valores autônoma no interior da sociedade, formando um *ethos* próprio, um autogoverno, uma comunidade cuja produção cognitiva é salvaguardada, justo por causa da autonomia, de influências externas. Nesta tese, argumentar-se-á por uma diferença de novo tipo entre ciência e sociedade, em que se ressalta a imanência do conhecimento científico, posto que sua construção se efetua na sociedade, porém sendo definido nos limites da organização científica que se diferencia da sociedade.

Neste sentido, pergunta-se: o que teria a ciência, enquanto “objeto sociológico”, de especial em relação aos outros sistemas sociais? O que faz com que se indique algo chamado “ciência” em contraste a algo chamado “política”? A resposta a esta questão é que torna possível um empreendimento chamado sociologia da ciência. Sem esta diferenciação, poder-se-ia estudar o processo de obtenção de poder político e relacioná-lo à obtenção de poder científico, sem nenhuma peculiaridade que os distinguíssem. Esta tese argumentará no mesmo sentido do clássico estudo de Knorr-Cetina (1982), que faz críticas a abordagens que relacionam diretamente poder político e científico, ganho econômico e aumento da reputação, assim por diante.

Partir-se-á aqui do argumento teórico de que processos científicos são de natureza distinta de processos políticos, jurídicos, econômicos ou de qualquer outro sistema da sociedade, embora tais processos se diferenciem e se reproduzam em um mesmo sistema: na sociedade. Parte-se da concepção da sociologia do conhecimento de que todo conhecimento é condicionado, portanto, as condições do conhecimento científico a serem investigadas, necessariamente terão que passar pela forma atual de sistematização e organização da ciência. Esta, opera seleções condicionadas pelos seus próprios processos estruturais, baseados em decisões contextuais com sentido restrito aos seus limites operacionais.

Como se verá à frente, derivar características cognitivas do conhecimento científico de suas condições sociais é uma tendência aberta pelos estudos da Escola de Edimburgo, Bath e os estudos etnográficos em laboratórios, a partir da década de 1970. A tese orienta-se, em termos teóricos e metodológicos, nestas vertentes. Privilegiou-se as características do conhecimento que dizem respeito ao seu caráter aplicado, prático, técnico, sua relação com exigências de financiadores, exigências éticas, políticas, seu contexto de descoberta e aplicação, os valores implícitos em sua produção, regras de publicação, cienciometria, entre outros. A partir disso, busca-se, finalmente, relacionar estes elementos à forma do conhecimento impresso em artigos e livros.

Em geral, o estudo sociológico da ciência tem criado categorias que buscam dar conta da construção do conhecimento na modernidade, tendo como referência uma dada coletividade, relegando o conhecimento do gênio individual ao papel de crença idiossincrática. Pode-se dizer que esta virada no nível da observação está principalmente ligada aos revisionismos teóricos provenientes da segunda metade do século passado e que,

dentre outros objetivos, buscavam articular perspectivas micro e macro sociológicas<sup>1</sup>. Foi o caso da *intelligentsia* de Karl Mannheim, do *ethos* científico de Robert Merton (1979), da comunidade científica de Thomas Kuhn (1995) e de Warren Hagstrom (1975), do autogoverno da ciência de Polanyi (2003), do campo científico de Bourdieu (1983), do círculo de credibilidade de Latour (2001), das arenas transepistêmicas de Knorr-Cetina (1982), e assim por diante. Ou seja, as concepções mais antigas sobre a ciência, baseada em atividades de indivíduos isolados, foram abandonados em prol de análises que levaram em conta a sociabilidade da prática científica, seu condicionamento, a partir do momento em que passa a se constituir como unidade discreta.

A análise sistêmica segue este mesmo caminho, desacreditando as formas de análises clássicas de tratar ciência e tecnologia. A teoria dos sistemas trata da ciência e tecnologia como âmbitos sistematizados, com peculiaridades específicas, dependendo de quais comunicações se reproduzem em seu interior, quais códigos de comunicação reproduzem, como observam a si mesmos (autorreferência) e seu entorno (heterorreferência), qual o tratamento dado às informações do entorno, ou seja, como as selecionam e como lidam com a própria complexidade. Para entender o sistema social ciência buscar-se-á na estrutura comunicacional dos grupos de pesquisa, isto é, nas expectativas que assumem dimensão estrutural, seus traços característicos, seus critérios de seleção. Parte-se, mais concretamente, da unidade de análise “grupo de pesquisa”, e da forma atual com que esta unidade se relaciona com seu ambiente em contínua transformação, o qual está incessantemente a lhe exigir respostas, as quais se ligam à estrutura interna desenvolvida pela própria ciência: suas comunicações que definem verdade, conhecimento e pertinência, que reproduzem valores, regras e códigos específicos. Comunicação é, desta forma, conceito-chave nesta perspectiva, conceito derivado da teoria dos sistemas de Niklas Luhmann, quem define sistema social como sistema de comunicação autorreferente. Grupo de pesquisa, neste sentido, é uma diferenciação da organização científica.

A comunicação cristaliza-se no decorrer dos processos científicos em teorias, métodos, relatórios de pesquisa, dissertações, teses, projetos e cria limites de sentido capazes de diferenciar a ciência de outros sistemas sociais, como o direito e a economia. Tais comunicações produzem, também, limites – as diferenciações – internos do sistema, como as disciplinas e as temáticas e, na medida em que o sistema se apresenta na forma de

---

<sup>1</sup> Sobre estas perspectivas ver o clássico estudo de Knorr-Cetina; Cicourel (1981)

organização, criam também limites organizacionais como universidades e institutos de pesquisa, departamentos, laboratórios e grupos de pesquisa. Todo este processo de diferenciações, por meio de comunicações, é a base operacional para novas afirmações sobre o mundo, novos conhecimentos, novas disciplinas, novas temáticas de pesquisa, novas teorias e métodos, enfim, novas expectativas cognitivas e organizacionais. Concomitantemente, novos grupos são impelidos a dar conta de tanta complexidade construída, criando uma nova dinâmica de produção de conhecimento. Esta tese busca descrever este processo de cristalização das comunicações científicas nos grupos de pesquisa, descrever a complexificação destes subsistemas por meio de seus processos de diferenciação.

Alguns condicionantes operaram na pesquisa e exigiram recortes para diminuir a complexidade dos grupos e temáticas que se poderia escolher para pesquisar. Na medida em que se trata de estudar grupos de pesquisa, deve-se especificar quais e observar aqueles que apresentem temáticas comuns. Por vários motivos optou-se por grupos de pesquisa em biotecnologia: 1- esta temática tem importância para a sociedade contemporânea na forma de riscos e valores culturais; 2- esta temática tem aparecido como preocupação em outros sistemas funcionais, como o direito – Lei de biossegurança –, a política – política de biotecnologia – e a economia – estratégias empresariais – expondo mais claramente a relação entre ciência e sociedade; 3 - Esta temática expõe com clareza a forma como os grupos de pesquisa incorporam “a sociedade” em seus processos reprodutores; 4 - Tal área de pesquisa experimentou transformações recentes que se inscrevem no próprio conteúdo do conhecimento que atualmente se tem gerado.

A pesquisa biotecnológica atrai interesses variados da economia na medida em que as inovações, nessa área, têm representado lucros para empresas – indústria farmacêutica e mercado agrícola; esta área de pesquisa tem desencadeado processos de complexificação estatal com a criação de comissões temáticas especiais, com funções tão variadas como a legislação da pesquisa e a comercialização de produtos, são exemplos deste processo, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio); leva à criação de políticas específicas, como o Fundo Setorial de Biotecnologia e a Política de Biotecnologia; impele, também, o sistema do direito a uma complexificação interna, quer dizer, irrita-o para que opere agora com um acréscimo de comunicações que tematizam a biotecnologia. Esta lógica de relações entre sistemas sociais será entendida como um “regime de produção de conhecimento”, um conceito baseado em

Günther Teubner (2005), porém repensado à luz do processo de produção de conhecimento.

De acordo com a teoria dos sistemas de Luhmann, o sistema científico contemporâneo se reproduz em uma sociedade cuja estrutura corresponde a vários sistemas sociais funcionalmente diferenciados que operam sem regra hierárquica entre eles, criando internamente processos comunicativos que os diferenciam do entorno, segundo regras próprias de seleção de irritação. No entanto, com o conceito de regime de produção de conhecimento – derivado desta teoria da sociedade –, buscou-se compreender o sistema de pesquisa biotecnológico periférico, assumindo que os Estados Nacionais fornecem um contexto institucional específico que acaba incidindo na organização do sistema e em sua inserção em uma ordem social global. Este contexto será descrito em termos de um regime de produção de conhecimento formado pelo acoplamento estrutural entre sistemas sociais distintos, quais sejam, a economia, o direito, a política e a ciência. Ressalta-se, porém, que o que aqui interessa é a repercussão deste regime no sistema científico. Portanto, tratou-se de observar como o sistema científico tem observado e incorporado o entorno na rede comunicacional que o reproduz. Cada período histórico especificou uma ciência singular em função do tipo de relação que o sistema científico estabeleceu com os outros sistemas sociais, neste sentido, fala-se de evolução das formas sociais.

Evolução da sociedade pressupõe diferenciação e identidade. Neste sentido, fala-se de centros de produção de conhecimento no interior do sistema global da ciência, e, portanto, também em periferia. Mas, centro/periferia é somente um critério de observação que perpassa as comunicações científicas, desde o centro e desde a periferia. Como código de observação, centro/periferia acaba incidindo na própria prática científica, diferenciando a ciência em organização de ponta/organização atrasada, pesquisa de fronteira/pesquisa convencional, valor global/valor local, autoridade/não autoridade. Cada lado destas dicotomias estrutura determinadas regras operativas, desde o que deve ser financiado até o que deve ser reproduzido, quem deve ser respeitado e quem não, e geralmente isto se relaciona com contextos regionalizados na sociedade global, tendo como referência o espaço demarcado pelo Estado Nacional moderno. Nos Estados Nacionais, o regime de produção de conhecimento, formado pela configuração historicamente tomada pelos sistemas sociais e das relações entre eles, disponibiliza informações no contexto que acabam incidindo nos critérios de observação de cada sistema específico.

Trata-se da construção social do conhecimento tecnocientífico e dos contextos dentro dos quais ele é construído na modernidade, no caso específico, na modernidade periférica, no regime de produção do conhecimento brasileiro. Assume-se que a diferenciação centro/periferia vai condicionar um tipo de conhecimento, na medida em que é um critério de observação que organiza os contextos em que biólogos moleculares e engenheiros genéticos trabalham. O conhecimento, na medida em que é contingência, na medida em que poderia ter assumido outras formas, sofrerá das limitações de determinadas maneiras de observar, criadas comunicativamente e estruturadas pelo sistema. Portanto, quer-se saber como os critérios de observação do sistema biotecnológico têm incidido na forma do conhecimento científico na periferia.

Uma sociedade que se estrutura em termos de sistemas funcionalmente diferenciados se reproduz em função dos resultados da evolução de cada um deles. Estes resultados estão sempre disponíveis e cobram saídas particulares dos sistemas funcionais. A ciência moderna é resultado desta pressão ambiental, que é entendida como informação no interior do sistema. Neste sentido, fala-se em acoplamento estrutural entre sistemas, um processo de perturbação recíproca que modifica cada um dos sistemas acoplados. Contemporaneamente tem-se falado que a ciência, como nunca, tematiza estes acoplamentos em suas comunicações: a economia dispendo sua complexidade em termos de financiamentos, a política pressionando por níveis superiores de produção científica e o direito, limitando o rol das possíveis comunicações. O resultado disto na organização científica é aquilo a que os teóricos contemporâneos, principalmente os estudiosos dos estudos sociais da ciência e tecnologia (STS – *Science and Technology Studies*) têm chamado de construção social do conhecimento. A construção do conhecimento será aqui abordada segundo sua natureza comunicativa e a sua existência em uma sociedade funcionalmente diferenciada, portanto, não se discute a natureza da verdade, mas a sua comunicação.

A construção do conhecimento em sociedade, chamada aqui, complexa, envolve o âmbito sistêmico, relativo às comunicações científicas e o âmbito organizacional, relativo às decisões científicas. A ciência moderna é caracteristicamente definida como ciência organizada, e sobre esta base de formação sistêmica, a dimensão das decisões sobre temas, recursos e tempo, assume uma existência estruturante para a prática científica. Mais que isso, ciência organizada define estas dimensões em termos de decisões compartilhadas com outros sistemas, e o resultado são projetos comuns que, no final, significa a construção do

conhecimento como um fenômeno que emerge dos limites das organizações envolvidas: entre universidades e firmas tecnológicas, entre empresas de base tecnológica e firmas de *venture capital*, firmas privadas e empresas públicas, incubadoras de empresas e universidades, entre outros. Buscou-se responder então à seguinte pergunta: qual conhecimento emerge em função da organização da pesquisa científica?

No caso do Brasil, estrutura-se um modelo de desenvolvimento científico e tecnológico bioambiental como resultado do acoplamento estrutural entre diversos sistemas, incidindo na concentração de pesquisas nos temas contemplados por estes acoplamentos, relacionados às pesquisas agrícolas, ambientais e de saúde. Em face disto, entende-se que a biotecnologia, como área fundamental de pesquisa para os temas tratados pelo modelo bioambiental, surge para o regime de produção de conhecimento como uma área estratégica: ganha, concomitantemente, grande parte dos financiamentos de pesquisa e detém uma quantidade desproporcional de patentes e artigos, em relação às outras áreas. Neste sentido, ao se querer compreender os desenvolvimentos da ciência moderna neste início do século, na periferia do sistema mundial de ciência e tecnologia, nada mais apropriado que entender a formação do sistema biotecnológico de pesquisa. Nele é que vai estar inscrito, nas comunicações, o que há de mais avançado em termos da reprodução do sistema global de ciência, posto sua centralidade no modelo de desenvolvimento tecnocientífico periférico.

Ao se configurar assim, o regime de produção periférico de conhecimento que se verifica no Brasil, assume sua dimensão tecnológica e deixa evidente seus critérios de reprodução. O critério básico constatado é o uso do código funciona/ não funciona, que vem acrescido de comunicações do tipo “ciência aplicada”, “utilidade econômica”, “inovação tecnológica”, entre outros. Este é o código da tecnologia, e, em função de tal estruturação do sistema, verificam-se critérios de justificação novos, que emergem no intercurso da evolução da ciência, quando a lógica funcionalmente diferenciada da ciência moderna deixa de ser governada por critérios como verdade/ não-verdade, fé/ não-fé, Metafísica/ física. Não mais a religião é demandante e credora de conhecimento, mas a legitimidade agora se dá de forma autorreferida. A ciência é perturbada, cada vez mais, por projetos políticos, por financiamentos econômicos e por limites jurídicos, e em face disto, responde com seus mecanismos próprios de reprodução, os quais, nesta dinâmica, podem mudar.

## 2 Questões

Desta problemática decorrem algumas questões que orientaram a investigação:

- 1- A partir de uma sociedade complexa, em que se ressalta a relação entre sistemas de funções distintas e autorreferenciados, como o sistema da ciência tem produzido conhecimento científico em biotecnologia na modernidade periférica?
- 2- Em que sentido as transformações recentes no sistema de ciência e tecnologia – em que se sublinha a emergência de uma dinâmica da inovação tecnológica, de uma acentuada participação de estados na produção tecnocientífica, do aumento da participação empresarial na pesquisa e de legislações específicas para a área – têm incidido na definição da forma de produção do conhecimento biotecnológico?
- 3- Qual a forma assumida pelo conhecimento tecnocientífico na periferia do sistema global de ciência e tecnologia a partir do surgimento de uma nova forma de produzir conhecimento?

## 3 Hipóteses

Em função de tudo o que foi dito, a investigação tenta compreender a especificidade da reprodução científica em um contexto disciplinar específico, a biotecnologia, e em um contexto específico da sociedade global, a periferia do sistema de ciência e tecnologia. A tese busca, portanto, especificar a relação ciência e sociedade e a relação centro e periferia. Desta busca, emergem algumas hipóteses orientadoras da investigação.

- 1- O processo de produção do conhecimento biotecnológico foi profundamente alterado na sociedade moderna devido à relação com o seu entorno social, especificamente, com o sistema político e as expectativas da política científica e tecnológica, o sistema econômico e as expectativas de lucros e o sistema do direito através das expectativas legais.

- 2- O código de comunicação simbolicamente generalizado da tecnologia funciona/não-funciona, tem substituído o código científico, verdade/não-verdade, como unidade condutora dos processos internos do sistema biotecnológico.
- 3- O sistema biotecnológico tem operado com seleções que priorizam, na investigação biotecnológica, a aplicação, o funcionamento, o ganho, o legal, a novidade, a segurança, a verdade eficaz.

## 4 Metodologia e técnicas de pesquisa

### 4.1 Nota metodológica – observação de segunda ordem

As mudanças paradigmáticas na visão do universo, ocorridas no século passado, têm na concepção do observador um dos pontos centrais. Tal mudança colocou entre parênteses o observador, ao afirmar que a observação depende da posição, não havendo mais nem observador absoluto e nem fenômeno desvinculado da observação. Diversas ciências tiveram que rever alguns princípios metodológicos, incluindo agora o observador como elemento importante na própria conceitualização. Foi inclusive tarefa para a sociologia, que reviu uma série de concepções canônicas que tendiam a separar sujeito e objeto. Buscou-se então compreender os fenômenos sociais, problematizando a objetividade da sociedade por meio da perspectiva do ator, e a objetividade da observação sociológica, posto que “sujeito e objeto” participavam da mesma base operativa, socialmente dada. Isto levou a sociologia a repensar o fenômeno ideológico e da construção da realidade social<sup>2</sup>. Tirou-se toda a carga ontológica do observador ao considerá-lo, também, fruto de uma observação que partiu de alguma posição, preenchendo de construtivismo a operação de observação. Concebe-se, desde então, que observar tem lugar em um sistema que faz uso de sua própria estrutura para distinguir e indicar um lado ou outro da distinção (Luhmann, 1996a). A observação se dá em um ambiente dotado de sentido, onde toda observação, assim, é limitada semanticamente. Observação, aqui, será compreendida como um processo dos sistemas sociais, nos quais o sentido próprio das distinções e indicações se impõe na observação, imprimindo suas preferências e expectativas autoconstruídas. Por isso, “em lugar da solução tradicional que postula a

---

<sup>2</sup> Ver Mannheim (2001) e Berger; Luckmann (1985)

exigência de um observador externo e o ideal de um sujeito extramundano, a teoria da observação deve encontrar outra forma de observação” (LUHMANN, 1996b, p. 118).

Ao observar, todo sistema diminui a complexidade do entorno, já que se poderia partir de outras diferenciações e outras indicações, distintas daquelas que foram selecionadas pelo sistema que observa (NEVES; NEVES, 2006). As possibilidades de operação de observação são infinitas, mas o sistema tem apenas aquele horizonte de possibilidades que ele mesmo lhe permite, ou seja, que foi estruturado em seu intercurso evolutivo. Neste sentido, ao distinguir e indicar com base em sua própria estrutura, o sistema que observa constrói suas próprias formas e estas formas lhe darão o horizonte de onde partirão as próximas observações, em um processo que envolve recursividade e novidade. Este processo demanda o tratamento do outro lado da forma – aquilo que se observa – como sistema, portanto, como observador que tem suas próprias preferências e que indica e seleciona de determinada maneira, também não tendo nenhum acesso privilegiado à realidade. Em decorrência disto o que a observação sistêmica faz é observar como outros observam, portanto, se constitui em uma observação de segunda ordem.

A observação de segunda ordem deve fixar com exatidão o ponto desde o qual se observa como o outro observa o mundo. Ou dito de maneira mais precisa: que esquema de diferença utiliza aquele a quem se observa. Imediatamente surgem então distintos planos de observação: o observador de segunda ordem distingue a observação (observada) de outras observações. E isto de maneira muito distinta do observador de primeira ordem que tem aplicado um esquema de observação, por exemplo, moral/amoral, próximo/distante, pessoal/impessoal (LUHMANN, 1996b, p. 126).

Neste sentido, não se trata de afirmar, como um desavisado relativismo epistemológico tem feito, de que o mundo é qualquer coisa, tudo vale. Ao contrário, o processo de observação fornece os mecanismos sociais reais sobre os quais determinadas realidades são construídas e assumem um significado real. Além do mais, esta observação que se quer real, parte tanto do observador como do observado, como duas realidades com preferências reais, indicações reais e que, portanto, se desenvolvem como realidades. Esta é a realidade a que o construtivismo na sociologia perscruta e que o modelo metodológico da observação de segunda ordem expõe. É esta forma de construtivismo a que se fará menção nesta tese. Quais as seleções, as preferências, que as distinções e indicações dos sistemas observados expõem quando são observados? É nesta realidade, de sistemas que

observam, que se quer chegar na tese, acessando por meio de distinções e indicações os universos reais sob os quais a comunicação no sistema científico se reproduz.

A tese, que se segue, utilizou uma série de *técnicas qualitativas*, ou seja, técnicas que se referem primariamente a conteúdos, motivações, intenções, expectativas e sentidos inscritos em uma totalidade dinâmica socialmente contingente. O esforço buscou construir o sentido específico das comunicações investigadas em relação a sua existência em contextos comunicativos estruturados semanticamente. Trata-se de uma *abordagem construtivista*, assim, observou-se, nos textos escritos e falados, outras observações, no caso, a dos cientistas em biotecnologia. Desde uma posição específica, desde um ponto de vista ímpar, é possível que se façam observações de observadores quanto às suas descrições e diferenciações, levando-se em conta valores positivos e negativos de códigos simbólicos que são a base de onde partem comunicações ulteriores.

Toda observação – cotidiana e científica – representa, por parte de seu observador aplicações de esquemas de diferenças que lhe permite identificar/ descrever uma realidade. Tal informação lhe vale como horizonte para novas ações e experiências, quer dizer, tem um valor informativo. (ARNOLD, 2004, p. 16)

Neste sentido, não se trata de observar “objetos” (primeira ordem de observação), mas sistemas que ao observar constroem mundos, a partir dos quais se orientam *a posteriori*.

#### 4.2 Procedimentos metodológicos

Buscou-se captar nesta tese as observações dos cientistas e seus esquemas de diferenciação, cristalizados na história institucional dos grupos em biotecnologia e na memória dos observadores, e descreveu-se como se estruturam as comunicações na organização científica contemporânea, de acordo com programas científicos específicos, linhas e temas de pesquisa, projetos e artigos. Estes esquemas revelaram a forma particular com que o sistema científico estrutura seu contexto significativo, sempre em relação a um entorno não significativo para ele. Além do mais, encontrou-se as distinções e os valores positivados, o que possibilitou verificar as tendências que estão orientando a heterorreferência, ou seja, a vinculação sistema e entorno. Observando o entorno (processando heterorreferência) o sistema rompe sua circularidade processual

(autorreferência) e se reconstrói, com base nas suas próprias observações. Com isso, a tese pôde identificar os condicionantes da reprodução científica que estão direcionando a verdade e o funcionamento nos processos tecnocientíficos contemporâneos. Alguns esquemas diferenciadores na ciência, que emergem em função da observação do entorno, foram construídos para direcionar a observação (reduzir a complexidade das possibilidades de observação), ajudando na construção dos instrumentos de pesquisa. São eles:

- 1- Verdade/não-verdade (código base do sistema científico)
- 2- Funciona/não-funciona (característico da tecnologia)
- 3- Reputação (código analógico da organização científica)
- 4- Estatização/privatização
- 5- Biotecnologia clássica (tradicional)/Biotecnologia moderna (código do sistema biotecnológico)
- 6- Legal/ilegal (código do direito)
- 7- Novo/velho (inovação)
- 8- Arriscado/seguro
- 9- Centro/periferia
- 10- Básico/aplicado

Ao observar as normas com as quais os grupos observam, organizam (diferenciam), valorizam (priorizam/positivam) e dão sentido ao ambiente cotidiano, chega-se aos horizontes “reais” em que tais observadores operam, e, ao articular “realidades” idiossincráticas, pode-se expor a forma do operar sistêmico tecnocientífico: como o sistema opera a diminuição da complexidade ambiental na modernidade periférica da ciência, construindo preferências internas e como se relaciona com o ambiente ao utilizar tais preferências. A referência é sempre a sociedade, diferenciada no sistema científico. Esta proposta coaduna-se com as demais propostas construtivistas da sociologia do conhecimento científico a frente expostas, porém, o referencial sistêmico ao modificar pressupostos analíticos pode fazer “emergir” novos fenômenos, ainda não observáveis, já que ao mudar a observação, a “realidade” muda.

Neste sentido, as perguntas metodológicas, diretrizes da abordagem sistêmica, são as seguintes (ARNOLD, 2004, p. 18):

- 1- como os sistemas observam e organizam os entornos?
- 2- quais são os conhecimentos do ambiente que servem de base à objetividade cotidiana desses sistemas?

Assim, foi necessária a articulação das perspectivas parciais (entrevistas) com o conjunto dos materiais institucionais produzidos internamente (projetos, linhas de pesquisa, artigos), com o objetivo de se chegar a padrões comuns de observação e reprodução, que respondem pela estrutura do grupo e os servem de base fática para ulteriores comunicações. Isto está presente, fundamentalmente, no processo de seleção do sistema de uma variedade de possibilidades, onde, seleção significa diminuição de complexidade, com base nos critérios que o próprio sistema elabora.

Aqui não se pode deixar de fazer menção à maneira como este procedimento faz referência ao conceito de “formas de vida” de Ludwig Wittgenstein. No interior do sistema são definidos os paradigmas, as preferências de seleção, as expectativas e o que mais tem sentido para uma determinada comunidade linguística, e somente para ela. Isto quer dizer, por exemplo, que nas controvérsias paradigmáticas na ciência, a vitória de um paradigma sobre outro só pode ser compreendida pela preferência a uma forma de vida em detrimento de outra, uma articulação entre motivação e seleção, e esta preferência não pode ser assumida por “argumentos não-circulares” (BARNES; 1982, p. 65), que não se refiram à própria forma de vida no interior da qual se dá sua significação. Neste sentido, um contexto semântico se apresenta com limites, preferências, expectativas e critérios de seleção. Isto tem relação com a contextualidade da produção do conhecimento científico, das seleções operadas.

As seleções geradas pelo trabalho científico e seus equivalentes materiais são elas mesmas o conteúdo e o capital do trabalho. O que se reproduz neste ciclo é a seletividade *per se*. (...) considerar a investigação científica como construtiva e não como descritiva é ver os produtos científicos como altamente construídos internamente em termos da seletividade que incorporam. Estudar a investigação científica é, então, estudar o processo pelo qual se efetuam as respectivas seleções (KNORR-CETINA, 2005, p. 64-65).

Portanto, o sistema científico cria seus critérios de seleção generalizados, em seu interior, espaços disciplinares e comunitários (grupos) diferenciam-se pela construção de subsistemas distintos, com distintos critérios de seleção e preferência. Coube identificar

estas diferenças na ciência e no sistema biotecnológico moderno, expondo suas preferências seletivas. Estas preferências, na tese, estiveram relacionadas ao sistema global (ciência), ao subsistema (biotecnologia) e ao subsistema periférico (regime periférico de produção de conhecimento).

Analiticamente, a observação parte sempre de uma diferença para se falar da unidade. Neste sentido, para falar de ciência, a diferenciação sistema/entorno se refere ao sistema funcionalmente diferenciado da ciência, ao mesmo tempo em que uma outra forma é indicada, qual seja, seu entorno. Este corresponde às comunicações não estruturadas pelo código verdade/não-verdade (funciona/não funciona), corresponde então a comunicações que têm sentido vinculado a outros sistemas funcionalmente diferenciados, a outras formas de vida; a pesquisa privilegiou o sistema político, o sistema econômico e o sistema do direito. Mas esta forma de diferenciar corresponde à estrutura primária da sociedade, à sua forma correspondente aos sistemas funcionalmente diferenciados. É possível que se parta de outras diferenciações, portanto, de outras unidades que se estruturam na diferença. À ciência correspondem diferenciações disciplinares, “as disciplinas são subsistemas do sistema da ciência, se trata, pois, fundamentalmente de uma diferenciação do sistema” (LUHMANN, 1996a, p. 319). Assim, física, química, biologia, sociologia são entornos umas para as outras. Tratou-se a biotecnologia como fenômeno emergente decorrente do acoplamento estrutural entre contribuições de diversas disciplinas. Aos outros sistemas correspondem outras diferenciações internas, como a política de ciência e tecnologia para a política, os financiamentos para pesquisa e desenvolvimento para a economia e a legislação de biossegurança para o direito.

Isto posto, investigou-se grupos de pesquisa cujo recorte temático foi a biotecnologia, o que envolveu a análise de projetos autodefinidos nesta disciplina. Averiguou-se tal recorte pela inscrição no Diretório de Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), e comprovou-se a existência dos mesmos através de telefonemas prévios e visitas. Tal diretório forneceu dados atualizados sobre os grupos de pesquisa, as linhas desenvolvidas, a produção e a relação com o setor produtivo. O recorte temporal, neste sentido, correspondeu à temporalidade do próprio grupo pesquisado e das linhas desenvolvidas. Muitos existem há 30 anos e passaram por todas as transformações que a biotecnologia passou no mundo, privatização da pesquisa, empreendedorismo acadêmico, judicialização da ciência, os grandes projetos genomas, e a consciência dos riscos biotecnológicos recentes.

A pesquisa então produziu através de *entrevistas* semi-estruturadas dados de segunda ordem até o ponto de saturação (MEJÍA, 2004, p. 110). As entrevistas foram realizadas em um período de dois anos, desde março de 2006. Devido às dificuldades de financiamento teve-se que adequar as entrevistas, o que não impediu de realizá-las em quatro regiões do país, correspondendo a seis estados da federação: Pernambuco, Distrito Federal, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná e Rio Grande do Sul. No total foram realizadas 22 entrevistas, uma foi descartada devido à inadequação de sua temática, que não contemplava os pré-requisitos necessários para compor o *corpus* da pesquisa. Estes Estados representam grande parte da produção biotecnológica no Brasil e detém posição central na produção científica, nas suas respectivas regiões. Ademais, busou-se entrevistar aqueles líderes de pesquisa que tinham participado ou ainda participavam de comissões de biossegurança e firmas de biotecnologia.

As organizações investigadas compuseram um quadro bem distinto de *loci* de pesquisa possíveis no Brasil. São elas: Firms de biotecnologia, departamentos de biotecnologia de Universidades públicas e privadas, empresas públicas de pesquisa e desenvolvimento, empresas incubadas em universidades públicas e empresas incubadas em universidades privadas. Os entrevistados compuseram também um quadro bem distinto de papéis: cientistas *stricto sensu*, empresários *stricto sensu*, cientistas-empresários, diretores de inovação tecnológica de empresas públicas, membros da CTNBIO, líderes de pesquisa. O *corpus* prezou mais pela sua dispersão, na tentativa de contemplar o maior número de possibilidades de pesquisa e desenvolvimento da ciência e tecnologia no Brasil.

As instituições visitadas foram: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG, Belo Horizonte), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, Porto Alegre), A Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS, Porto Alegre), Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR, Curitiba), o Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia da Embrapa (CENARGEN, Brasília), a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ, Rio de Janeiro), a Universidade Federal de Viçosa (UFV, Viçosa, Minas Gerais), a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF, Juiz de fora, Minas Gerais), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, Recife) e Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais). Abaixo, um quadro resumo das entrevistas, acrescido da informação “área de pesquisa” e “empresa” na qual o cientista fazia parte. Deve-se notar no quadro abaixo que biotecnologia é uma área mais genérica que biologia molecular e melhoramento clássico, envolvendo técnicas variadas de obtenção de

conhecimento biotecnológico, ao passo que biologia molecular envolve as técnicas moleculares de conhecimento genético e engenharia genética, e melhoramento clássico envolve a seleção de espécimes desejadas sem utilizar técnicas de engenharia genética.

**Quadro 1 Documentos e características - entrevistas**

DOCUMENTO	AREA DE PESQUISA	EMPRESA	INSTITUIÇÃO
(ENTREVISTA 1)	BIOTECNOLOGIA	TARGETDNA	UFMG
(ENTREVISTA 2)	MELHORAMENTO CLÁSSICO	NC	UFRGS
(ENTREVISTA 3)	BIOLOGIA MOLECULAR	NC	UFRGS
(ENTREVISTA 4)	BIOLOGIA MOLECULAR	4G - BIOTECNOLOGIA	PUC-RS
(ENTREVISTA 5)	BIOLOGIA MOLECULAR	EMBRAPA	CENARGEN
(ENTREVISTA 6)	BIOLOGIA MOLECULAR	NC	FIOCRUZ
(ENTREVISTA 7)	BIOLOGIA MOLECULAR	EMBRAPA	CENARGEN
(ENTREVISTA 8)	BIOLOGIA MOLECULAR	EMBRAPA	CENARGEN
(ENTREVISTA 9)	BIOLOGIA MOLECULAR	4G - BIOTECNOLOGIA	PUC-RS
(ENTREVISTA 10)	BIOLOGIA MOLECULAR	NC	UFV
(ENTREVISTA 11)	INOVAÇÃO	EMBRAPA - INOVAÇÃO	NC
(ENTREVISTA 12)	BIOLOGIA MOLECULAR	NC	PUC-RS
(ENTREVISTA 13)	MELHORAMENTO CLÁSSICO	NC	UFRGS
(ENTREVISTA 14)	BIOLOGIA MOLECULAR	NC	UFJF
(ENTREVISTA 15)	BIOLOGIA MOLECULAR	NC	UFRGS
(ENTREVISTA 16)	BIOLOGIA MOLECULAR	EMBRAPA	CENARGEN
(ENTREVISTA 17)	BIOTECNOLOGIA	NC	PUC-PR
(ENTREVISTA 18)	BIOLOGIA MOLECULAR	ECOVEC/ BIOGENE	UFPE
(ENTREVISTA 19)	EVOLUÇÃO	NC	UFMG
(ENTREVISTA 20)	BIOLOGIA MOLECULAR	NC	UFMG
(ENTREVISTA 21)	BIOTECNOLOGIA	NC	UFOP

Legenda: NC: Não Consta.

**Quadro 2 Documentos e características - artigos**

DOCUMENTO	AREA DE PESQUISA	EMPRESA	INSTITUIÇÃO DE PESQUISA
(ARTIGO 1)	BIOTECNOLOGIA	TARGETDNA	UFMG
(ARTIGO 2)	BIOTECNOLOGIA	TARGETDNA	UFMG
(ARTIGO 3)	BIOLOGIA MOLECULAR	4G - BIOTECNOLOGIA	PUC-RS
(ARTIGO 4)	BIOLOGIA MOLECULAR	EMBRAPA	CENARGEN
(ARTIGO 5)	BIOLOGIA MOLECULAR	EMBRAPA	CENARGEN

A pesquisa selecionou também produtos cognitivos cristalizados – programas, projetos, artigos. Buscou-se nos programas e projetos, as seleções e as preferências no processo de produção do conhecimento. Estes se referem à observação e auto-observação do grupo em relação ao entorno. A estrutura emerge então na captação de como o grupo observa o entorno (na justificativa, por exemplo) ou a si mesmo (nas linhas, instrumentos a utilizar, métodos). O que se admite como verdade ou funcionamento inscreve-se no programa (LUHMANN, 1996a). Os contratos com empresas, os limites legais, a adequação às exigências governamentais, tudo isto inscreve-se no planejamento da

pesquisa, no projeto. Estes são os elos entre o sistema e o entorno, ou seja, definem temporalidades, montante de recursos, limites operativos condicionados. Os periódicos apresentam a forma da produção, materiais e métodos, teorias, apresentam controvérsias e identificam grupos, relacionam estes às suas seleções e, principalmente, expõem seu processo de administração da relevância na tentativa de estabelecimento de contato com o entorno. As entrevistas apresentam uma reflexividade mais direta, sem passar por formatos consagrados de discurso (literários) ou sem ter que operar no limite de formas mais rígidas de comunicação. Neste sentido, abre possibilidades para um aprofundamento em relação à comunicação reproduzida no interior do grupo e, ainda, a possibilidade de criar uma contraprova em relação aos dados institucionais. A articulação entre entrevista e artigo, fornece uma base real de preferências e seleções de cada grupo.

Seguiu-se também a perspectiva de Arnold (2004), de acordo com o qual o método de análise de dados que mais se acopla à perspectiva construtivista é a análise de conteúdo, pois permite desagregar os discursos individuais ou grupais e reagrupá-los em subtemas especificados, no caso, nos lados das diferenciações em que se operou a seleção (positividade), isso de acordo com a série de comunicações que o observador pré-selecionou como correspondente a cada lado da diferença da unidade. Após esta fase, buscou-se reorganizar os subtemas em função do reconhecimento das distinções detectadas, esta foi a fase em que a estrutura ganhou relevo (sendo estrutura de expectativas dos sistemas e subsistemas, liga-se à semântica da sociologia do conhecimento que relaciona esta estrutura à intenção, motivo ou interesse da comunicação na ciência). Ao mesmo tempo, esta estrutura conduz a seleções posteriores, conservando a circularidade do processo. Assim, a reprodução da ciência e tecnologia é tratada como uma articulação entre expectativas (motivação, intenção ou interesse) e seleção. Com isto, se perguntou em cada etapa da pesquisa:

- 1- Em face de quais expectativas se seleciona determinados contratos, linhas de financiamentos, instrumentos, técnicas, métodos, teorias, temas, objetos, periódicos, pessoas?
- 2- Quais seleções apresentam o sistema sob a forma de um emaranhado de comunicações cujo processamento se refere mais ao lado positivo do código da tecnologia (funcionamento) e menos do da ciência (verdade)?

Partiu-se então para relacionar estes dados com as hipóteses do projeto. Contou-se na análise com o auxílio do programa QSR N-VIVO 2.0, como codificador da comunicação em torno dos temas presentes nas entrevistas e documentos. Os nós construídos para a codificação estão abaixo (*tree nodes*) e foram selecionados em função da diferenciação básica geral ciência/ sociedade, sendo o lado da sociedade diferenciado posteriormente em outros sistemas sociais: economia, direito e política.

- 1= AI Tree Nodes
- 2= /Sociedade
- 3= /Sociedade/Economia
- 4= /Sociedade/Economia/ganho
- 5= /Sociedade/Economia/Firma
- 6= /Sociedade/Economia/Patente
- 7= /Sociedade/Economia/Indústria farmacêutica
- 8= /Sociedade/Economia/Produtividade rural
- 9= /Sociedade/Direito
- 10= /Sociedade/Direito/Legal-Illegal
- 11= /Sociedade/Direito/CTNBIO
- 12= /Sociedade/Direito/ANVISA
- 13= /Sociedade/Direito/Biossegurança
- 14= /Sociedade/Direito/Comitê de ética
- 15= /Sociedade/Política
- 16= /Sociedade/Política/Poder
- 17= /Sociedade/Política/Ciência e tecnologia
- 18= /Sociedade/Inovação tecnológica
- 19= /Sociedade/Inovação tecnológica/Novo-Velho
- 20= /Sociedade/Empreendedorismo
- 21= /Sociedade/Cooperação
- 22= /Sociedade/Universidade
- 23= /Sociedade/Universidade/Produtividade
- 24= /Sociedade/Centro-periferia
- 25= /Ciência
- 26= /Ciência/Verdade
- 27= /Ciência/Funcionamento
- 28= /Ciência/Tecnologia
- 29= /Ciência/Financiamento
- 30= /Ciência/Biotecnologia
- 31= /Ciência/Biologia molecular
- 32= /Ciência/Colaboração
- 33= /Ciência/Doença negligenciada
- 34= /Ciência/Transgênicos
- 35= /Ciência/Aplicação
- 36= /Ciência/Biocombustíveis

Após a construção dos nós, passou-se para o processo de codificação das entrevistas, seguindo os procedimentos de codificação aberta presentes na “teoria fundamentada” de Strauss e Corbin (2008). A codificação proporcionou agrupar dados de acordo com similaridades. Segundo os autores (STRAUSS; CORBIN, 2008, p. 26), os procedimentos de codificação consistem em:

- 1- construir em vez de testar a teoria;
- 2- fornecer aos pesquisadores ferramentas analíticas para lidar com as massas de dados brutos;
- 3- ajudar os analistas a considerar significados alternativos para os fenômenos;
- 4- ser sistemático e criativo simultaneamente;
- 5- identificar e relacionar os conceitos que são os blocos de construção da teoria.

No entanto, o ponto 1 foi descartado já que não se pretendeu com esta tese construir uma teoria. O que este procedimento nos proporcionou foi relacionar a codificação das entrevistas às categorias analíticas pré-selecionadas em função da teoria utilizada e finalmente relacionar os resultados às hipóteses propostas.

O que se queria buscar era a dimensão da codificação “sociedade” na “ciência”, incluindo a diferenciação na própria sociedade entre “centro/periferia”, deste objetivo partiu uma primeira codificação. Posteriormente, procurou-se averiguar até que ponto a presença da codificação “sociedade” nas entrevistas influenciava a codificação “funcionamento”. Assim, “sociedade” foi também decomposta em outros nós, como “inovação tecnológica”, “empreendimento”, entre outros. O que importava era verificar a relação entre a observação do entorno (por meio do nó “sociedade”) e a auto-construção do próprio sistema, de suas preferências e seleções. Como modo de exposição das relações das entrevistas com os nós, optou-se por expor as entrevistas que foram fortemente codificadas com determinados nós, utilizando o modelo (*model*) do próprio QSR N-VIVO. Para isso, observou-se a incidência de determinados nós nas entrevistas, no sentido da recorrência: as entrevistas expostas no modelo deveriam corresponder a um número considerável e o sentido do trecho codificado deveria corresponder a posituação do código. Por exemplo, em relação ao código centro/periferia, a entrevista deveria conter tal codificação em quantidade relevante e o sentido dos trechos codificados deveria ressaltar tal código, como motivação para a prática.

Grande parte dos nós de codificação selecionados tinha um conteúdo analítico. Deste modo, ao codificar uma frase ou parágrafo, já estava operando um princípio de análise do material, que, no entanto, foi aprofundado com análises posteriores. Por exemplo, o nó “funcionamento” identificava algum trecho que correspondia à hipótese geral da tese, no entanto, o nó “aplicação” necessitava de outras informações para que se pudesse considerar aquele trecho como representativo da hipótese geral. A este procedimento posterior à codificação aberta, Strauss e Corbin (2008) chamam de codificação axial.

Os documentos, material institucional, *folders* das instituições e grupos pesquisados foram utilizados como dados complementares e a maioria serviu para endossar o argumento, ainda que não aparecessem no corpo da tese. Caso oposto ocorreu com os artigos dos grupos de pesquisa. Privilegiou-se esta fonte de dados porque nela aparece a ciência sob a forma tolerada pela sociedade, por meio de um mecanismo que opera na escrita do artigo chamado de “administração da relevância” (KNORR-CETINA, 2005). A administração da relevância é a depuração da contingência da prática científica, mostrando as seleções, antes contingentes, como necessárias. Neste ponto, pode-se averiguar o quanto à ciência se encontra acoplada à sociedade, e o quanto tal acoplamento cruza a prática científica. É exatamente a reconstrução dos cruzamentos dos nós “ciência” e “sociedade” na análise o que forneceu a base compreensiva para a hipótese.

Deve-se fazer uma ressalva quanto ao alcance de uma pesquisa como esta. Obviamente tal pesquisa não fornece informação para uma generalização teórica. Desconfia-se que alguma pesquisa o faça, na medida em que todas as relações selecionadas para testar uma hipótese são contingentes e limitadas: encerram uma dimensão da realidade, não a realidade, sempre desconhecida porque construída. Esta pesquisa tem a pretensão de reproduzir a ciência e seu cânone generalizado, utilizando um ponto de vista que parte de um lugar específico, com preferências e seleções contingentes. Pode-se reivindicar aqui sua originalidade, já que nenhuma observação é igual à outra.

## 5 Organização da tese

Nos capítulos seguintes o que guiará o olhar sobre a ciência é a ideia de que o conhecimento científico é contextualizado. Sabe-se, porém, que existem diversas maneiras de contextualização, dependendo de onde e o que se observa. Utilizou-se o critério teórico da teoria dos sistemas de Niklas Luhmann para observar a formação dos sistemas sociais. Segundo esta concepção, discutida e contextualizada em um capítulo teórico (capítulo 1), pode-se observar o processo de formação de sistemas sociais de três modos: sistemas sociais, sistemas organizacionais e interações (LUHMANN, 1998). Baseando-se nesta proposta teórica, o desenho da tese e a investigação foram concentrados nos aspectos sistêmico e organizacional da formação dos sistemas sociais que participam do regime de produção de conhecimento. Deste modo, buscou-se caracterizar a ciência ocidental moderna, primeiro em termos sistêmicos, ressaltando o programa experimental e o controle do código da verdade e não-verdade (capítulo 2). Neste nível ainda de formação sistêmica discutiu-se as comunicações científicas que se reproduzem no subsistema biotecnológico (capítulo 2). Posteriormente investigou-se tal sistema social em termos de sua crescente organização, ressaltando sua reprodução por meio de decisões (contextuais) em organizações como firmas de biotecnologia, incubadoras de empresas e universidades (capítulo 3). No capítulo 4, a regra de observação centro/ periferia foi utilizada para ver como o sistema científico organizado se reproduz na periferia do sistema científico global, especificamente como sistema biotecnológico periférico. E finalmente no capítulo 5, acopla-se estes dois processos no estudo empírico da reprodução científica em grupos de pesquisas biotecnológicos na periferia.

# CAPÍTULO 1

## Da rede contínua aos sistemas sociais

*Ciência não é política por outros meios. Ao contrário, eu defendo um olhar cuidadoso nas condições da produção do trabalho científico em questão e as relações sociais que a sustentam.*

Timothy Lenoir

Este capítulo é uma investigação sobre os conceitos utilizados nos estudos sociais da ciência e tecnologia, focalizando principalmente a unidade de análise que as diferentes vertentes utilizaram na discussão da relação ciência/ sociedade. A investigação leva em conta estes conceitos no interior da teoria social, relacionando-os às diferenciações sociológicas clássicas como ação e estrutura, indivíduo e sociedade, macro e micro teorização. O objetivo é observar as unidades de análise com o olhar da teoria dos sistemas de Niklas Luhmann e apresentar finalmente como o conceito de sistema social pode ser uma forma que melhor lida com os problemas relacionados ao estabelecimento dos limites da relação unidade/ totalidade. O capítulo discute duas premissas desta problemática teórica: aquela que considera a relação entre ciência e sociedade de maneira contínua - os processos científicos não apresentando nenhuma diferença em relação aos processos sociais mais amplos -, ou, ao contrário, aquela que considera tal relação levando em conta a diferença constitutiva de cada um destes âmbitos – ciência e sociedade como âmbitos *sui generis*. Escolher entre estas premissas estruturará conceituações diferentes e tratamento distinto para a relação ciência/ sociedade: o que pode fazer com que a ciência seja considerada um epifenômeno do fenômeno social mais amplo ou um fenômeno com qualidades próprias.

Assume-se, nesta tese, a premissa de que há uma distinção entre ciência e sociedade. Busca-se apresentar um referencial teórico sistêmico que permita observar a ciência como diferenciação processada no interior da sociedade e, portanto, que especifica seus próprios processos constituintes. Posteriormente, em função da unidade de análise “sistema”, apresentar-se-á uma conceituação que permite observar a diferenciação centro/ periferia e, deste modo, possibilita compreender de forma mais acurada, o contexto

periférico da produção científica. É com o olhar voltado para a teoria social como um todo que se busca, neste capítulo, teorizar o sistema sociedade e o sistema científico.

## 1.1 A noção primitiva de sistema e a unidade de análise dos estudos da sociedade

A relação da sociologia com seu objeto, a sociedade moderna, se constrói dentro do sistema da ciência, e todas as conceituações que emergiram em sua história são autoconstruções. Este objeto sociológico torna-se, portanto, aquilo que o subsistema da sociologia descreve. A sociologia, por seu turno, transforma-se em relação com a sociedade, tal relação é, portanto, sempre resignificada, reinterpretada. Isso posto, a observação sociológica da sociedade moderna pode apresentar uma esfera crítica, normativa e descritiva, não exclusivamente, embora algumas abordagens se pretendam a isto. Estas observações podem ser diferenciadas temporalmente e ganham, em períodos distintos, prevalência em relação às outras, ao se autoconstruir através de suas agendas e temáticas de pesquisa próprias, orientadas pela observação, apropriadas, por exemplo, ao momento político<sup>3</sup>. Toda teoria sofre destes condicionamentos, embora em uma sociedade em que a memória materializada é sobrevalorizada, os fluxos e refluxos da aceitação e negação são mais corriqueiros, vide o caso do marxismo. Com a teoria dos sistemas não seria diferente. Em sua história houve fluxos e refluxos, controvérsias cognitivas e políticas, e, isto também, se deveu ao estado da arte de diversas disciplinas – cibernética, biologia, teoria da informação, sociologia – e ao estado da própria sociedade.

Não é correto afirmar que a teoria dos sistemas seja um marco de pensamento do século XX, porque em sua estrutura teórica convivem elementos conceituais de diferentes teorias filosóficas muito anteriores, ainda que nelas a ideia de sistema fosse apenas uma fraca intuição. Deste modo, como sustenta o próprio criador da abordagem sistêmica atual, “a noção de sistema é tão velha quanto a filosofia moderna” (BERTALANFFY, 1972, p. 407). Esta noção estaria presente, por exemplo, na busca por uma ordem que pudesse

---

<sup>3</sup> Na história da sociologia não são poucos os exemplos de teorias “credenciadas” e “apropriadas” a âmbitos específicos como o direito e a política. O exemplo mais destacado foi o *Projeto Camelot* do Governo dos Estados Unidos, criado em 1964, que visava fundamentalmente a elaboração de um modelo de sistemas sociais com o intuito de prever e influenciar o curso da história, primeiramente na América Latina. O exército americano recrutou então cientistas sociais funcionalistas para elaborarem tal plano e este contexto de pesquisa e aplicação acabou gerando relatórios carregados de uma linguagem higiênica e sanitária (HOROWITZ, 1969).

controlar um caótico mundo primitivo pelos filósofos gregos, por meio do pensamento e ação racional, como Aristóteles procedeu ao afirmar que o todo é mais que a soma das partes. Estaria presente também, como todos unificados, em Santo Tomás de Aquino na concepção de que as partes dependem do todo. Esta é a premissa subjacente às investigações da problemática sistêmica posterior. As diferentes manifestações da noção de “sistema”, ainda que fossem intuições vagas, seguiram as possibilidades teóricas de seu tempo, não se articularam em uma teoria comum, nem tiveram a mesma rubrica: foram manifestações esporádicas, condicionadas historicamente, de uma mesma noção que, ainda que intuitivamente, perpassou as diversas abordagens.

Na noção de sistema está a ideia de que qualitativamente há uma ruptura entre os elementos discriminados em uma relação e a própria relação: Cidadãos e a *Polis*, Criador e criaturas, Estado e sociedade, organismo e célula, sociedade e indivíduo, sistema e ambiente. Todas estas diferenciações têm como característica a assimetria entre os elementos da relação e a relação mesma, e, neste sentido, a relação tem características que não podem ser reduzidas às características dos elementos relacionados. A fenomenologia da relação é aquilo que a própria encerra, sem precisar recorrer às características que são próprias dos elementos que a constitui. A formulação mais moderna para esta problemática que resistiu ao tempo é a ideia de que o todo não é a soma das partes: a emergência de uma totalidade cria uma especificidade fenomênica que passa a responder por si mesma, sem precisar de uma referência externa para a sua caracterização. Segundo Sorokin (1969, p.125) “a floresta tem uma realidade, propriedades e funções muito diferentes da soma das propriedades de todas as árvores que a compõem”.

Teorias como a teoria das mônadas de Leibniz (1646-1716) expressam esta noção em termos metafísicos. As mônadas, sobre as quais ele se debruça em seu mais famoso livro, são entidades simples que se juntam e constituem agregados, e será sua constituição interna em determinados momentos que conduzirá sua forma para configurações futuras. Compostos vivos são pensados como sendo compostos por mônadas que encerram o limite do corpo, dentro do qual mônadas centrais estão implantadas e são o princípio da unidade viva (RUSSO, 1938). Ainda quando se analisa o fenômeno biológico<sup>4</sup>, sob os auspícios do

---

<sup>4</sup> A ideia de mônada se assemelharia à célula viva, esta seria sua referente empírica mais próxima (MARTÍNEZ, 1981). Robert Hook utilizou a palavra célula 50 anos antes do texto de Leibniz, sendo provável que uma concepção de corpúsculos vivos microscópicos já circulasse na atmosfera intelectual de Leibniz. Posteriormente a própria evolução do conceito de célula iria aparentemente se utilizar do monadismo ao considerar estas estruturas viventes como unidades compostas (sistemas vivos) e não simples, como Hooke as havia descrito. Posteriormente, uma outra transformação teórica haveria de recriar o

monadismo, se apresentam elementos teóricos que posteriormente farão parte de teorizações sistêmico-funcionalistas, como função, o vivente como um ser em si mesmo, desenvolvimento interno a partir de programas autônomos, adaptação, a negação da mudança por meio de forças externas - “Do que acabamos de dizer segue que as mudanças naturais das Mônadas procedem de um princípio interno, posto que uma causa externa não pode influir em seu interior” (LEIBNIZ, 1981, pág. 81) -, a negação da causalidade, se tais elementos permitem ou não intercâmbio de algum tipo, entre outros.

Tampouco existe meio de explicar como uma Mônada pode ser alterada ou mudada em seu interior por alguma outra criatura, posto que nela não cabe transpor nada e nem conceber movimento interno algum que possa ser excitado, dirigido, aumentado ou diminuído dentro dela, como se fosse possível nos compostos, onde existe mudança entre as partes. As Mônadas não têm em absoluto janelas pelas quais possa entrar ou sair algo (LEIBNIZ, 1981, pág. 77).

Esta noção adentrou outros campos do saber na medida em que estes buscavam o fechamento metodológico de seus objetos, processo que coincide com a própria institucionalização das disciplinas responsáveis pelas investigações. Era contra a dispersão do objeto no todo que, metodologicamente, os observadores utilizavam a diferenciação parte/ todo, o que possibilitava selecionar aspectos específicos do mundo. À complexificação destes campos de saber correspondeu a simplificação do objeto em torno de unidades discretas de análise que mudaram o alcance do empreendimento científico: da diferenciação medieval holística em parte e todo, para a diferenciação especificada entre sujeito e objeto<sup>5</sup>. O século XIX foi o herdeiro mais direto desta compreensão e, não

---

monadismo e estabelecer uma outra unidade para a vida, desta vez o gene (Gregor Mendel como seu proponente), descrevendo o desenvolvimento dos organismos através da unidade da vida. “O indivíduo corpóreo será agora um fenômeno (somático) — um fenótipo —, porque a matéria realmente biológica é o gene, e gene nem sequer é um corpúsculo (...), mas sim uma unidade funcional (...), um foco puntiforme que contém ‘um programa’” (MARTÍNEZ, 1981, pág. 38).

<sup>5</sup> É creditado a René Descartes (1596-1650) o impulso metodológico para tal mudança, mas deve-se atentar para o fato de que a filosofia mecanicista da “revolução científica” em tudo contribuía para compreender as coisas desta forma e para fornecer a base para um “impulso decompositivo”. Primeiro que o pensamento pós-medieval superava concepções escolásticas, de chariz aristotélico, que compreendiam o engenho humano apartado do natural, este, divinizado, era incapaz de ser superado, restando aquele a artificialidade e a imitação. Segundo, a metáfora do relógio, mecanismo que remonta ao final do século XIII, era suficientemente possuidora de uma nova compreensão do mundo, o relógio encerrava seu próprio mecanismo em torno de peças funcionais que podiam ser separadas e re-montadas. Finalmente, a organização da pesquisa em torno do método experimental, em desenvolvimento na época, se adequava perfeitamente aos dois fatores anteriores na medida em que necessitava de uma concepção não-teológica da natureza e mecânica do funcionamento para que se pudessem fazer experimentos sem implicar a afronta da ordem social (ver SHAPIN, 1999).

coincidentalmente, o século de efetivação de grande parte das disciplinas hoje estabelecidas e com objetos definidos<sup>6</sup>.

Importante ressaltar, neste período de consolidação da sociologia como disciplina, o trabalho de Georg Simmel e seus estudos das formas sociais, provavelmente a teoria social onde aquela noção de sistema antiga esteve mais presente. Simmel trata das “formas sociais”, um conceito fundamental tanto para suas pretensões exegéticas, quanto para as pretensões científicas da então nascente disciplina. Segundo Wolff (1950, p. xxxix), “a noção de forma é a mais importante contribuição filosófica e metodológica para o estabelecimento da sociologia como ciência”, e, se pudesse ser definida em uma única expressão – algo ingrato pelos vários usos em seu trabalho –, poderia ser entendida

como aquele elemento que entre os elementos relevantes, tanto para uma investigação particular quanto para um ponto de vista sociológico geral, é relativamente estável – em contraste com o “conteúdo” que, com as mesmas especificações, é relativamente variável (WOLFF, 1950, p. xxxix).

É aqui que determinados elementos da análise sistêmica posterior encontram sua gênese sociológica. Conceitos como “forma”, “elemento”, “estabilidade”, “relação”, passarão a ser recorrentes na análise sociológica e as perguntas metodológicas de partida passam a prestar conta da “forma estável do objeto de análise”, dos “elementos que o compõem” e “da relação entre forma e elemento”. A sociedade passa a ser estudada sobre o ponto de vista de elementos estáveis que entram em interação formando o horizonte total de possibilidades de vivência. Como segue:

Tudo isso nos conduz à questão do papel das formas da vida social em Simmel. A ideia básica é a de que determinados padrões de interação destacam-se dos conteúdos (sentimentos, impulsos etc.) que de certo modo lhes davam vida e passam a operar por sua própria conta, como receptáculos para relações que se ajustem a eles. Isso permite pensar a sociedade não diretamente como um conjunto de interações em fluxo, mas como um conjunto de formas padronizadas (COHN, 1998, p. 28).

Este impulso investigativo na direção das formas sociais pode ser melhor descrito como um impulso no sentido da “forma socialmente relevante” para o processo social. Descartar aquilo que, mesmo constatando a existência, seria supérfluo para a análise social.

---

<sup>6</sup> A esse respeito ver estudo de Lenoir (1997) sobre a institucionalização do que ele, usando Pierre Bourdieu, chama de campos disciplinares.

Neste período de institucionalização disciplinar avançada, as ciências estavam à procura de suas unidades fundamentais, elementares, sobre as quais se assentaria a totalidade dos fenômenos correspondentes a seu campo de análise, um ponto arquimédico para sustentar a observação. Isto era resultado, sem precisar retroceder a Demócrito e aos atomistas gregos, da busca incessante do cânone da física moderna pelos “tijolos” constitutivos da matéria, que no século XIX ganhara força nas novas propostas da estrutura atômica. O modelo da física foi incessantemente reiterado e buscado pelas outras ciências, a sociologia incluída, e muitas vezes as conquistas não passavam de analogias grosseiras de conceitos como elemento, força, mecânica, inércia<sup>7</sup>. As teorias sociológicas daí derivadas eram de natureza singularista-atomistas ou sistêmico-totalitárias, e privilegiavam a parte ou o todo nas análises, dificilmente buscavam a articulação.

O problema reside fundamentalmente naquilo que se considera como “unidades elementares”, afinal, até hoje, nem a física chegou às suas<sup>8</sup>. Esta problemática orientou as posteriores discussões teóricas sobre ação e estrutura, imbróglgio sociológico mor na definição de paradigmas sociológicos no século XX. Mais do que isto, assumir um modelo físico como horizonte metodológico, naquele momento, envolveu assumir tacitamente a ideia do observador externo, mundo objetivo e descrição isenta de valores. Porém, a sociologia busca se separar deste obstáculo epistemológico ainda cedo e acaba caindo em outros: se a indicação objetiva do fenômeno é uma impossibilidade, a negação de um mundo objetivo não soluciona o problema; se não há observador externo, o construtivismo radical tampouco pode servir de referência ao problema da legitimidade da observação. Estes problemas permaneceram latentes em grande parte das propostas teóricas elaboradas. A definição do ponto arquimédico da observação, da unidade discreta de análise, do “unit act” da sociologia fora subteorizado, tacitamente aceito nas análises.

---

<sup>7</sup> Embora houvesse também as analogias biológicas do funcionalismo derivadas de teorias “vitalistas”, no caso de Emile Durkheim, e da evolução, no caso de Herbert Spencer.

<sup>8</sup> A sociologia instituiu o indivíduo, e seu processo de interação, em várias tentativas analíticas, agrupadas sobre o rótulo de microsociologia. Estas tinham também em Simmel um ponto de partida já que este relatava formas sociais fundadas na interrelação, como a Díade (SIMMEL, 1950). Refiro-me especificamente ao interacionismo simbólico, à fenomenologia social e à etnometodologia, e os fenômenos sobre os quais se debruçavam eram a interação face-a-face, a formação do EU na vida cotidiana, a produção do conhecimento cotidiano. Para uma abordagem interacionista e fenomenológica ver Berger; Luckmann, 2002; para uma outra etnometodológica, ver Garfinkel, 1967.

## 1.2 A diferenciação teórica básica: ação/estrutura.

Em termos teóricos, a sociologia elaborou duas propostas igualmente excludentes, a primazia do indivíduo e interação nos processos sociais reforçando uma concepção microssociológica e singularista e a anterioridade da sociedade como âmbito suficiente de entendimento do todo social, fazendo valer, analiticamente, macroestruturas sociais. Ambas as propostas se viam limitadas quando se deparavam uma com a outra: à microssociologia caberia o desafio de estabelecer um âmbito investigativo macrosocial, que desse conta da totalidade, e à macrosociologia caberia reformar as bases normativas em direção de uma concepção que levasse em conta níveis menos abstratos de teorização social (KNORR-CETINA, 1981, p. 01). Afinal, duas calamidades se ensaiavam nas propostas radicais. A primeira, concernente à microssociologia, diz respeito a importância na interação *face-to-face* de âmbitos que não estão imediatamente na relação; a segunda, de orientação macrosociológica, diz respeito ao descaso com o ator social, cultural e normativamente “dopado”, reduzido a elementos reprodutores da ordem e aparentemente não-reflexivo. Pode-se dizer que os problemas metodológicos e teóricos surgidos, por meio desta caracterização, residam exatamente na diferenciação ação/estrutura e que ainda fazia parte de uma noção antiga de sistema, que diferenciava sua unidade entre o todo e as partes. Ocorre o que corriqueiramente se deu na construção teórica, um reducionismo generalizado: o “cobertor teórico” era curto demais para admitir que elemento e sistema, ação e estrutura, parte e todo pudessem pertencer à mesma abordagem.

Diversas tentativas emergiram após a polarização da sociologia americana entre o estrutural-funcionalismo de Parsons e as propostas microssociológicas, interacionistas que dominaram o cenário teórico por décadas. Estas tentativas podem ser incluídas naquilo que Jeffrey Alexander uma vez chamou “novo movimento teórico” e se sustentam exatamente no vácuo teórico, emergido a partir do colapso das unilateralidades e reducionismos acima descritos (ALEXANDER, 1987). Nem a ação, elemento chave nas análises voluntaristas, nem a estrutura, unidade analítica dos estruturalistas, seriam levadas às últimas consequências analíticas, mas agora comporiam o quadro teórico geral de maneira não exclusiva. Houve basicamente uma reavaliação conceitual em ambos os elementos

teóricos, e qualquer teoria surgida, após estas discussões, tinha que prestar contas de suas fundações heurísticas apresentando ambos os elementos articulados<sup>9</sup>.

Não se vai entrar aqui no mérito das novas teorias sociológicas que levaram tal objetivo à frente, mas alguns novos elementos teóricos serão apresentados devido ao fato de que tanto a sociologia do conhecimento científico, por um lado, e a teoria dos sistemas, por outro, estavam imersos neste contexto inovador. Como dito, de uma forma ou de outra, as tentativas analíticas buscaram superar aqueles impasses teóricos e se sustentar no limite das perspectivas em litígio, promovendo uma síntese. Para cada conceito resignificado, na análise crítica das teorias antigas que frequentemente se fazia, uma série de propostas emergia dos mais diferentes lados da teorização. Uma insatisfação crescente com o estruturalismo e o funcionalismo, acompanhada de um sentimento de frustração com o conceito de agência, indicava a necessidade não apenas de uma rediscussão da forma teórica assumida por estas escolas, mas de uma nova “estética teórica” que fizesse emergir elementos analíticos compatíveis com estes tempos.

É neste cenário que se analisa as práticas sociais compreendidas em um “contexto”, em uma “situação” dotada de sentido, resignificada de acordo com os elementos ali envolvidos e não reduzível aos indivíduos em interação. É entre os descontentes com as teorias unilaterais que emergiu uma nova teorização da unidade de análise. Há um “giro cognitivo” na teoria social (KNORR-CETINA, 1981, p. 07) que enfoca, principalmente, aquilo que as pessoas fazem e dizem *in situ*, relacionando estes elementos à macroestruturas como seus “blocos constituintes”. Por isso o estudo da comunicação ou ação comunicativa como dimensão teórica valorizada, neste período, como presente nas teorias de Niklas Luhmann e Jürgen Habermas. Estas concepções tornaram possível o entendimento da ação social em sua dinâmica reflexiva e substancialmente inovadora, apresentando novas concepções para os antigos conceitos de reprodução e ordem social (DOMINGUES, 1999). Articulando estes elementos emerge um desenho da sociedade funcionando como uma imensa “rede” cujos nós são as interações situadas de agentes reflexivos.

Não tardaria muito para que o problema do limite retornasse à pauta teórica e novamente dificultasse o processo analítico. Afinal, se se analisa a situação, o contexto ou ainda uma rede, onde estariam os limites situacionais e contextuais ou a costura da rede

---

<sup>9</sup> Caso celebrado é a teoria da estruturação de Anthony Giddens, a teoria dos campos de Pierre Bourdieu e a teoria da ação comunicativa de Jürgen Habermas. Para uma análise introdutória dessas perspectivas, ver Domingues, 2001.

objetivamente? Mais que isto, haveria limite? Se a resposta fosse sim ou não, cair-se-ia no velho dilema ação-estrutura, se não houvesse resposta, correr-se-ia o risco de subespecificação conceitual. Para a época, tornou-se quase uma obrigação a definição de como o dilema seria tratado na pesquisa, qualquer que fosse. Emergem, daí, tentativas de sínteses que tratarão as escolhas “relativamente”, relacionando as afirmações sobre o objeto a uma possível “flexibilidade interpretativa”, fazendo emergir então expressões como “campos relativamente autônomos”, “redes sóciotécnicas” e “arenas transepistêmicas”, entre outras. Naquilo que une estas tentativas, se sobressai a busca pela superação da subespecificação conceitual, ou seja, a tentativa de delimitar o objeto sobre o qual se investiga ou, melhor, focalizar teoricamente para não se ter que sustentar, no vazio, um limite arbitrário. E, novamente, a noção de sistema faz-se presente. A pergunta metodológica feita é a seguinte: quais elementos devem ser considerados na análise, de forma necessária, para que não se reduza o fenômeno a uma complexidade incompatível consigo mesmo, ou a uma complexidade que supere as possibilidades objetivas da própria investigação? Chega-se então ao cerne da questão: os problemas metodológicos enfrentados, para se definir o objeto, residem na hipercomplexidade ou na hipocomplexidade atribuída pelo observador ao objeto. O foco se desloca, assim, do objeto para o observador.

Knorr-Cetina (1981) discute esta função especificadora e construtivista do observador, argumentado que a complexidade atribuída ao objeto é arbitrária caso não se considere elementos cognitivos do observador. Sua saída teórica é indicar na seleção dos membros a delimitação da situação objetiva de pesquisa, na seleção de um encontro *face-to-face* que cria um conjunto de informações disponíveis à observação. Nesta direção, ela propõe a hipótese da representação (*Representation Hypothesis*) contrastando com duas outras hipóteses que buscam a superação do dilema micro-macro, a saber, a hipótese da agregação (*Aggregation Hypothesis*), de Randal Collins, e a hipótese das consequências não pretendidas (*Hypothesis of Unintended Consequences*), de Rom Harré e Anthony Giddens (KNORR-CETINA, 1981, Pág., 25).

A primeira hipótese sustenta que o âmbito macro se estrutura em decorrência da agregação e repetição de micro episódios similares, que são encontros sociais situados e nos quais há o engajamento baseado levemente nas definições do passado, sendo possível repetidamente a reinterpretação (KNORR-CETINA, 1981, p. 26). Tudo então que restaria à sociologia seria a análise de elementos tais como interações e relacionamentos situados. A proposta não é muito nova se se tem em mente o trabalho clássico da fenomenologia ou

do interacionismo simbólico, principalmente Berger e Luckman (2002). Já a segunda hipótese, mais sofisticada, não relaciona diretamente macroestruturas à microelementos, mas, reconhecendo a dimensão contingente da sociedade, postula a favor de uma existência do macronível, não diretamente resultante das intenções expressas pelos atores em interação, a emergência de um nível foge ao controle dos indivíduos e no futuro lhes aparece confrontando-os. Isto é o mesmo que a investigação de Max Weber a respeito das consequências não premeditadas da ação, implícitas fundamentalmente quando analisa a gênese do capitalismo moderno (WEBER, 2004).

Ambas as propostas se sustentam ainda no micronível, tentando reconstruir o macro desde aí. Estas propostas são confrontadas com a hipótese da representação, a qual considera o macronível como um âmbito “ativamente construído” e que deve ser procurado no interior de microações (KNORR-CETINA, 1981, p. 40). Busca a fundamentação do macro no micronível, já que tudo socialmente relevante se resume a este último nível, onde se (re)negocia representações cotidianas para estruturação e desconstrução de conteúdos sociais<sup>10</sup>:

[macroestruturas] parecem residir dentro desses microepisódios onde aqueles parecem resultados das práticas estruturantes dos agentes. O resultado dessas práticas são representações que prosperam sobre uma alegada correspondência em relação àquilo que elas representam, mas que ao mesmo tempo pode ser vista como construções situadas que envolvem muitos níveis de interpretações e seleções (KNORR-CETINA, 1981, p.34).

Esta hipótese é o mote da talvez mais influente escola dos estudos sociológicos do conhecimento, os estudos etnográficos de laboratório. Nestes estudos está presente a primazia do micro e o conceito de ação social, o contraste entre organização e interação: ainda que sejam importantes, as organizações só podem ser entendidas em sua independência, se se averigua sua subjacente natureza interacional, para que se possa “aspirar a entender os significados e a seqüencialidade das características formais” manifestadas nas organizações (KNORR-CETINA, 2005, p. 131). Ao se retornar ao

---

<sup>10</sup> Esta perspectiva também é compartilhada por Bruno Latour e por uma grande parte dos sociólogos e antropólogos da ciência e tecnologia que se enveredaram pelos estudos de laboratório. Parece óbvio que se teria que conceber a primazia deste nível, micro, já que o *locus* reduzido do laboratório não poderia responder pela sociedade inteira ou qualquer imagem de uma macroestrutura. Porém, o que é mais interessante é que ao considerar as micropráticas laboratoriais, e a representações ali criadas por meio da negociação, pode-se alcançar níveis ascendentes por meio da confecção de uma rede que tomará toda a sociedade (LATOUR, 1999). Esta concepção teórica é que orienta as investigações da teoria do ator-rede sobre a qual ainda se falará.

problema do critério do observador, vê-se que ele não está ainda, de todo, solucionado, embora estes apontamentos indiquem direções. A questão do limite da interação, ou da organização, é subsumido, mas não suficientemente solucionado a ponto de uma especificação clara do fenômeno social a que se chama “interação” ou “organização”. Os limites de tais conceitos ainda permanecem implícitos e sua delimitação só ocorre por uma aceitação tácita de que alguns elementos e não outros compõem o fenômeno a que se pretende discorrer.

### 1.3 A unidade de análise dos estudos sociais da ciência e da tecnologia

Interessa neste momento apresentar algumas saídas ao problema da definição da unidade de análise e de seus limites apresentando alguns estudos relacionados com o campo disciplinar aqui utilizado, qual seja, os estudos sociais da ciência e da tecnologia<sup>11</sup>. Cabe indicar que os elementos já assinalados acima, incluídos nas tentativas de articulação ação/estrutura, estão presentes nestas abordagens, sendo o conceito de rede, arenas transepistêmicas, *core-set*, sistema tecnológico, comunidade científica, campo científico, entre outras, as expressões conceituais que exaustivamente são reiteradas nestes estudos com o intuito de dar conta da articulação do âmbito macro e micro da teoria social.

Como um dos principais programas de investigação sociológica do conhecimento científico, o Programa Forte da Sociologia do Conhecimento (SSK, sigla inglesa para *Sociology of Scientific Knowledge*) desenvolvido em Edimburgo por David Bloor e Barry Barnes, representa uma ruptura tanto com a maneira em que a sociologia historicamente tratou o conhecimento científico, quanto com o elemento de referência a se considerar como objeto. Antes de *Knowledge and Social Imagery*, publicado em 1976, pedra angular de tal programa, o estudo da ciência se concentrava na instituição científica e em seus valores morais que garantiam o funcionamento e a ordem, bem à moda do estrutural-funcionalismo de Parsons. Para os sociólogos de Edimburgo, cabia à sociologia o estudo do próprio conhecimento científico já que era a partir dele que uma ordem social se estruturava, ao contrário da proposta mertoniana, da ordem a partir dos valores morais que estruturavam o *ethos científico* (MERTON, 1984). Nestas duas escolas abandonava-se a

---

<sup>11</sup> Uma discussão das vertentes relacionadas ao estudo da sociologia do conhecimento e da tecnologia no Brasil pode ser encontrada em Mattedi, 2006; Neves, 2006; Rodrigues, 2005.

perspectiva do indivíduo e sustentava-se a reprodução da ciência em estruturas como uma comunidade moral ou um paradigma científico (SHAPIN, 1995a).

Neste ponto, Merton usou expressões macrossociológicas do funcionalismo, tais como “domínio religioso”, “campos da cultura” e “âmbitos culturais” no interior dos quais uma comunidade se formava em torno de determinados valores comuns. Já a SSK utiliza o conceito de comunidade científica como Thomas Kuhn a utilizou (BARNES, 1982), embora tal utilização apresente elementos inovadores (MATTEDI, 2006). Foi Kuhn quem fez a transição de uma imagem do conhecimento científico como obra de um gênio, individual, para uma visão mais coletivista da produção do conhecimento, localizando-o em seu contexto de uso (BARNES et al., 1996). Ademais, Barnes (2001) usará a ideia de paradigma de Kuhn no sentido das ações práticas compartilhadas pelos membros, os quais entrarão em acordo na medida em que estas práticas são reconhecidas no interior de um determinado campo.

Em ambos os casos seria possível a delimitação da unidade de análise envolvida no problema da ciência e do conhecimento. No caso de Merton, os imperativos morais forneciam regras de conduta que fechavam a comunidade científica em torno de valores comuns, sujeitando o desvio à pena. Eram quatro os valores descritos: o universalismo, o desinteresse, o comunismo e o ceticismo organizado (MERTON, 1979, p. 39); no caso da sociologia do conhecimento científico de Bloor, os elementos estruturantes de uma determinada visão de verdade contidos no paradigma dominante da prática científica, forneciam tanto os conteúdos quanto as práticas necessárias para a filiação paradigmática, reduzindo as verdades possíveis àquelas consensuadas. Por exemplo, os cientistas que pesquisaram a termodinâmica no século XVIII estavam de acordo com a ideia de *flogístico* e se agrupavam em decorrência desta hipótese, assim como os biólogos moleculares do final do século XX se agrupam em torno da ideia de DNA (ácido desoxirribonucléico) como molécula fundamental da vida, o chamado *dogma central da biologia molecular*.

Uma relação entre ordem social e ciência era estabelecida pelas duas perspectivas, porém, as dimensões abordadas diferem exatamente no objeto de análise, ainda que os objetos estivessem circunscritos ao âmbito científico, mesmo que a tese dos dois autores fosse histórica. Merton (1984) estudou o nascimento da ciência no século XVII na Inglaterra e a ligação estreita entre ciência e puritanismo; Bloor (1992) pesquisou o pensamento matemático e a produção de provas na história da disciplina. O giro cognitivo acima referido se interpõe entre as contribuições dos dois. Merton se concentrou na

instituição científica, Bloor no conhecimento. É possível que as duas abordagens, a partir desta escolha metodológica, tenham chegado a conclusões diferentes sobre o que a ciência é, embora um não desprezasse o âmbito assinalado pelo outro. É possível também, como afirma Shapin (1995a), que a ideia de comunidade na sociologia do conhecimento científico fora reespecificada em outro idioma, já que os elementos de coesão social e solidariedade, como na abordagem funcionalista de Merton, ainda estavam lá, mesmo que de forma diferente<sup>12</sup>. Com isso, quer-se dizer que a diferença também se manifestava entre Bloor e Merton na especificação metodológica do nível de realidade social em que ambos se propuseram a entender a ciência: para o primeiro a ciência era conhecimento científico, para o segundo, instituição; para o primeiro, à sociologia da ciência cabia o estudo dos interesses cognitivos envolvidos na produção do conhecimento, para o segundo, necessário era estudar as relações que se estabeleciam entre os valores morais da sociedade mais ampla e suas afinidades eletivas com a ciência.

Um outro elemento se faz importante nesta mudança de foco nos estudos sociais da ciência, e ele diz respeito ao “giro linguístico” (*Linguistic turn*) que tomou as ciências sociais, após Merton. Bloor já estava imerso naquele cenário e suas concepções eram tributárias do trabalho de Ludwig Wittgenstein, cujas noções de “formas de vida” e “jogos de linguagem” eram cruciais para se entender como se dava a existência em uma comunidade linguística, no interior da qual os indivíduos expressavam seus significados nos usos compartilhados da fala (BARNES, 2001). Era nesse cenário que a escola de Edimburgo relacionou diretamente consenso semântico e interesse cognitivo, no interior de uma comunidade, com verdade científica, mudando o foco da comunidade moral para a comunidade linguística.

Se a sociologia é o estudo dos aspectos coletivos da conduta humana, então o papel básico para o estudo sociológico do conhecimento é apresentar de que maneira este conhecimento tem sido entendido como um bem coletivo e suas aplicações como um processo coletivo (SHAPIN, 1995a, p. 302).

Um outro programa de pesquisa muito utilizado no estudo do conhecimento científico e da tecnologia é o Programa Empírico do Relativismo (EPOR – sigla inglesa para *Empirical Programme of Relativism*), ou, simplesmente, Escola de Bath,

---

<sup>12</sup> Interessante notar que estes elementos funcionais denunciam uma outra referência da SSK, Émile Durkheim e seus estudos sobre religião e coesão social.

desenvolvido na década de 1970 e início dos anos 1980 por Harry Collins. Pode-se entender o EPOR como a face empírica do SSK, concentrando seus estudos nas controvérsias científicas. Esta modalidade do estudo da ciência e da tecnologia apresenta seu elemento de análise de forma mais circunscrita, mais definida, que a anterior devido à necessidade metodológica de definir o “campo de pesquisa”, já que na origem seu interesse é empírico e microssociológico<sup>13</sup> (HESS, 1997; PINCH; BIJKER, 1987). Tais investigações se concentravam ainda no estudo do conhecimento científico, mas em um elemento muito específico do processo de produção, qual seja, as controvérsias científicas, a fase em que “cientistas e outros atores tentam produzir importantes mudanças no que é assumido como correto sem reformar toda a estrutura” (HESS, 1997, p. 94). Os estudos das controvérsias se concentram no conjunto de atores envolvidos, “aliados e inimigos” (COLLINS, 1992, p.143), o “*Core-set*”, aqueles cientistas

que estão ativamente envolvidos na experimentação e observação, ou contribuindo para a teoria do fenômeno ou do experimento, de forma que eles tenham um efeito no resultado da controvérsia.(...) Ter um efeito no resultado de uma controvérsia é uma questão de mudança ou reforço da crença dos cientistas sobre a natureza, e é plausível que algumas crenças dos cientistas sejam afetadas por algumas contribuições enquanto as crenças de outros não serão afetadas pelas mesmas contribuições (COLLINS, 1981, p. 08).

Ainda que seja definida a unidade de análise para a investigação, existem dificuldades em se definir claramente o que está fora ou dentro do *core-set*. Não há um limite explícito que demarque, após a resolução da controvérsia, quem tinha ou não parte nela, já que há uma variação sistemática, na percepção dos cientistas, de quais outros também contribuiriam com a resolução. O conjunto (*set*) não é análogo à paradigma, no sentido de Kuhn (COLLINS, 1974), o que facilitaria a definição, caso o fosse, por questões de identificação teórica. O *core-set* não deve ser entendido como um grupo, já que levaria a um entendimento de algo separado da sociedade, ele é mais bem entendido como um conjunto não uniforme cognitivamente, já que há competição entre membros que compartilham do mesmo paradigma (COLLINS, 1981). Metodologicamente, Collins (1981) apresenta um procedimento para indicar o *core-set*: localizar primeiramente os cientistas na literatura e então perguntá-los quem mais eles sugerem ter sido importante para o debate, repetindo o procedimento com este último. O problema é o limite da

---

<sup>13</sup> Para um catálogo de estudos empíricos em controvérsias científicas, ver Collins e Pinch (2003).

pesquisa, já que as controvérsias envolvem, na ciência contemporânea, diversos subsistemas disciplinares.

A possibilidade de definição fica ainda mais difícil, se se leva em conta a bifurcação metodológica entre fórum constitutivo (onde se teoriza, experimenta e publica) e fórum contingente (em que se “fofoca”, se divulga para o grande público, recruta novos membros e busca o apoio das organizações), rediscutindo sobre nova roupagem antigas dicotomias, tais como, conteúdo e contexto (HESS, 1997), contexto da descoberta e contexto da justificação. Esta relação entre âmbitos é fundamental para se entender o processo de construção do conhecimento científico. Collins (1992) afirma que é o cruzamento destes limites, entre âmbitos a partir do *core-set*, que faz com que o conhecimento seja comumente aceito, já que alcança outros âmbitos institucionais. Soma-se a isto o deslocamento tempo-espacial em relação ao local e o período em que a controvérsia ocorreu: se não se observa a prática da controvérsia, os experimentos, os artifícios sociais utilizados para vencê-la, não se saberá como o “barco foi colocado na garrafa”. Neste sentido, a falta de fronteiras explícitas, envolvendo o *core-set*, reproduz os problemas assinalados no tópico anterior, a definição fica a cargo do próprio pesquisador.

Edimburgo e Bath abriram mais possibilidades teóricas e metodológicas para o estudo sociológico da ciência, alcançando agora discussões relativas ao produto da ciência, ao conhecimento. O interessante era notar que enquanto Bloor tinha interesses macrossociológicos, relativos à constituição de uma certa visão de mundo, de um paradigma, Collins rebaixou seu foco a teorias de alcance médio, buscando descrever os processos controversos que assumiam, após o fechamento, o epíteto de conhecimento assegurado. Ambos os casos traziam implícito uma nova concepção a respeito da relação entre indivíduo e contexto social, que dava “importância para a cultura, representações coletivas e tradições na ciência, mas para reconceitualizá-los como recursos facilitadores, mais que constrangedores, para ações individuais” (BARNES *et al.*, 1996, p. 114). Ou seja, a estrutura estava disposta para usos variados pelos indivíduos em interação. Em relação ao conhecimento, isto pode ser traduzido pelos vários significados que o conhecimento científico assumia em situações específicas, como nas práticas de laboratório, por exemplo.

Os apontamentos do “novo movimento teórico” já haviam adentrado o campo da teorização sociológica do conhecimento e os estudos empíricos, utilizando as conclusões daquele momento, se expandiram em novas e desafiantes abordagens. As mais empíricas foram conhecidas como “estudos de laboratório” e se fundamentavam em práticas de

pesquisa etnográficas. Os estudos de Karin Knorr-Cetina (1999; 2005) fizeram uso de práticas etnográficas em uma perspectiva etnometodológica, de onde retira o conceito de “indicialidade”, ou seja, o fato de que os enunciados têm existência apenas em um contexto, que encerra todas as suas possibilidades significativas, temporais e espaciais. Neste contexto, o curso da ação social prática é interativamente determinada no processo, isto envolve as escolhas, as seleções, que são feitas em laboratórios, os quais oferecem instrumentos apropriados para determinadas pesquisas, variedade de materiais usados e pessoal disponível. Mas, outros aspectos relacionados ao conceito de contextualidade da prática científica dizem respeito à sua contingência, o que se refere a “como circunstâncias tais como eventos não planejados (por exemplo, ratos que escapam) determinam decisões de pesquisa” (HESS, 1997, p.101). São exatamente estas contingências que não aparecem no resultado final do trabalho científico, seja em forma de relatório, tecnologia ou artigo, o que obscurece uma imagem, mais próxima, de como é o processo de produção do conhecimento científico<sup>14</sup>:

a contingência e a contextualidade da ação científica demonstram que os produtos da ciência são híbridos que levam as marcas da mesma *lógica indicial* que caracteriza a sua produção e não são o produto de alguma racionalidade científica especial que possa contrastar-se com a racionalidade da interação social (KNORR-CETINA, 2005, p. 112).

Esta proposta de descrever a produção científica a partir de microeventos é coerente com sua hipótese da representação, anteriormente apresentada, porém, como a própria hipótese sugeria, é preciso neste momento superar tal âmbito e apresentar a estrutura que se forma desde o nível micro. Quais seriam estas estruturas? De algum modo, Knorr-Cetina aceita inclusive expressões como “comunidade” para representar este âmbito macro, desde que observadas as condições microssociológicas que a estabiliza, o que quer dizer que “afirmações estruturais devem ter um referente empírico” (KNORR-CETINA, 1982, p. 116). A autora apresenta uma trajetória conceitual que visou à acuidade das afirmações estruturais em sua obra, referendadas por afirmações empíricas. Deste modo, encontramos em suas análises expressões como “campos científicos” (1977), em que se aproxima da proposta de Pierre Bourdieu, “campos transcienceiros” (2005 [publicado em

---

<sup>14</sup> É esta mesma concepção de produção científica que está presente nos estudos da Escola de Bath, quando buscam a explicação do fechamento da controvérsia, ressaltando o conteúdo retórico e oportunista dos grupos envolvidos (Ver COLLINS; PINCH, 2003).

1981]), em que já faz uma crítica às propostas internalistas e economicistas da ciência, presente em uma antropologia do ator social como *homoeconomicus*, incluindo aí Bourdieu, posteriormente se refere às “arenas transepistêmicas” (1982) e finalmente culturas epistêmicas (1999). Neste sentido, as relações no laboratório envolvem muito mais que pares de uma mesma especialidade científica ou de um mesmo local de pesquisa. Estas outras relações, *ad hoc*, são científicas ainda que envolvam não-cientistas, são cognitivas, mesmo que os conteúdos não o sejam.

Assim como não há nenhuma razão para crer que as interações entre os membros de um grupo de especialistas sejam puramente “cognitivas”, tampouco há razão para crer que as interações entre os membros de uma especialidade e outros cientistas (ou não cientistas, segundo sua definição institucional) se limitem à transferência de dinheiro, negociações de crédito e outros intercâmbios comumente denominados “sociais” por cientistas ou sociólogos (KNORR-CETINA, 2005, p. 203-204).

Com isto, se supera, por exemplo, a tendência a se considerar como unidade analítica a comunidade moral ou de especialistas. O trabalho científico aparece então, extrapolando seus limites laboratoriais e alcançando organizações que anteriormente eram excluídas dos estudos da ciência, como organizações empresariais, agências de governo e grupos civis organizados. Isto aponta para arenas transcientíficas, o contexto no qual se organiza social e cognitivamente o trabalho científico (KNORR-CETINA, 1982). Neste contexto os cientistas tecem redes híbridas, para além de seu grupo especialista, estruturando relações de luta, caracterizadas como “relações de recursos”, estabelecidas no desenrolar da prática científica, onde se vê a luta por recursos financeiros entre grupos, uso de equipamento e disputa para se escolher um orador para alguma conferência (KNORR-CETINA, 1982). Estas relações são limitadas recursivamente no tempo da interação, o que faz com que a figura do indivíduo calculador, imagem reproduzida em diversos estudos sociais da ciência, sucumba mediante a diluição de seu interesse nos contatos com outros atores. Portanto, ainda que seja possível definir o indivíduo como elemento básico da análise, os interesses por ele manifestados serão de alcance limitado, já que só se concretizam mediante a entrada na rede de interações que estruturam a produção do conhecimento, e, neste âmbito, as contingências imperam sobre sua vontade, seu motivo ou interesse.

Estas abordagens respondem por aquilo que se chamou recentemente de “giro prático” (*practice turn*) na teoria social (SCHATZKI *et al.*, 2001), e que pode ser caracterizado como a resposta sociológica ao idealismo filosófico que imperava na filosofia da ciência e tecnologia. Os expoentes desta modalidade de teorização estão localizados em variadas áreas, inclusive na sociologia do conhecimento científico. O conceito de “prática” assume nestes estudos o mesmo status que uma vez “estrutura”, “sistema”, “interação” e “ação” assumiram no interior da teoria social. A abordagem prática, no entanto, não apresenta uma unidade analítica capaz de incorporar as diferentes abordagens. Estas abordagens abrangem áreas tão distintas como a filosofia (“prática filosófica”), teorias culturais e pós-estruturalistas. Na sociologia do conhecimento científico fica claro, com as propostas acima, que a ênfase na prática cotidiana dos cientistas em laboratório vem a preencher o espaço teórico, a lacuna conceitual, deixado pela rejeição tanto das análises estruturais quanto individualistas. Esta ênfase envolve considerar “habilidades, conhecimento tácito e pressupostos” (SCHATZKI *et al.*, 2001, p. 11), linguagem como atividade discursiva e atividades não-humanas, como máquinas e objetos da investigação.

As práticas estruturam instituições em outro âmbito, criando limites que as caracterizam como um “campo de práticas” funcionando como um atrator que vincula, por meio de recursos simbólicos disponíveis, por exemplo, as atividades humanas<sup>15</sup>. O campo das práticas pode ser um conceito comum para estas abordagens, visto que nele se enquadra desde o *core-set* de Collins até as arenas de Knorr-Cetina. Em algum nível, a ênfase nas práticas re-edita a ênfase na ação social, porém de tipo prático, tendo ambas as ênfases, como resultado, âmbitos sociais que fornecem contextualmente os recursos para a prática ou para o agir. Porém, deve-se ressaltar que, no caso dos campos práticos, não é corriqueiro após o estabelecimento de um campo, partir deste em direção à prática já que sua reprodução e sua identidade é sobremaneira o resultado das atividades. Isto é uma questão de princípios, ou seja, diz respeito à definição do social como reprodução prática cotidiana, não permitindo referências de partida a elementos estruturais como sistema e organização. Ademais, pensar em ordem social envolve sobremaneira pensar na solidez do processo prático com respeito ao tempo.

---

<sup>15</sup> Neste quesito a referência óbvia é Bourdieu e sua ideia de campos sociais (1983).

Filósofos perguntam como os significados do contexto material dependem das práticas humanas, enquanto que os sociólogos estudam como a estabilidade das práticas e significados, parcialmente refletem a solidez inercial das disposições materiais (SCHATZKI *et al.*, 2001, p. 12).

Uma abordagem que buscou a síntese entre estudos de laboratório, construtivismo cognitivo e teoria prática foi a Escola de Paris, relacionada aos trabalhos de Bruno Latour e Michel Calon. Estes autores elaboraram a teoria do ator-rede (ANT, sigla em inglês para *Actor-Network Theory*), talvez a mais influente teoria dos estudos sociais da ciência e tecnologia (STS). Eis a definição de rede para estes autores: “Uma rede é composta de uma série de elementos heterogêneos, animados e inanimados, que estão vinculados uns aos outros por certo período de tempo” (CALON, 1987, p. 93).

Tal teoria inova por considerar a rede em sua constituição formada por atores humanos e não-humanos, ambos considerados “actantes”, que quer dizer que não se deve escolher de antemão coisas ou atores humanos para compor a análise (LATOUR, 1999). Ou seja, qualquer coisa que produza efeito no mundo, que repercuta na reprodução ou produção do fenômeno, uma tentativa de sair do beco sem saída das dualidades “modernas” entre sociedade/natureza, sujeito/objeto, verdadeiro/falso, entre outras. Esta tentativa, reiterada insistentemente nos trabalhos na ANT tinham como alvo também o próprio subsistema de pesquisa, especificamente o princípio da simetria de David Bloor, “construtivista para a natureza, realista para a sociedade” (LATOUR, 1994, p. 95). Propõem então, o que chamam de princípio da simetria generalizada, que busca tratar da mesma maneira os dois pólos, sociedade/natureza. Tratam, então, simetricamente, o sujeito que conhece e o objeto do conhecimento, apontando para uma variedade de elementos que supera o local do laboratório, da organização e do próprio país na legitimação do conhecimento científico e da tecnologia<sup>16</sup>. Latour (1999) nega qualquer diferença de nível entre laboratório e o âmbito macrossocial, como é evidente, já que ao ganhar mérito por força de sua conclusão, os cientistas usam este crédito acadêmico para alargar seu espaço, podendo alcançar todo o mundo, mudar a sociedade, como um processo político.

Neste sentido, a ANT não opõe ciência e sociedade ou ordem social, estes âmbitos se intercalam, co-produzindo o fato científico e sociedade em um processamento em rede. Para que se possa estudar este processo, faz-se necessário um processo de “tradução”

---

<sup>16</sup> O que apresenta em seu estudo sobre Louis Pasteur e o processo de extensão do conhecimento científico para toda a sociedade, envolvendo uma variedade de “actantes” heterogêneos (LATOUR, 1999).

constante entre os âmbitos que se multiplicam na rede, processo que resulta na estabilidade do artefato científico. Mais que isso, o processo de tradução refere-se a um processo de definição e redefinição das questões envolvidas na pesquisa, de tal modo que os outros atores envolvidos entrem em acordo quanto à definição, já que, por exemplo, por meio de figuras e elementos gráficos, o resultado se torna “óbvio”. Porém, o processo institui legitimidade e poder de forma assimétrica, fazendo com que algumas entidades controlem outras quando assumem a forma de porta-vozes da questão. O processo de tradução “permite uma explicação de como poucos obtêm o direito de expressar e representar os muitos atores silenciosos dos mundos natural e social que eles mobilizam” (CALON, 1999, p. 82).

Vê-se que esta modalidade de STS extrapola os limites teóricos que vinham sendo utilizados analiticamente pelos antecessores. Mais que isso, nega a possibilidade de qualquer diferenciação processual entre organização científica e sociedade, mesmo considerando esta como uma resultante das atividades práticas daquela. Do processo científico traduzem-se eventos políticos e vice-versa, o laboratório alcança o parlamento por meio da eficiência tradutora de seus porta-vozes. Todo este processo opera em rede, a rede é a unidade analítica, mas não é definida em termos de alguma característica que a dê uma especificidade em relação a outros âmbitos, afinal, estes não existem. Em termos metodológicos, definir o conhecimento científico é seguir a rede que o estrutura, a ciência só é definível em função desta rede que extrapola os limites anteriormente elegidos pelos estudos sociais da ciência e tecnologia. Não basta, neste sentido, estudar apenas o *core-set* em sua unidade temática já que esta unidade é dada por elementos que estão além, por outros “actantes”. Calon (1987), então, indica dois procedimentos metodológicos para análise de rede. Ele entende que a “realidade é infinita”, assim todo ator na prática utiliza o processo de “simplificação” para associar-se somente àquelas entidades que importam, fazendo com que aquilo que importa esteja em “justaposição” na rede: “as simplificações são possíveis somente se os elementos então justapostos em uma teia de relações, mas a justaposição dos elementos inversamente requer que eles sejam simplificados” (CALON, 1987, p. 95).

Outras análises de rede apresentam elementos que podem somar-se aos anteriores na descrição desta abordagem. Pode ser listada a contribuição de John Law, próxima a de Latour e Calon, porém com o acréscimo do conceito de sistema, entendido quase nos mesmos termos que rede. Através de alguns estudos empíricos, Law (1987) busca tratar o

social, o econômico, o político, o natural e o técnico do mesmo modo, relacionando-os de maneira que o fechamento da controvérsia sobre o conhecimento científico e tecnológico seja apresentado como o resultado deste arranjo de âmbitos. Recorrendo ao princípio da simetria generalizada de Calon, Law (1987, p. 130) argumenta que, já que não se concede status privilegiado a nenhum dos elementos da rede, “a forma que estes elementos assumem na rede pode ser, e frequentemente é, uma função das características tecnológicas e naturais do sistema”, e também sociais, e o relacionamento entre eles é contingente, rearranjos e resignificações sempre são possíveis, e comumente ocorre. Portanto, o fechamento de uma controvérsia científica e tecnológica vai depender do arranjo em rede que se estabelece entre os elementos heterogêneos em disputa na construção do sistema tecnológico<sup>17</sup>. Como resultado daquele arranjo, Law se refere ao processo como uma “engenharia heterogênea” (*heterogeneous engineers*) que

busca associar entidades desde pessoas, habilidades, artefatos e fenômeno natural. Isto é bem sucedido se a consequente rede heterogênea é capaz de manter algum grau de estabilidade em face das tentativas de outras entidades ou sistemas para dissociá-las nas suas partes componentes (LAW, 1987, p. 129).

Mas a mais destacável das tentativas de utilizar uma análise sistêmica para estudar conhecimento e tecnologia foi feita por Thomas Hughes<sup>18</sup>. A unidade de análise é, obviamente, o sistema tecnológico, composto por uma diversidade de componentes, entre os quais organizações, artefatos legislativos, econômicos, científicos, políticos e físicos. Hughes (1987) aponta que a justaposição destes elementos heterogêneos se dá pela função do sistema, implicando em uma homogeneidade na heterogeneidade, se se observa o resultado, abstraindo-o dos componentes subjacentes. É neste sentido, que se pode perder de vista, todo um sistema de luz elétrica, se se toma na observação somente uma lâmpada acesa, ou o conjunto de fios.

---

<sup>17</sup> São muitos os sistemas tecnológicos pesquisados. Pode-se citar que a “a pasteurização da França” foi um processo de montagem de um sistema de saúde pública, como exposto no trabalho supracitado de Latour sobre o fato. Uma série de outros relatos em construção de sistemas tecnológicos pode ser encontrada em Bijker *et al.*, 1987.

<sup>18</sup> Constant (1987) assume que o conceito de sistema, como presente em Hughes, apresenta vantagens analíticas em relação a duas outras abordagens sobre a tecnologia, aquela que utiliza o conceito de “comunidade” e outra que faz uso da perspectiva “organizacional”.

Um artefato – físico ou não físico – funcionando como um componente em um sistema interage com outros artefatos, os quais conjuntamente contribuem diretamente ou através de outros componentes para o objetivo comum do sistema (HUGHES, 1987, p. 51).

A construção desses amplos sistemas – pode-se pensar, além do sistema elétrico, a rede mundial de computadores, o sistema de distribuição de gás, o sistema integrado de coleta de lixo em grandes cidades, o sistema de esgoto, entre outros – necessita, fundamentalmente, de algumas estratégias dos construtores (*system builder*), em outros momentos chamados empreendedores (*entrepreneur*)<sup>19</sup>, aqueles que inventam e desenvolvem os sistemas, de forma a “forçar a unidade na diversidade, centralização no pluralismo e coerência no caos” (HUGHES, 1987, p. 52), um empreendimento que requer algo, como aquilo acima referido por Law, como engenharia heterogênea. Todos os elementos do sistema têm suas características e posições derivadas dele e estas mudam quando se muda um determinado âmbito da rede, uma nova ferramenta técnica, por exemplo, redefinindo o sistema como um todo. Esta definição e redefinição dos limites ocorrem em função do exercício de controle assumido pelos artefatos e operadores humanos, porém não se deve incluí-los em uma mesma definição, “inventores, industriais, engenheiros, administradores, financistas e trabalhadores são componentes do sistema, mas não artefatos” (HUGHES, 1987, p. 54), o grau de liberdade que apresentam na tomada de decisão é incomensurável<sup>20</sup>. Com este argumento o autor se manifesta contra a ideia de que o sistema pode ser autônomo, ele é fundamentalmente fruto das decisões dos construtores do sistema. Contra a ideia de autonomia o autor sugere o conceito de *momentum* para expressar que o sistema consolidado apresenta uma “inércia de movimento”, já que adquiriu direção, objetivos, interesses adquiridos, patrimônio fixado e toda sorte de característica que sugira trajetória definida, a não ser que esta sofra algum desvio por algum elemento externo ou problema interno. Estas decisões envolvem também o contexto, dotando os sistemas de características ou estilos específicos, ligados, por

---

<sup>19</sup> Nas diversas fases da consolidação do sistema tecnológico pode-se encontrar inventor-empendedor, administrador-empendedor e engenheiro-empendedor.

<sup>20</sup> Embora as tendências à burocratização e rotinização venham acompanhadas de receituários de normas técnicas e manuais de informação, reduzindo o escopo da tomada de decisão da ação humana e concentrando a eficácia dos sistemas em subsistemas técnicos informatizados pré-programados e dispositivos de segurança. Esta é uma tendência que vêm se acentuando neste século e, que pode ser vista como uma reorganização sistêmica de concentração da decisão nas mãos de poucos trabalhadores (humanos), ou a descentralização da tomada de decisão com a pulverização da mesma em todo o sistema, envolvendo os próprios artefatos. Estas duas maneiras de observar o fenômeno poderiam ser caracterizadas como uma “ditadura humana” para o primeiro caso e uma “democracia dos artefatos” para o segundo.

exemplo, ao país onde foi construído, “adaptação é uma resposta a diferentes ambientes e adaptação ao ambiente culmina em estilo” (HUGHES, 1987, p. 68).

Sistemas aumentam a complexidade quando envolvem novos componentes e expandem sua rede, o que aumenta os problemas de controle. Esta expansão do sistema é dotada de fases, que Hughes (1987) diferencia como invenção, desenvolvimento, inovação, transferência, crescimento, competição e consolidação, e não ocorrem na seqüência, podendo cada fase se sobrepor à outra. Cada fase apresenta aquilo que Hughes (1987) chamou de saliência reversa (*reverse salient*), aquela parte dos componentes que ficam defasados em relação aos outros e podem apresentar problemas para a superação de determinada etapa, caso não sejam ajustados (HESS, 1997). Após estas fases, o sistema apresenta seu estilo, e isso é fruto basicamente da forma como o processo foi conduzido, dos componentes que fizeram parte do processo e das características econômicas, políticas e sociais presentes no contexto. Portanto, cada fase também vai apresentar uma “cultura da tecnologia”, específica, composta de distintos valores, ideias e instituições (CONSTANT, 1987, p. 229).

Uma abordagem próxima a de Hughes é a proposta de Edward Constant (1987) em sua análise de prática tecnológica (*technological practice*). Nesta perspectiva, concepções consideradas antagônicas sobre a construção da tecnologia não necessariamente o são, podendo cada qual assumir uma dimensão na análise. Estas concepções são as sistêmicas, comunitárias e organizacionais, que Constant articula para descrever a extensão da rede, a inovação e a mudança tecnológica. O grupo social relevante apresenta as três dimensões acima, e dependendo do âmbito focalizado, o grupo terá específicos mecanismos para auto-identificação, persistência e desenvolvimento.

Para comunidades de técnicos este mecanismo é a tradição da prática. Para sistema é momentum. Para organizações é função tecnológica. Todos têm processos subsidiários para o problema de reconhecimento, definição e solução. Para comunidades de técnicos estes processos incluem falhas funcionais e anomalia presumida. Para sistemas eles são as saliências reversas e os problemas críticos. Para organizações eles são uma variedade de interfaces ambientais e imperativos de desenvolvimento interno (CONSTANT, 1987, p. 238)<sup>21</sup>.

Pode-se, neste sentido, abordar também a prática tecnológica diferenciando em termos de objetivos e propostas aqueles âmbitos. Sendo assim,

---

<sup>21</sup> Nesta citação traduziu-se a palavra “*practitioners*” por “técnicos”.

A proposta principal da comunidade de técnicos é explicar o desenvolvimento e a revolução tecnológica, conceitual ou cognitiva, novidade, invenção e inovação. Em termos gerais, modelos organizacionais buscam explicar mudança tecnológica, inovação, empreendimento e crescimento econômico e organizacional. A perspectiva sistêmica busca explicar a emergência e desenvolvimento dos sistemas sócio-técnicos – especialmente invenção e empreendimento (CONSTANT, 1987, p. 238-239).

Constant, assim, considera a comunidade de técnicos como o *locus* do conhecimento tecnológico, as organizações como o *locus* da função tecnológica e o macrossistema sócio-técnico como a mais ampla dinâmica e o contexto estrutural de ambas. Esta perspectiva aponta para a necessidade de se articular âmbitos no intuito de apreender o fenômeno da tecnologia em suas mais diversas manifestações e relacioná-lo a contextos sociais específicos, levando a um entendimento mais complexo das relações entre prática tecnológica e sociedade mais ampla. Esta estratégia de diferenciação teve pouca repercussão nos estudos sociais da ciência e tecnologia, em função basicamente da opção por uma abordagem simétrica entre os âmbitos a que Constant faz referência, abordagem que ficou consagrada na ANT.

É possível notar, nestas perspectivas, tentativas analíticas de se identificar a unidade social, discreta e necessária, de onde se deve partir para compreender o processo científico e tecnológico. Nestes *locus*, encerra-se uma fenomenologia contextual que os qualifica - e que se pretendeu abordar somente de passagem – e impõe seus limites analíticos, ainda que se assuma que a rede, sistema, organização, instituição, arena, operem de forma aberta. Cada unidade levada em conta impõe, à análise, um condicionamento teórico e metodológico já que, como se ressaltou anteriormente, observador e objeto condicionam-se mutuamente, cada qual não podendo existir sem o seu correspondente. O problema é que estas abordagens recentes, embora tivessem aprofundado o que ainda era uma área cinzenta nos estudos sociais da ciência, a saber, a unidade analítica, a se levar em conta quando se estuda ciência e tecnologia, não clarificaram, suficientemente, qual é o limite, já que se considera o *locus* como unidade. Estabelecer o limite da unidade analítica é, então, uma empreitada teórica que pode tornar mais operacionalizável distintas unidades e conceitos, produzindo uma imagem da produção científica mais abstrata e enriquecedora

e que, conseqüentemente, contemple uma maior variedade de visões sobre ciência e tecnologia.

Esta busca do limite da unidade, como se viu anteriormente, insere-se no interior de uma teoria geral dos sistemas, e esta guiará os passos ulteriores no sentido de uma proposta sistemicamente informada, à luz da nova teoria dos sistemas. Com esta abordagem criar-se-á condições teóricas para uma abordagem diferenciadora da ciência e tecnologia, do sistema e organização e da sociedade mais ampla. Ademais, com esta abordagem é possível pensar o limite da unidade com mais clareza e conceituar com mais acuidade a relação recorrente nos estudos sociais da ciência e tecnologia entre ciência e sociedade.

#### 1.4 A teoria dos sistemas sociais e sua unidade de análise

O que se assumirá, nesta tese, como marco teórico para a análise da relação ciência/sociedade pressupõe a existência de sistemas auto-organizados, que observam o mundo de forma autorreferenciada e que constroem seus processos característicos, usando seus próprios elementos constituintes, ou seja, autopoieticamente. Para tal abordagem, os conceitos de sistema, observação e seleção são os fundamentos teóricos. Na exposição a seguir, discutir-se-á a teoria dos sistemas de Niklas Luhmann tendo como referência o sistema científico, atentando para os elementos teóricos dos estudos sociais da ciência e tecnologia acima discutidos. O objetivo é fornecer um referencial teórico de maior abstração capaz de articular os distintos “giros” ocorridos, nas últimas décadas, na teoria social e demarcar, com mais clareza, o limite da unidade de análise a se levar em conta. Entende-se que a noção primitiva, de sistema que vinha sendo parcialmente teorizada quando se discutia a unidade de análise da sociologia, incluindo os estudos sociais da ciência e tecnologia, ganha a sua sistematização em Luhmann, a partir do estrutural-funcionalismo de Talcott Parsons.

Talcott Parsons foi o formulador da proposta estrutural-funcionalista para a teoria social, uma vertente sociológica americana que se tornou dominante em boa parte do século passado, legando frutos até hoje. Seu trabalho pioneiro, *The structure of social action* (1937), foi uma revisão crítica de uma geração anterior de sociólogos europeus cujos trabalhos se apresentavam, ao autor, como empreendimentos teóricos convergentes. Tais autores – Weber, Durkheim, Marshal e Pareto – buscavam saídas ao individualismo utilitarista, o qual fora também alvo das críticas de Parsons. A síntese de Parsons, dos

autores acima, não trata de um agrupamento de conceitos, pelo contrário, busca a sistematização de uma teoria baseada empiricamente, a chamada “teoria voluntarista da ação” (PARSONS, 1937, p. 12). Tal teoria articula a discussão da ordem social em Durkheim, com as investigações weberianas em torno da ação social, ou seja, propunha uma síntese de propostas aparentemente irreconciliáveis, uma teoria estrutural e uma teoria individualista. Para tanto, utiliza a unidade de análise “sistema social”<sup>22</sup>. Pode-se dizer que Parsons foi o sociólogo que elaborou a proposta mais avançada de seu tempo para uma teoria dos sistemas na sociologia.

Como ficará mais evidente em obras posteriores, para Parsons “ação é sistema” e os sistemas sociais são definidos como "constituído pela interação direta ou indireta dos seres humanos entre si" (1976, p. 49). O que Parsons queria era uma teoria da sociedade e, para isso, era necessária a síntese ação-estrutura. Surge, nesta concepção, o problema da dupla contingência da ação, ou seja, o fato de que, na interação, as possibilidades de ação de ego e alter são contingentes – pelo lado de ego e pelo lado da reação de alter – produzindo, no limite, uma impossibilidade de comunicação, o que levaria concomitantemente à impossibilidade de reprodução da sociedade. Este fenômeno, que se nos apresenta de forma objetiva, pressupõe para a sua superação um sistema simbólico compartilhado que faz com que a reação de alter “adquirir para ego o significado de uma consequência apropriada da conformidade ou desvio de ego das normas de um sistema simbólico compartilhado” (PARSONS; SHILS, 1951, p. 16).

Isto significa, por sua vez, que a eleição de fins e a delimitação dos meios não é algo que está a disposição do livre arbítrio de cada um dos indivíduos, mas que devem existir determinações sociais que os antecedam. (...) A sociedade, antes que os indivíduos se disponham a atuar, já está integrada pela moral, pelos valores, pelos símbolos normativos. Portanto, a sociedade não é possível se previamente não está integrada sob a forma de sistema (LUHMANN, 1996b, p.32).

Deve-se, no sentido acima, integrar teoricamente a ação em sistemas gerais específicos para entender seu curso, e para isso Parsons cria um modelo em tabelas cruzadas que orientam o esquema fim/meio da ação social. Estes sistemas gerais de ação eram definidos com relação à interação concreta e estudados por meio do esquema AGIL, isto é, as quatro funções que todo sistema deveria apresentar para existir e que surgem em

---

<sup>22</sup> A discussão dos sistemas sociais será feita em obra posterior, *The Social System* (1951).

função das combinações possíveis. São elas: adaptação (*Adaptation*), realização de metas (*Goal-attainment*), integração (*Integration*) e manutenção de padrões latentes (*Latency*). Cada função caracterizaria sistemas particulares “por processos e estruturas com elas relacionados, assim como por meios gerais que controlam tais processos” (MÜNCH, 1999, p. 184).

Com este modelo pode-se observar vários sistemas e subsistemas co-existindo na realidade. Por exemplo, no nível mais abstrato da condição humana, o sistema físico-químico é controlado por meio da ordem empírica e é responsável pela adaptação; O sistema orgânico se encarrega dos fins especificados, e são controlados pela saúde do organismo; o sistema télico, por sua vez, se encarrega das condições transcendentais da existência; e, finalmente, o sistema geral da ação que é controlado pelos limites semânticos e é responsável pela integração. Este último é aquele do qual a sociologia se encarrega, e nele Parsons imprime o mesmo esquema analítico subdividindo-o em quatro subsistemas, os sistemas sociais, os sistemas culturais, os sistemas de personalidade e os organismos comportamentais: ao sistema social cabe a integração, ao sistema cultural a manutenção de padrões latentes, aos sistemas de personalidades a realização de metas e, finalmente, aos organismos comportamentais a adaptação (PARSONS, 1974). A tabela abaixo apresenta o esquema em termos dos sistemas sociais.

**Quadro 3 Sistema social geral**

		<i>Ação</i>	
		Instrumental	Consumatório
<i>Sistema</i>	Exterior	Adaptação Economia	Realização de metas Política
	Interior	Manutenção de padrões latentes Instituições culturais	Integração Sistema legal

Adaptado de Luhmann, 1996.

A combinação entre instrumental e exterior, por exemplo, cria o componente adaptação, processo em que os elementos exteriores ao sistema são instrumentalizados para

a satisfação de determinadas necessidades. Cabe à economia tal processo para a reprodução da sociedade em todas as suas dimensões. Como sistema social, a economia, da mesma forma, necessita também completar as variáveis relativas à ação, quer dizer, “repetir dentro de si mesmo as possibilidades de combinação das quatro células gerais: *adaptation – goal attainment – latent pattern maintenance – integration*” (LUHMANN, 1996b, p. 36). Este processo faz com que surja a história, como diferença no tempo da realização no sistema das quatro funções necessárias à sua reprodução. Portanto, em momentos específicos, cada sistema completa as exigências de reprodução de modo diferente, tal como indicado, por exemplo, pela função de integração. Sem esta última haverá descompasso na reprodução das funções requeridas, já que é tal função que regula os intercâmbios simbólicos entre os sistemas. Eles são integrados em grande parte por meios simbólicos característicos, como o dinheiro, no que diz respeito à economia e o poder, relativo à política.

Porém, tal teoria dos sistemas sociais não prestou conta do problema metodológico, já mencionado, dos limites dos sistemas, embora já esboçasse algumas possibilidades. A questão, aqui, é considerar o sistema constituído por indivíduos em interação e, neste sentido, assentar o problema da unidade analítica em determinados elementos do sistema e não em outros, o que leva a definir o sistema em termos de exclusão/inclusão dos membros, como as teorias listadas acima também o fizeram. Neste sentido, necessita-se de um conceito mais abstrato, capaz de dar conta de uma unidade que supere o indivíduo, sua psicologia, seu sistema biológico, ou seja, definir um “ato-unidade” que seja puramente social. Por outro lado, a concepção de sistema aberto, com intercâmbio de significados, não consegue dar conta de diversas questões tais como a complexidade, a identidade ou a unidade<sup>23</sup>.

Uma nova definição de sistema parece ter sido pressionada a emergir em decorrência destes problemas, e eles se manifestaram nas diversas áreas em que a teoria dos sistemas repercutiu, como a cibernética, a teoria da informação e a biologia. Agora, os sistemas seriam estruturas autorreferenciais, autocentradas, recursivas, ou seja, fechadas sobre si mesmas. Esta nova disposição teórica é adotada, fundamentalmente, pelos biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela através da teoria da

---

<sup>23</sup> Luhmann estuda estes problemas teóricos entendendo-os como obstáculos ao desenvolvimento de uma concepção mais acurada da realidade social, e acrescenta outros problemas, como o obstáculo geográfico, que faz com que se entenda a sociedade como realidades territoriais (LUHMANN, 1997)

autopoiésis<sup>24</sup>, que buscou descrever a fenomenologia biológica da célula através da descrição de seus próprios processos, sem recorrer a elementos externos (MATURANA; VARELA, 1997; MATURANA, 1983). De forma sintética, tal teoria postula que um sistema vivo se caracteriza pela capacidade de produzir por si mesmo seus elementos constituintes. Estes sistemas, ao se reproduzirem, se diferenciam do entorno<sup>25</sup> e, assim, podem também observar e distinguir, criando por si só o que lhes é interno e, conseqüentemente, externo. Três tipos de sistemas realizam operações de observação e distinção: biológicos, psíquicos (por meio da consciência) e sociais (por meio de comunicações) (LUHMANN; 1996b, p. 55).

Esta nova abordagem da teoria dos sistemas traz conseqüências para as concepções a respeito do observador e sua relação com o objeto. Problematiza uma discussão epistemológica fundamental enraizada na concepção racionalista, a saber, a tradicional concepção que separa o sujeito do objeto. Tal concepção, ponto arquimédico da epistemologia, até início do século passado, sucumbe ante a ideia de que o “observado”, ao ser um construto de um observador, é parte do que “observa”. Deste modo, “não existe, portanto, uma diferença constitutiva (desde a referência geral do sistema) entre sujeito e objeto, já que os dois participam de uma base comum operativa já dada” (LUHMANN 1996b, p. 56). Isto porque a observação é uma operação sistêmica específica que utiliza uma distinção (diferenciação) e indicação para observar aquilo que tais processos constroem. A ciência só observa ao adotar um ponto de vista diferenciador em relação aos seus processos constituintes e ao ambiente:

A ciência, para observar, necessita ela mesma estar constituída como sistema: com um conjunto próprio de comunicação, com precauções institucionais, com preferência de valores; um sistema em que se oferece a possibilidade de fazer carreira e que necessariamente tem dependências sociais. Tudo o que um observador descobre sobre o sistema, tem que aplicá-lo a si mesmo. Não pode operar de maneira permanentemente analítica, quando já de antemão está incrustado em um sistema para poder levar a cabo a observação. (LUHMANN, 1996b, p. 57)

---

<sup>24</sup> O termo deriva do verbo grego *poiéo*, que significa: fabricar (obras manuais), compor (obras intelectuais), construir (no trabalho agrícola). Aristóteles explicita o sentido principal da *poiésis* como uma prática na qual o agente e o resultado da ação estão separados ou são de natureza diferente. A *poiésis* liga-se à ideia de trabalho como fabricação, construção e à ideia de *téchne* (CHAUI, 1994).

<sup>25</sup> As traduções para a expressão alemã “*Umwelt*” tem sido feita com flexibilidade. Em português ficou consagrado “entorno”, ainda que em determinados momentos “ambiente” funcione melhor, desde que entendidos com sentido idêntico e sem conotação biológica, como no caso acima. Ademais, se usa “entorno” na língua espanhola e “environment” em inglês.

Toda distinção necessita da indicação do que quer observar, quer dizer, necessita de uma estratégia diferenciadora que distinga uma unidade em duas partes: o sistema (que observa) e o entorno (observado). É em decorrência desta perspectiva que Luhmann é caracterizado por Gabriel Cohn (1998, p. 57) como o autor que desenvolveu ao extremo "a perspectiva da forma" nas análises sociais<sup>26</sup>. Toda forma é uma distinção de duas partes, e só existe para um outro sistema ao ser diferenciada de seu entorno, incluído em seu entorno o próprio sistema que a observa, através de uma linha fronteira, contingente, "a qual, no entanto, só é válida relativamente ao observador, podendo ser traçada, de modo diferente, por qualquer outro observador" (LUHMANN, 1997, p. 37).

A forma é, pois, uma linha de fronteira que marca uma diferença e obriga a clarificar qual parte se indica quando se diz que se encontra em uma parte e onde se deve começar se se quer proceder a novas operações. (LUHMANN, 1996b, p. 65)

Ocorre que a distinção e a indicação de uma forma por um sistema observador é sempre uma operação autorreferente. A observação opera sempre com a estrutura que lhe caracteriza, ou seja, com critérios, motivos, valores que lhe identifica na diferença efetuada por outro observador. Sem observador com estrutura própria que restrinja as possibilidades reais ilimitadas, não haveria diferença e, portanto, identidade. O problema da dupla contingência já abordava este limite teórico, e a restrição, a fronteira, era alcançada na medida em que alter e ego agiam com base em expectativas recíprocas estruturadas sistemicamente e com isso superavam da letargia comunicativa possível, construindo uma rede de ações recíprocas concatenadas. Isto pode levar a formação de sistema, diferenciado e identificado com aquelas expectativas que se reproduzem no tempo. A partir dessas premissas, Luhmann elabora seu conceito de sistema social que permeará todas as análises subsequentes da sociedade. Assim, a distinção que propõe para a sociologia entre sistema/entorno, segue a lógica das formas, sendo o sistema a parte de onde saem distinções e indicações<sup>27</sup>, é o "ponto de Arquimedes" para o observador. Deve-se, portanto, ao observar, distinguir e indicar formas sociais.

---

<sup>26</sup> A teoria das formas sociais em Luhmann é de inspiração matemática, originária das observações de G. Spencer Brown. Ver Luhmann (1998).

<sup>27</sup> Com o conceito de forma Luhmann acredita encontrar um conceito de grande generalidade, sendo aplicado na matemática, na semiologia, na sociologia. Com esta perspectiva também busca superar distinções entre disciplinas formais e humanas acreditando em uma síntese teórica. Tal conceito de forma é, também, para

A manutenção da diferença ao observar é condição *sine qua non* para a conservação da identidade do sistema. Identidade é produzida através dos próprios componentes, conforme a estrutura interna do sistema observador. A estrutura opera sempre para zelar pelo próprio funcionamento do sistema, absorvendo ruídos ambientais a que o sistema, na medida em que existe em um ambiente com outros sistemas, está exposto. O sistema é então um contexto estruturado que transforma ruídos (perturbações) do entorno em informação a partir da observação, ou seja, ao distinguir e indicar. Nota-se então que, ao operar, o sistema atualiza sua identidade em relação ao ambiente (LUHMANN, 1998, p. 83), já que a maneira de observar imprime a estrutura que lhe é específica ao mundo, e isto vale tanto para seu operar institucional, referindo-se aos limites organizacionais internos como papéis e decisões, quanto para seu operar sistêmico, referindo-se a situação da teoria, no caso da ciência.

Não há causalidade na forma distinguida sistema/ entorno, mas tão somente relação de estímulo e reação que resulta de um processo interno que envolveu os componentes do sistema na busca pela autopreservação de sua identidade, qual deve ser seu funcionamento para que possa prosseguir com sua autopoiesis (NAFARRATE, 1993, p. 17). Assim, mesmo o estímulo e a reação observados e processados são construções internas do sistema, já que são reconfigurados e traduzidos internamente de acordo com a estrutura sistêmica subjacente. Neste sentido, algo só pode ser entendido como causa de uma mudança interna se o próprio sistema assim o percebe: é aqui que se dá a transformação de ruído ambiental em informação sistêmica. Aqui residem as similaridades entre a proposta sistêmica de Luhmann e a dos autores dos estudos sociais da ciência, que tratam do problema da tradução entre arenas distintas, sistemas integrados e culturas epistêmicas diferenciadas, aproximação facilitada pela proposta construtivista de ambas as abordagens<sup>28</sup>. Para tais estudos, podem-se diferenciar mundos de sentidos diferentes, sobre os quais se desenvolvem determinados processos. A diferenciação ocorre no âmbito de teorias controversas, no âmbito de grupos em litígio, arenas com variadas epistemes, quer dizer, a unidade de análise depende do observador que a distingue e a indica como uma forma. Este é o ponto de partida para se chegar à unidade de análise com limites claros e características específicas.

---

Luhmann a possibilidade teórica da busca por “algum tipo de formas duradouras” (LUHMANN, 1997, p. 37) que possam se localizar além do construtivismo radical e da auto-relativização que tomaram as teorias sociais no fim do século passado.

<sup>28</sup> Knorr-Cetina utiliza amplamente as obras de Luhmann, desde sua publicação pioneira (KNORR-CETINA, 1982), e faz referência principalmente aos conceitos de seletividade das construções sistêmicas internas.

O sistema, então, convive incessantemente com perturbações autoconstruídas que são incorporadas à cadeia autopoietica de reprodução de estruturas. Decorre que por mais que o sistema possa incluir em seus processos constitutivos o seu ambiente, este será sempre mais complexo, pois envolve todas as possibilidades do mundo, enquanto o sistema tem possibilidades limitadas pelo seu operar, pelos seus componentes constituintes, sua estrutura<sup>29</sup>. Neste sentido, o sistema funciona sempre reduzindo possibilidades, selecionando aquilo que terá sentido quando incorporado aos processos internos (NAFARRATE, 1993, p. 18). A definição de sentido que advém de uma perspectiva sistêmica e formal está ligada a herança fenomenológica e se utiliza amplamente de conceitos como intenção, referência, expectativa, ação e vivência (LUHMANN, 1998). A questão do sentido envolve justamente esta complexidade intransponível que aos sistemas circunda, que o expõe a um horizonte de possibilidades ainda não diferenciadas e que o coloca sempre em posição de selecionar outras formas de vivência e ação. Portanto, a complexidade das possíveis alternativas envolve um processo de seleção inevitável que “forma parte da consciência do sentido e da comunicação nos sistemas sociais” (LUHMANN, 1998, p. 78). A complexidade é, então, a dimensão da existência diretamente relacionada à formação do sentido e isto tem consequências também para a formação dos sistemas. Com a ideia de limites de sentido acessa-se um outro ponto de apoio teórico para a construção da unidade de análise: o limite das formas sociais são limites de sentido.

O entorno se dá na forma de sentido e os limites do entorno são limites de sentido; portanto, se remetem, ao mesmo tempo, para fora e para dentro. (...) O processo de diferenciação do sistema com a ajuda dos limites particulares de sentido articula um nexo de remissões do mundo universais, com a consciência de que para o sistema se indica o que é o que pretende consigo mesmo e com o entorno. Mas, o limite mesmo está determinado pelo sistema, de tal maneira que a diferença do sistema com o entorno possa conceber-se como um resultado do sistema, a saber, tematizado como um processo autorreferencial (LUHMANN, 1998, p. 79-80).

Todo sistema é então processador de sentido, contextos que transformam ruídos externos ou internos, em informações dotadas de sentido que serão disponibilizadas na

---

<sup>29</sup> O mundo é o estado sempre indiferenciado, engloba todos os sistemas e entornos, ele é a própria unidade da diferença sistema/entorno (NEVES; NEVES, 2006). Por ser a unidade de toda distinção, o mundo não pode ser observado, é um estado indeterminado, em função disto, toda previsão torna-se contingente (LUHMANN, 1998).

rede de reprodução autopoietica. Porém, decorre deste processo que o sistema aumenta sua própria complexidade interna tendo que reagir, por sua vez, a ela (ARAÚJO; WAIZBORT, 1999). Neste caso, o sentido global do sistema é reintroduzido em formas, subsistemas, que adquirem autonomia relativa em relação ao sistema do qual se diferenciou. Assim, pode-se observar, por exemplo, a complexificação da ciência, através da fragmentação disciplinar, temática, metodológica, disto resultando instâncias internas de promoção de simplificações como a especialização temática e técnica, que, são construídas por meio do sentido. A complexificação dá-se também no nível organizacional, com a diferenciação da ciência em centros, institutos e grupos de pesquisa. A complexificação de âmbitos processadores de sentido na sociedade moderna, disponibiliza uma gama imensa de possibilidades de ação e vivência para os sistemas sociais.

Esse processo de construção sistêmica, por meio dos limites de sentido, acarreta processos de generalização simbólica. Isto quer dizer que os acontecimentos do entorno, as condições disponíveis aos sistemas, vão se apresentar de uma maneira generalizada no processo de reprodução sistêmica. A regra é simples: já que a complexidade é intransponível, ela é representada de forma generalizada com a ajuda da linguagem. O elemento do entorno, agora generalizado, é pleno de sentido porque foi incorporado ao sistema e só assim pode contribuir para a sua reprodução. Ademais, a reprodução do sistema apresentando uma dimensão temporal, leva as generalizações a apresentarem um alto grau de independência em relação às condições anteriores que a geraram e, ainda que se vinculem ao sentido específico fixado no tempo, elas estarão sempre sujeitas às condições *a posteriori*.

Cada ocasião concebida como plena de sentido não tem porque estar só no momento totalmente presente para “satisfazer” a vivência e a ação; deve organizar, sobretudo a autorreferência, quer dizer, tomar as precauções necessárias para estar a disposição em caso necessário, e isto em situações (mais ou menos) diversas, em outras referências de tempo e possivelmente ante distintos interlocutores de comunicação (LUHMANN, 1998, p. 105).

As generalizações simbólicas significativas apresentam outras características fundamentais para o sistema se são analisadas em correspondência com a estrutura de expectativas. Expectativas também são formadas no intercurso sistêmico de diminuição de complexidade por meio da seleção, e por isso se vinculam ao sentido específico do sistema correspondente, reduzindo de forma intermediária as possibilidades de orientação que

estão disponíveis. Na teoria dos sistemas sociais “encontraremos principalmente expectativas de comportamento” (LUHMANN, 1998, p. 107) que operam de forma generalizada. Como em outras teorias comportamentais, determinados comportamentos são esperados, por todos, em determinadas situações<sup>30</sup>. Neste caso, o conceito de generalização desloca o enfoque tradicional da norma, para a generalização das expectativas que conservam validade independente do acontecimento factual que é confrontado com sua própria validade (LUHMANN, 1998).

Pode-se aqui fazer referência aos trabalhos pioneiros de Thomas Kuhn (1998) e a alguns autores que interpretaram sua obra em termos de uma *gestalt* recorrente, implícita sobremaneira na discussão do conceito de paradigma. Ou seja, em termos sistêmicos, um conjunto generalizado de expectativas em relação ao que é verdade e não-verdade, o que produz à sua maneira um conjunto de expectativas comportamentais também generalizados<sup>31</sup>. A comunidade científica, sistemas tecnocientíficos, arenas epistêmicas, por exemplo, vinculam-se, portanto, à generalização de práticas e comportamentos contextualmente significativos, esperados por todos. Importa saber quais as expectativas generalizadas que, a partir de um observador, distingue os grupos, comunidades e sistemas envolvidos na reprodução científica. Portanto, seguindo a cadeia teórica para a limitação da unidade de análise, parte-se do observador e de seus critérios de observação, acessa-se o sentido do sistema distinguido e indicado, busca-se as expectativas que se generalizaram em sua reprodução.

Expectativa liga-se também ao conceito de estrutura e, no sistema social, já que sua existência depende da reprodução de seus elementos (acontecimentos e ações), liga-se também à comunicação e à ação. As estruturas de expectativa, nestes termos, ordenam a partir da desordem (desordem como informações não estruturadas, interna e externa) as ações requeridas em situações determinadas. Assim, a estrutura tem existência para além do tempo imediato (existência mimética<sup>32</sup>), ainda que a ação tenha cessado há muito

---

<sup>30</sup> Ver Berger, 1976. Para a teoria aqui tratada é importante a diferença entre, pessoa, papéis, valores e programas, que confrontados fornecem formas inovadoras e complexas de interpretação social, como a individualização que se verifica quando a pessoa se confronta com o papel (LUHMANN, 1998).

<sup>31</sup> Sobre esta concepção de Kuhn, ver Barnes, 1983.

<sup>32</sup> Memória em sistemas sociais diz mais respeito à memória escrita, à imprensa, que à memória humana. Aquela surge como uma conquista evolutiva na filogenia dos sistemas sociais, tornando mais durável e generalizável, por exemplo, uma impressão ou experiência particular. Não é preciso ressaltar, a partir desta observação o quanto a invenção da imprensa e a Revolução Científica estavam interligados. Como veremos mais tarde, no século XVII era fundamental para o estabelecimento da verdade crível a produção de testemunho por meio de cartas, textos jornalísticos e livros que generalizavam a experiência particular,

(LUHMANN, 1998). Deste modo, parece que a ideia Parsoniana e interacionista de uma estrutura a partir de relações entre elementos é descartada. Afinal, havendo a mudança dos elementos deveria haver a mudança da estrutura, da relação entre elementos, porém constantemente os elementos mudam e o sistema reproduz ainda assim sua estrutura, haja vista o caso da ciência e sua dissolução paradigmática constante. Por isso, esta modalidade de teoria sistêmica incorpora também a ideia de equilíbrio dinâmico da física das “estruturas dissipativas” de Prigogine (1996).

O equilíbrio estático, em uma concepção antiga de sistema aberto, levou a problemas teóricos com a mudança, os mesmos enfrentados por Parsons ao ser indagado onde, diante de tamanha estruturação sistêmica, estaria a mudança social. De certo, atualmente, o funcionalismo pós-Parsons trata desta questão em termos de contingências históricas e lutas sociais, coletividades e elites (DOMINGUES, 1999). No caso da nova teoria dos sistemas, fala-se em mudança quando se faz alusão à decepção da expectativa que confronta o sistema com sua diferenciação estrutural entre segurança/ insegurança. Aqui, o mais importante é saber se diante da decepção o sistema estaria disposto a aprender ou não, mudar ou não as expectativas, ou seja, se ele apresenta expectativas à aprendizagem, neste caso fala-se em “expectativas estilizadas como cognições” ou, se ele estaria disposto a manter a expectativa ainda que se depare com decepções, neste caso fala-se em “expectativas estilizadas como normas” (LUHMANN, 1998, p. 293). Há ainda dentro destes estilos de conduta, novas diferenças, como aquela que corresponde à norma, conformação/ desvio, e àquela que corresponde à cognição, saber/ não saber.

Em Luhmann, elementos mudam a despeito da manutenção estrutural. É necessário salientar que, no nível concreto da reprodução, se se considera como elemento o acontecimento, não se pode dizer que o elemento muda já que acontecimentos ocorrem com uma duração momentânea, não durável, irreversível, ao contrário das estruturas: “as estruturas garantem, apesar da *irreversibilidade dos acontecimentos*, certa *reversibilidade das relações*” (LUHMANN, 1998, p. 314). E a relação, posto desta forma,

só obtém valor estrutural se as relações que se estabelecem em cada caso formam uma *seleção de um grande número de possibilidades combinatórias*, com as vantagens e riscos de uma redução seletiva, e unicamente se *esta seleção* pode manter-se *constante*, quer dizer, reproduzida com elementos novos, ao mudar os elementos (LUHMANN, 1998, p. 259).

---

arregimentando um exército de indivíduos na defesa da verdade produzida (SHAPIN, 1999). Isso, ademais, será descrito como “tecer uma rede” de confiança pelas análises de rede do fenômeno científico.

Com estes subsídios teóricos pode-se ensaiar uma teoria mais geral da mudança social que supere uma conceituação meramente incremental, caso a caso, embora estes elementos também tomem parte no sistema global. Para esta teoria já temos apresentado acima elementos teóricos suficientes, extraídos da teoria dos sistemas, como elementos, relações, acontecimentos, ação e, finalmente, estrutura. É neste último que se devem concentrar os esforços teóricos para se entender a mudança: toda mudança social é uma mudança estrutural, já que “só as estruturas mantêm relativamente constante o continuável” (LUHMANN, 1998, p. 314). Isso, é claro, não é uma reivindicação nova, mas uma nova conceituação do problema, repensado em termos fenomenológicos e sistêmicos. Neste sentido, deve-se ter como ponto de partida o nível da reprodução autopoiética do sistema, ou seja, sua tendência à autoconservação. Esta tendência estará sendo confrontada com as possibilidades de agir (por meio de seleções) em conformidade, divergência ou indiferença em relação à estrutura de expectativa do sistema, esta forma fática impressa nas condições do agir autopoiético definirá as possibilidades de perturbação e transformação das estruturas (LUHMANN, 1998, p. 316). Mas, *a posteriori*, a despeito do que venha a se consolidar - divergência, conformidade ou indiferença – é necessário que a ação continue e ganhe valor de estrutura, aparecendo em outro momento como expectativa e não como acontecimento. Neste sentido, a mudança social aparece como guiada pelas próprias possibilidades do sistema, dispostas no momento da seleção, como a confirmação da estrutura ou como sua negação: estas duas possibilidades são condições ofertadas previamente “de dentro”.

Neste estágio de entendimento do processo de mudança torna-se oportuno a discussão da evolução do sistema. A teoria de sistemas descreve tal processo com base nos mecanismos evolutivos variação, seleção e restabilização. Tem-se que aludir, no entanto, ao fato de que a teoria da evolução aqui implícita não pressupõe uma teoria do progresso (LUHMANN; DE GEORGI, 1993), portanto, não pressupõe hierarquias moralizantes do tipo “bom” e “mau”, “evoluído” e “atrasado”, e, mais importante, renuncia a uma descrição temporal da sociedade em termos pré ou pós. Após isso, segue que a teoria da evolução e a teoria sistêmica compartilharam durante todo o século XX conceitos comuns que foram desenvolvidos na tentativa de uma teoria geral dos sistemas, que abrangesse desde a organização da matéria até a formação de sistemas psíquicos e sociais, com elementos conceituais comuns. Este é o caso dos conceitos de adaptação, seleção,

ambiente, evolução. A teoria dos sistemas, assim, utiliza conceitos da teoria evolutiva, fala-se nos funcionais evolutivos que ocorrem reciprocamente e transformam “aquilo que é desviante” em elemento do respectivo sistema (NEVES, 2006, p. 01).

A variação corresponde a uma modificação nos elementos do sistema<sup>33</sup>, que como veremos são comunicações, “em outras palavras, consiste em uma comunicação inesperada, surpreendente” (LUHMANN; DE GEORGI, 1993, p. 217), um desvio com respeito ao passado, “o processo dirige a atenção até a expectativa de aceitação já expressada ou insinuada ou esperada na comunicação: atentar, quer dizer, ao passado; de costas para o futuro, como os profetas de Israel” (LUHMANN; DE GEORGI, 1993, p. 222). Assim, sinteticamente, a variação é produto da própria autopoiesis do sistema, e por isso pode se apresentar como autocontradição impressa na maneira dialógica da comunicação, que expõe em cada momento a possibilidade da negação. Portanto, é a variação que modifica os elementos dos sistemas, as comunicações (LUHMANN, 2007).

A seleção, como já discutida anteriormente em termos da estrutura de expectativas do sistema, elege entre os elementos variantes aqueles que se apresentam com valor de construção de estrutura e possam, neste sentido, se apresentar na reprodução posterior como expectativa (LUHMANN; DE GEORGI, 1993, p. 217). É uma incorporação de desvio e uma negação de outros, com base na possibilidade de que na reprodução posterior a seleção funcione como estrutura. Aqui as novidades são incorporadas ou não, e este juízo é feito pelo próprio sistema, disso segue que as inovações devem ser consideradas a partir da estrutura do sistema específico. Finalmente, fala-se de re-estabilização quando a variação selecionada apresenta duração e agora, como elemento do sistema, contribui para sua reprodução como unidade autopoietica. Assim, “a re-estabilização se refere ao estado do sistema que está evoluindo depois de uma seleção que tem resultado positivo ou negativo.” (LUHMANN, 2007). Porém, evolução sistêmica não acontece exclusivamente em uma dessas fases, necessita do cumprimento de cada uma delas, daí que “a estabilização evolutiva (dinâmica) transforma-se em motor da própria variação” (NEVES, 2006, p. 02).

---

<sup>33</sup> Luhmann e de Georgi (1993) renunciam a possibilidade de variações por meio dos sistemas psíquicos ou de papéis, como os intelectuais, políticos, operários, cientistas. Ele aponta para um outro elemento, localizado no âmbito das comunicações, a saber, a invenção da negação e a “codificação sim/ não da comunicação linguística que assim se faz possível” (LUHMANN; DE GEORGI, 1993, p. 221). Na ciência é comum o uso da variação, seja na mudança de paradigma na obra de Kuhn (1998), ou nas controvérsias científicas do EPOR.

Ao formar estruturas por meio de expectativas<sup>34</sup>, o processo de redução de complexidade (das possibilidades de ação) por meio de seleções caso a caso, direciona o sistema para a sua autorreprodução. O que é possível caso a caso, inscreve-se nas disposições estruturais anteriormente selecionadas, isto dota o sistema de uma fluidez de elementos mantidos estruturados para a sua autopoiesis. Assim, o sistema autopoietico apresentará uma unidade macroestrutural que no nível de sua reprodução total, aparecerá como função (LUHMANN, 1998). Como as bonecas russas, a penetração em âmbitos subsistêmicos apresentará a estrutura funcional desdobrada em distintos níveis, e mesmo com esta diferenciação a unidade e a identidade em torno de uma função específica, permanece. A ciência se diferencia em diversas disciplinas as quais reproduzem a função macroestrutural de produzir verdades/não-verdades, os partidos políticos são diferenciações que reproduzem a posse do poder, os diversos códigos jurídicos reproduzem o código legal/ilegal, as empresas reproduzem o código ter/não ter, e assim por diante. Diferenciações, quaisquer que sejam, reproduzem o código estrutural, de outra maneira não poderiam pertencer ao sistema que as especificam. Deste modo, na descrição da unidade é fundamental que se leve em conta o código estrutural do sistema, aquilo que o distingue face aos outros sistemas com códigos estruturais distintos.

Ao descrever as possibilidades de reprodução e evolução do sistema por meio da diferenciação sistema/entorno, é necessário qualificar esta relação de modo que tal diferenciação se apresente como uma diferença estruturante do próprio sistema. O sistema opera no âmbito de sua reprodução por meio da seleção de ruídos do entorno de forma autorreferencial, evoluindo através de suas próprias estruturas de expectativas pré-existentes. Esta condição do sistema - autorreferencialidade - faz com que ele opere de forma cega, como se o que estivesse fora de seu alcance estrutural de sentido não pudesse ser observado, conquanto não fosse incorporado à cadeia autopoietica de produção de componentes. A este fenômeno dá-se o nome de fechamento operacional.

No plano das operações próprias do sistema não há nenhum contato com o entorno. Isto vale ainda quando – e sobre este difícil princípio, que contradiz toda a tradição da teoria do conhecimento, devemos chamar expressamente a atenção – estas operações são observações ou operações cuja autopoiesis produz uma auto-observação. Tampouco

---

<sup>34</sup> Neste ponto há de se fazer menção à possibilidade de um âmbito de expectativa de expectativas, o qual apresenta uma capacidade reflexiva superior, a ponto de sua dinâmica “oferecer uma oportunidade de reversibilidade” (LUHMANN, 1998, p. 278) das próprias expectativas, por isso, neste âmbito, o conflito é um fenômeno comum por expor, em cada acontecimento, o desvio de expectativas esperadas.

para os sistemas que observam existe, no plano de seu operar, algum contato com o entorno (LUHMANN; DE GEORGI, 1993, p. 49).

O fechamento operacional implica que a transformação estrutural advenha dos próprios processos internos dos sistemas, quer dizer, somente as unidades com sentido vinculado internamente podem transformar o sistema. Assim, toda transformação interna resulta de processos autorreferentes, já que o processo é vinculado à estrutura própria do sistema, justo porque o sistema não opera determinado por outro ou utilizando processos de outros. O conceito de fechamento operacional exclui, então, qualquer contato sistema/entorno, embora o entorno se apresente no sistema como uma autodescrição. Deste modo fala-se em sistema autônomo como decorrência do fechamento operacional do sistema: a autonomia se define não como um solipsismo (no sentido acima expresso pelas mônadas de Leibniz), mas como um resultado da autopoiesis do sistema. É a ciência que constrói seu método e suas teorias na sociedade moderna, e com isso constrói as comunicações válidas estruturadas com base no código verdade/ não-verdade. Em função disto, renuncia-se a qualquer intento teórico de estabelecer a unidade de análise da ciência como um espaço não demarcado, sem limites entre o que pertence a ciência e o que não. Afinal, a economia constrói a si mesma, a religião e a política igualmente.

A autorreferencialidade refere-se na teoria dos sistemas à comunicação. Comunicação, para Luhmann, é o processo fundamental do sistema, seus *unit-acts*. “Um sistema social surge quando a comunicação desenvolve mais comunicação, a partir da mesma comunicação” (LUHMANN, 1996b, p. 68). Somente a comunicação é um processo genuinamente social porque pressupõe grande número de sistemas de consciência e não pode ser atribuído somente a um deles. Comunicação é uma síntese de três seleções: (1) emissão ou ato de comunicar ou informação de que algo foi comunicado (alguém “diz”), (2) informação (“deseja alguma coisa?”) e (3) entender (compreender) a diferença entre emissão e informação. Assim, existe comunicação se ego entende que alter tem emitido uma informação, a simples emissão de uma informação não é uma comunicação, esta só se realiza quando se chega ao entendimento da diferença entre emissão e informação. A compreensão exclui uma série de outras possibilidades de comunicação e torna possível uma cadeia comunicativa restrita às seleções processadas. Deste modo, a compreensão se apresenta como o limite de um sistema de comunicação. Com isso, a unidade de análise é concretizada na comunicação sistêmica, e seu limite se nos apresenta como limites comunicativos estruturados pelo sentido. Comunicação é,

então, o processo fundamental sobre o qual o sistema se reproduz com base em suas próprias informações anteriores: não existe sistema social que não tenha, como operação própria, a comunicação e não existe comunicação, fora dos sistemas sociais. No entanto, o conceito de fechamento operacional, por meio da comunicação, não conduz o sistema a uma existência incondicional.

O fechamento autorreferencial do sistema da ciência significa, sobretudo, que as estruturas deste sistema não podem ficar *determinadas radicalmente desde fora*; ou mais precisamente, que a impressão verdadeiro/ não-verdadeiro nas hipóteses só pode ser decidida no sistema da ciência e que, por conseguinte, os condicionamentos que são necessários para isso, unicamente competem ao sistema da ciência. Com isto, não se quer negar que podem haver intervenções externas, e até pressões massivas que obrigam a ocupar-se de determinados temas. A isso, a ciência só pode reagir internamente em forma de irritações. Se se mantém uma situação tal, chega a haver inflação do meio verdade no correspondente campo temático.(...) os fenômenos inflacionários deste tipo, como a febre, são um sintoma claro de que o sistema se defende frente às influências externas (LUHMANN, 1996b, p. 439, itálico do autor).

A comunicação é o lócus da autopoiesis do sistema social, e tudo o que caracteriza um sistema social particular é expresso por meio de comunicações. Toda a fenomenologia do sistema social particular acontece de forma contingente e contextual, quer dizer, em outro contexto se poderiam esperar outros fenômenos, levando-se em conta um histórico de comunicações próprio, o que não quer dizer adaptação<sup>35</sup> ao entorno, mas somente construções de elementos próprios que tematizam o entorno. A sociedade moderna é caracterizada deste modo pela autonomia estrutural de sistemas sociais e por não pressupor um centro de controle que determina todos os processos da sociedade, e por isso, os sistemas sociais da sociedade se reproduzem, sem necessariamente, buscar uma simetria com seu entorno. A esta maneira específica de reprodução da sociedade, caracterizada por sistemas funcionais autorreferenciais fechados em seus próprios processos, deve-se confrontar teoricamente um conceito que trate de articular autorreferencialidade sistêmica com relacionamento entre sistemas. A esta relação, entre

---

<sup>35</sup> A história das ciências traz ricos relatos de divergências entre expectativas científicas e de outros sistemas. Por exemplo, se o processo fosse de adaptação contínua, as teses heliocêntricas não teriam lugar na sociedade, muito menos a ideia de universo aberto, a teoria do *big bang*, ou mesmo propostas que desafiam expectativas cotidianizadas como a percepção do tempo na vida ordinária e o tempo físico na velocidade da luz, segundo a teoria da relatividade de Einstein. Para este trabalho, vemos claramente que a biotecnologia está longe desta adaptação com seu entorno, isto ficou evidente nas controvérsias em torno dos transgênicos no Brasil.

sistemas determinados por sua própria estrutura, dá-se o nome de acoplamento estrutural (MATURANA, 1983; LUHMANN, 1998).

O conceito de acoplamento estrutural precisa que no fechamento operacional a causalidade seja canalizada de tal maneira que exista certa coordenação ou integração entre sistema e entorno, sem que se tenha que renunciar à radicalidade da tese do fechamento de operação. Justo porque os sistemas estão fechados com respeito a seu operar, podem ser influenciados mediante acoplamentos estruturais, ao menos em longo prazo (LUHMANN, 1996b, p. 84).

O acoplamento estrutural não determina desde fora o que acontece nos sistemas da relação, mas tais sistemas podem irritar reciprocamente cada um dos sistemas envolvidos, de modo que tais irritações podem ser incorporadas, autorrefrencialmente, como elementos inovadores na rede de processos autopoieticos própria. O acoplamento ocorre sempre como evento, acontecimento altamente momentâneo, e logo se desfaz, porém perturbando os sistemas envolvidos e, deste modo, podendo fixar-se como informação no interior do sistema social acoplado (Luhmann, 2007) Não se pode considerar tais acoplamentos como planejamento entre os sistemas envolvidos ou como uma fusão estrutural entre eles: tais sistemas permanecem fechados sob sua própria estrutura. Acoplamentos estruturais ocorrem corriqueiramente na sociedade moderna levando os sistemas sociais a níveis maiores de complexidade e diferenciação sem que, no entanto, isso leve a uma desintegração. Alguns exemplos de acoplamentos estruturais entre sistemas podem ser verificados nos impostos (acoplamentos entre política e economia), na constituição (direito e política), contrato (direito e economia), organização das universidades (ciência e educação), qualificações técnicas e certificados (educação e economia). Este trabalho ressaltará uma outra série de acoplamentos estruturais mais apropriados ao tema aqui desenvolvido, como empresas de base tecnológica e o contrato de pesquisa (ciência e economia) e biotecnologia moderna (técnica e ciência)<sup>36</sup>.

Luhmann (2007) fala também em interpenetração, um tipo específico de acoplamento estrutural no qual os sistemas acoplados não podem existir um sem o outro. Isto se dá, por exemplo, entre a consciência e cérebro e entre sistemas psíquicos e sistemas sociais. Neste último caso, ambos os sistemas devem estar acoplados para que seja possível a comunicação. Com isto, Luhmann prescinde da tese da intersubjetividade, já

---

<sup>36</sup> Para aprofundamento destes acoplamentos ver Luhmann (2007).

que não há transferência de conteúdos semânticos entre consciências, mas só irritações. Precisamente por isso, por exemplo, o conhecimento científico é algo que não se dá pela transferência de conteúdos verdadeiros entre consciência, mas pela cristalização no tempo em um sistema social que historicamente se estruturou em torno da reprodução da verdade. Neste sentido, “os conhecimentos do indivíduo são entorno” (LUHMANN; 1996a, p.437) para o conhecimento científico. Portanto, para ser conhecimento científico, ou qualquer outra forma de conhecimento, a perspectiva idiossincrática deve ser comunicada. A generalização simbólica da verdade comunicada chama-se paradigma.

Tudo o que chega à sociedade, aquilo que a irrita, passa por um duplo filtro, consciência (atributo dos sistemas psíquicos) e comunicação (atributo dos sistemas sociais), fazendo com que o que conhecemos como sociedade, seja um sistema decorrente de uma dupla redução de complexidade e, portanto, fruto de dimensões reais diferenciadas e acopladas estruturalmente. No entanto, mesmo como uma dimensão emergente de sistemas acoplados, mesmo que dependa de processos físico-químicos que garantam a reprodução da vida, somente a consciência pode alterar a comunicação, processos químicos, físicos e biológicos, atuam somente como fator de destruição:

O ambiente, justamente, não contribui para nenhuma operação do sistema (...), mas pode prejudicar, irritar ou, como diz Maturana, perturbar as operações do sistema quando (e somente quando) os efeitos do ambiente aparecem no sistema como informação e podem ser processados nele como tal (LUHMANN, 1997, p. 42).

O ruído ou a subtração do ar, ou a distância espacial, podem impedir que se efetue a comunicação verbal. Os livros podem queimar-se. Mas nenhum fogo pode chegar a escrever um livro (LUHMANN; DE GEORGI, 1993, p. 56).

Surgem os limites da sociedade, quais sejam, os limites da comunicação. Na medida em que comunicam, os sistemas sociais participam da sociedade, nas condições acima expostas, e na medida em que operam distinguem-se semanticamente (LUHMANN; DE GEORGI, 1993, p. 67). Todas as diferenças ressaltadas nas teorias apresentadas, dos estudos sociais da ciência e tecnologia, podem ser enquadradas dentro desta estratégia diferenciadora se se dispõe claramente quais são os critérios a partir dos quais se parte. É possível falar de interação, âmbito privilegiado nos estudos da sociologia do conhecimento, como “sistema social que surge entre os presentes” (LUHMANN, 1998, p. 353), neste sentido são brechas na reprodução autopoiéticas, condicionadas pela presença

e pela duração, e que podem ser animadas por meio do conflito, possuir entornos específicos em situações específicas e servir de perturbação e informação para os sistemas sociais. Os conflitos interacionais assim são fontes de mudanças estruturais se a seleção de sua relevância ganhar a sociedade, como os conflitos de gênero e étnicos ganharam o direito e a política. Neste sentido, as interações, as quais aparecem na ciência na prática em laboratório, como ressaltadas pelos estudos etnográficos de laboratório, podem também ser incorporados a teoria dos sistemas, conquanto a referência seja a diferenciação sistema/ entorno.

Há um contraste informacional entre sistema e ambiente, este é a condição sob a qual o sistema opera e para a qual só existe uma saída, a redução de complexidade, através de seus próprios processos. Esta condição envolve outros sistemas funcionais que constantemente se encontram em intercâmbio informacional entre si através de sucessivos acoplamentos estruturais, fazendo com que a rede de informações que se estrutura no interior do sistema inclua informações novas, de acordo com seu operar característico, sua autopoiesis. Estas relações podem estar relacionadas a contribuições recíprocas entre sistema, o que envolve exigências de funções mútuas na medida em que as funções são fragmentadas na modernidade.

Além da sociedade, todo sistema parcial pode observar outros sistemas parciais. Em tal caso, se fala de contribuição. Apesar de que se refira primariamente às exigências de funções nas relações da sociedade, todo sistema parcial deve também ter em conta as contribuições nas relações de outros sistemas parciais: por exemplo, no sistema político existem leis para a economia, no sistema econômico se subsidia a investigação científica, no sistema educativo se forma para o trabalho. Isto significa que, com base na sua inalienável autonomia recíproca, os sistemas de funções também são estritamente interdependentes. As interdependências têm um significado diferente segundo o sistema: por exemplo, o sistema educativo observa o sistema político de maneira diferente que o sistema jurídico, e para o sistema político esta diferença de perspectiva é uma diferenciação do entorno, que não se encontra no entorno do sistema educativo ou do sistema jurídico (BARALDI, 1996, p. 62).

Este estado de relações descrito envolve fechamento operacional com abertura ambiental: o sistema se fecha pela manutenção de seu processo funcional ao mesmo tempo em que, por meio dele, ou melhor, com base nele, observa e aproveita o entorno em suas operações. Neste sentido, pelo contato co-evolutivo com o entorno, o sistema segue uma direção determinada, tolerada pelo ambiente. Esta direção se liga fundamentalmente aos

ruídos externos que são incorporados ao sistema via acoplamento estrutural, reafirmando que tal perturbação é uma construção própria do sistema, e só assim pode ser absorvida pela rede de comunicações autopoieticas que são dotadas de sentido no próprio sistema, o que envolve seleção.

Por esta mesma razão a recepção de um *input* sempre está ligado à capacidade de conexão no sistema que recebe. A fim de poder utilizar os pagamentos nas investigações – para poder gastá-lo no sistema da ciência -, o sistema da ciência deve poder apresentar as investigações como investigações. O doador pode imaginar que se terão resultados que se poderão usar para proveito próprio, como o cientista pode imaginar que seus resultados sejam aplicáveis em outros sistemas segundo os critérios de seleção, normas e costumes institucionais destes. Mas se este cálculo é correto ou não, se decide em outro sistema. (...) Independentemente da dimensão da influência ou do que se tenha selecionado afortunadamente, a política da investigação segue sendo política. É política só pelo fato de que descreve a política. Não se pode substituir a si mesma pela investigação, e tem seu sentido próprio só como política. Pode irritar a ciência com propostas sobre temas de investigação e com estímulos financeiros ou também com decisões com respeito ao pessoal. Pode pretender nomenclaturas de preferência (paz, mulheres, ecologia, consequências da técnica, cultura) e estimular a ciência a adotar as correspondentes terminologias mediante solicitações e apresentações. Mas desta maneira, todavia, não se tem constituído os conceitos, nem muito menos tem os resultados da investigação à mão (LUHMANN, 1996a, p. 450).

Tem-se dito que o sistema constrói internamente sua própria maneira de operar, que esta maneira cria os limites que o distingue de seu ambiente, mas como o faz? Atentar para as seleções internas pode ser uma saída, mas ainda fica-se preso à outra pergunta, como se seleciona? A solução de Luhmann é recorrer ao processo fundamental de constituição dos sistemas sociais, ou seja, comunicações. Existe imenso número de possibilidades de comunicação que torna a interação cotidiana, por exemplo, algo totalmente improvável, sujeita a ruídos de toda a espécie que dificulta a consecução dos pré-requisitos para que haja a compreensão entre ego e alter (LUHMANN, 2001). A saída da sociedade foi estruturar sua reprodução, com base na comunicação, em códigos binários que reduzem as possibilidades de comunicação mal sucedida, referenciando-as a uma forma de dois lados: Sim e não<sup>37</sup>. Há uma diferenciação dos acontecimentos, desta

---

<sup>37</sup> Sobre o histórico de constituição da sociedade binariamente, ver Luhmann; De Georgi (1993). Sobre a codificação sim e não, ver Luhmann (1998). Esta dupla possibilidade envolve ademais o problema parsoniano da dupla contingência, ou seja, da impossibilidade, diante da dupla possibilidade de seleção, de alter prever o que decidirá ego, conduzindo a problemas de coordenação da comunicação.

vez em codificados e não codificados, os primeiros “atuam em um processo comunicativo como informação, os não codificados como interrupção” (LUHMANN, 1998, p. 144). Em sentido figurado, os códigos representam a frequência de onda do sistema. Eles combinam fechamento operacional com abertura ambiental, dotando de significado as informações incorporadas à autopoiesis do sistema, que opera, então, incessantemente com a fundamental diferença entre sistema e entorno.

(...) a introdução da “distinção sistema/ entorno” dentro dos sistemas de significados (alto-observação, como o “elemento operativo da autopoiesis”) torna capaz uma nova combinação de fechamento e abertura ambiental, tanto que a circularidade da autopoiesis pode ser interrompida pela referência ao ambiente.(...) Em relação ao sistema, muitos tipos diferentes de determinantes ambientais estão operando, mas eles só são inseridos no sistema se o próprio sistema atribui sua forma neles de acordo com suas próprias diferenças (NEVES, 2001, p. 249) .

A diferenciação da sociedade basicamente se refere a esta característica dos sistemas sociais, ou subsistemas: fechamento operacional pelo sentido dotado pelo código às informações do entorno. Assim, nenhum sistema social é igual ao outro no que se refere ao sentido de suas operações, já que a diferenciação da moderna sociedade desemboca no controle de códigos específicos por sistemas sociais distintos. É o caso do direito e o código legal/ ilegal, da política e o código poder/ não poder, da economia e o código ter/ não-ter, da ciência e o código verdadeiro/ não-verdadeiro. A valoração de determinado lado do código leva a cristalização de meios comunicativos que asseguram a continuação da autopoiesis, condicionam, assim, o êxito da comunicação. Estes meios comunicativos são os simbolicamente generalizados, a verdade, o dinheiro, poder, o amor, os valores, entre outros. Em uma sociedade hiperdiferenciada e global, funcionando com mecanismos de desencaixe tempos-espaciais, a comunicação tende a produzir mais problemas para a efetivação de seu êxito, é aí que entra os meios de comunicação simbolicamente generalizados. Ego aceita uma advertência porque alter detém o poder, aceita uma biotecnologia porque é verdadeira (ou funciona), aceita flores por que ama.

Os meios são simbólicos ao utilizar a comunicação para produzir o acordo que por si mesmo seria improvável. Mas, ao mesmo tempo, também são diabólicos ao produzirem novas diferenças. Assim, um problema específico da comunicação se resolve através de uma nova disposição de unidade e diferença: quem pode pagar obtém o que

deseja; quem não pode pagar, não o obtém (LUHMANN; DE GEORGI, 1993, p. 128).

Estes meios operam reduzindo complexidade e cristalizando expectativas de êxito comunicativo. Isto quer dizer que a verdade de uma comunicação científica é reproduzida enquanto tal, mas pode ser negada devido ao caráter diabólico do código do sistema em que ela tem sentido, a ciência. Assim é que a ideia de paradigma enquanto uma verdade reproduzida de forma generalizada permite a contestação e a mudança paradigmática. Isto pode ser articulado com o conceito de evolução na teoria de sistema, entendido como uma forma que envolve a distinção entre variação e seleção (LUHMANN; DE GEORGI, 1993). Quer dizer que existem critérios de seleção na sociedade que permitem determinadas variações nos subsistemas sociais. Mas, além disso, pode-se dizer que nos próprios subsistemas existem critérios que selecionam determinadas formas, de acordo com a estrutura peculiar que orienta o processo autopoietico (motivação, nas palavras de Luhmann). Isto, em relação à sociedade, pode levar a prevalecer sobre outros determinados meios.

É necessário considerar que determinados âmbitos de funções resolvem seu problema de seleção com mais êxito que outros, se adaptam mais rapidamente à velocidade da sociedade moderna, ou bem podem acumular as aquisições melhor que outros. O resultado se manifesta como predomínio da técnica e do dinheiro ou como predomínio de racionalidades particulares que não satisfazem plenamente (LUHMANN; DE GEORGI, 1993, p. 239).

Este predomínio de um código de comunicação simbolicamente generalizado sobre outro é o que se pretende investigar nesta tese. Os estudos sociológicos do conhecimento científico se orientaram até aqui principalmente para entender o processo de produção científico como um processo social, contextualizado, contingente e construtivo. Isto, como se argumenta, rebaixou as pretensões de um conhecimento isento, sujeito somente às intempéries lógico-rationais, típica de uma história da ciência internalista. Esta reorientação é sintoma de uma reconfiguração na semântica da sociedade, pode-se dizer, um abandono da verdade transcendente como motivo último do conhecimento. Nas palavras de Habermas (1990, p. 44) a razão encolhe-se,

reduzindo-se ao aspecto formal, fazendo a racionalidade dos conteúdos depender somente da racionalidade dos procedimentos, de acordo com os quais se tenta resolver problemas – problemas empíricos e teóricos na

comunidade dos pesquisadores e no empreendimento organizado da ciência; (...)a validade dos conteúdos volatiliza-se na validade dos resultados. Passa a valer como racional (...) somente a solução dos problemas que aparecem no momento em que se manipula a realidade de modo metodicamente correto.

Esta mudança estaria implícita nos novos desdobramentos da ciência, já que esta se constituiu como sistema funcional produtor da mesma. Argumenta-se com esta tese que houve uma substituição do meio de comunicação simbolicamente generalizado verdade pelo funcionamento, esta transformação na ciência contemporânea tem relação com a forma com que ciência e sociedade vem se relacionando e reproduzindo a legitimidade da ciência na sociedade. Esta mudança se vincula a uma série de novas transformações no entorno que reestruturaram as motivações e seleções na ciência. As comunicações do sistema e da organização científica estariam se orientando pelo código basal da tecnologia, qual seja, funciona/não-funciona. Finalmente, o código que serviu de base para o desenvolvimento da ciência moderna, a verdade, sucumbiu às transformações que o conhecimento científico sofreu em seu desenvolvimento, com todos os imperativos que a forma de conhecimento técnica/ tecnológica acarreta para a prática científica.

### 1.5 O contexto de reprodução do sistema científico periférico

A partir deste referencial teórico mais geral, Luhmann (2007) elabora um modelo para se pensar a evolução da sociedade (sistema global) a partir do processo de diferenciação ocorrido em sua estrutura primária, ou seja, a estrutura relativa aos sistemas parciais (ciência, economia, religião, entre outros), bem como a relação entre eles. Deve-se ressaltar, como acima exposto, que os sistemas parciais (ou subsistemas) da sociedade são entornos uns para os outros, e a estrutura de relações entre eles define a estrutura da sociedade, ou seja, a forma como a sociedade organiza suas comunicações. Ademais, o aumento da complexidade é o elemento sensibilizador da diferenciação do sistema global da sociedade. Tal sistema evoluiu apresentando-se sob a égide de quatro formas de diferenciação singulares, a saber, a diferenciação por segmentos, centro/ periferia, estratificada (hierárquica) e funcional. Estas formas foram aquelas que em determinado período histórico do desenvolvimento societal tiveram primazia no direcionamento do processo de diferenciação (LUHMANN, 2007).

A diferenciação segmentária diz respeito à igualdade dos sistemas parciais que se distinguem por meio da descendência (famílias, clãs) ou residência (aldeias, tribos), ou ambos (clãs nas tribos ou famílias nas aldeias). Esta forma de diferenciação não apresenta um grau elevado de complexidade, deste modo, os sistemas parciais observam no entorno interno da sociedade sistemas iguais a eles. Na diferenciação centro/ periferia há desigualdade porque o princípio da segmentação é transposto pela existência de um centro (que organiza os fluxos de comunicação) e uma periferia. No centro reside o exercício da burocracia e governo e isto se verifica nas dicotomias civilizado/ não civilizado, cidade/ campo, império/ colônias. A tendência desta forma de diferenciação é o isolamento do centro que pode se diferenciar novamente por meio da estratificação baseada na formação da nobreza, ainda que a periferia continue reproduzindo a segmentação. A estratificação como outra forma de diferenciação da sociedade representa concretamente desigualdade na distribuição de recursos e privilégios na comunicação, por exemplo, no que concerne à leitura e à escrita. Deste modo, é um tipo de diferenciação que funda hierarquias entre nobreza e povo. Em torno do século XVIII, a Europa passa por outra transformação estrutural, em parte devido a insustentável condição estratificada, já pressionada por níveis de complexidade superiores. Os sistemas sociais autopoieticos emergem ao se fecharem sob uma forma operacional que os garantiram identidade e diferença: “os sistemas de funções são iguais em sua desigualdade” (LUHMANN, 2007, p. 486).

Esta forma de diferenciação é a diferenciação primária da sociedade moderna. É com base nesta forma de diferenciação que se fala em “sociedade complexa”, devido a não existência de um critério estrutural único que defina o sistema todo, cada sistema de funções desenvolve mecanismos reprodutivos próprios que o define e diferencia dos demais. São diferentes pela função que cada um reproduz por meio de um código binário específico que exclui outras formas de observação e estruturação existentes em seu ambiente externo. Deste modo, o sistema parcial convive com outras possibilidades de estruturação, de outros sistemas parciais, outras formas de observar que permanecem como possibilidades de perturbação à sua lógica reprodutiva. Não há, neste sentido, uma hierarquia quanto a função mais importante para a sociedade, em uma sociedade complexa cada função se faz necessária para a reprodução do sistema global. Deste modo é que se assume que a sociedade é heterárquica, não há ponto de vista privilegiado ou comando que possa regular o todo. Cada comando, cada observação, as preferências e os motivos dizem

respeito somente ao sistema e fora de seus limites atuam somente como perturbação para outros sistemas funcionais.

Os sistemas funcionais se diferenciam pelas seleções orientadas pela função que exercem. Assim, “as ações se constituem (...) ao integrar-se às seleções, por esta razão, aos contextos e, com ajuda de qualquer semântica (‘intenção’, ‘motivo’, ‘interesse’), aos sistemas” (LUHMANN, 1998, p. 163). Neste ponto da relação entre sistema e ação vale a diferenciação entre sistema psíquico e social: a ação sistêmica é adjudicada às seleções atualizáveis no processo autopoietico, fornecendo a base motivacional para o agir, que seleciona. As teorias individualistas não explicitam esta relação entre contexto e ação, como a de Max Weber (2004), por exemplo, mas “é indubitável que ele tenha lançado suas premissas ao introduzir a correlação entre racionalidade e formas de agir” (MARRAMAIO, 1995, p. 185). Deste modo, deve-se fazer menção, na sociedade moderna, à dimensão reprodutiva dos sistemas funcionais para se entender os motivos que orientam a ação em tal sociedade.

No âmbito da *pragmática linguística* de Gumbrecht (2003) esta relação entre “sistema-motivo-ação” é ressaltada em seu intuito de relacionar formas, significados/ funções e determinadas situações, entendendo “forma” por textos enquanto conjuntos complexos de signos linguísticos<sup>38</sup>. “Motivo”, nesta perspectiva, também se liga à situação, já que o estado intencionado que a ação quer provocar só tem sentido no interior de determinadas “formas de vida”. Sendo assim, ligando “situação” a “motivo”, algumas seqüências deste último são “institucionalizadas ou até ritualizadas dentro dos seus respectivos contextos históricos” (GUMBRECHT, 2003, p. 29), temporal e socialmente diferenciados. Nas palavras do autor:

ao tratar estas questões, o modelo de Luhmann apresenta um recurso propício, porque o autor define os sistemas sociais – dentro dos quais se deve somar grupos políticos ou sociais – funcionalmente pelo seu empenho (“reductor”) na constituição do sentido frente a um meio social hipercomplexo. Com vistas aos nossos objetivos, podemos deduzir que sujeitos diferentes pertencem ao mesmo grupo quando internalizam as mesmas convenções de constituição de sentido, que formam o

---

<sup>38</sup> O intuito do autor é reconstruir o sentido da ação revolucionária francesa através dos textos literários, relacionando estes às situações comunicativas no seio das quais foram proferidos historicamente. Portanto, o sentido produzido se baseia na recepção de um leitor (observador?) em situação comunicativa posterior ao momento histórico específico em que foi construído o texto. Ademais, este sentido se constitui pela eliminação de suas ambigüidades tanto no plano de sua geração (pelo autor) quando no da sua recepção (pelo leitor), ambos condicionados pelas coordenadas situacionais de sua posição histórica. Assim, “a pluralidade de sentidos possíveis” (GUMBRECHT, 2003, p. 15) é restrita, pelas seleções condicionadas.

fundamento comum das suas experiências e das suas ações.  
(GUMBRECHT, 2003, p. 31)

Portanto, se o motivo da ação se liga ao contexto sistêmico, a um sistema funcional, a descrição deste contexto é o que importa para se entender as orientações das ações no seu interior. E descrição está ligada basicamente à exposição da estrutura de expectativas cristalizadas nas comunicações dos sistemas funcionais, orientadas pelos códigos que se inscrevem no contexto aqui privilegiado, o científico. Porém, ainda que o motivo seja interno, já que corresponde à função e à estrutura de um sistema específico, este sistema evolui constantemente em seu intercurso comunicativo, que envolve a observação do entorno, quer dizer, as exigências temáticas de “fora”, as linhas de financiamento disponíveis e as limitações legais. Tudo isto está pressuposto no sistema nas mais diversas formas internamente diferenciadas, desde projetos, “ordenamentos temporalmente limitados” (LUHMANN, 1996b, p. 243), mas também financeiramente, legalmente e politicamente; até os programas: “os programas devem de tal maneira formular as condições do correto, independentemente dos conteúdos, para que as operações possam acoplar-se continuamente” (LUHMANN, 1996a, p. 289), enfim, é um conjunto de regras decisórias, como o programa experimental na ciência. Estas regras respondem por aquilo que é considerado verdadeiro ou falso na binarização do sistema da ciência, ou seja, diz respeito a teorias e métodos.

O contexto sistemicamente estruturado, desta forma, torna-se conceito chave nesta abordagem. É precisamente a forma da sociedade moderna o objeto privilegiado da teoria sistêmica acima exposta. Uma forma estruturada em torno de sistemas funcionais diferenciados que executam funções específicas e que se apresentam uns para os outros como entorno e, deste modo, fontes de irritação. É exatamente esta relação entre sistema, descrita com o conceito de acoplamento estrutural, o que permite entender os processos internos a cada sistema. Várias abordagens sociológicas lidam com esta perspectiva, ainda que implicitamente, e várias teorias evolucionistas têm feito uso de conceitos sistêmicos para apresentar a evolução, co-participativa, do âmbito social a que pretende compreender. O que é comum nestas abordagens é a ideia de que as relações institucionais entre sistemas formam quadros normativos, por exemplo, para a ação econômica, como no caso da teoria dos regimes de produção (TEUBNER, 2005). Estes regimes são

Totalmente assistêmicos, acoplamentos estruturais entre sistemas sociais autônomos que, no entanto, não se tornam sistemas autônomos com seus elementos, estruturas e limites próprios. Como acoplamentos estruturais, os regimes de produção são simples configurações formadas por componentes heterogêneos, por estranhas criações hermafroditas existentes na zona cinzenta entre a economia e a sociedade, em suma: híbridos econômicos (TEUBNER, 2005, p. 134).

Portanto, os acoplamentos estruturais entre sistemas criam dinâmicas não sistemáticas, ainda que possam significar contextos normativos para cada sistema envolvido, ou seja, há uma coevolução, uma ação recíproca entre estruturas autônomas. Têm-se vários exemplos da formação desses híbridos, no que tange à teoria evolucionista, como se verá no capítulo 3. Em relação a questão da mudança evolucionária intrínseca a esta teoria, o processo de produção e difusão de conhecimento e tecnologia é compreendido como dinâmico, multifacetado e mobilizador de vários sistemas, o que acaba por produzir um regime de produção baseado na relação entre direito, política, ciência, economia. Nesta tese, a partir da compreensão das relações entre os sistemas supracitados, falar-se-á de regime de produção de conhecimento. Teubner (2005), contestando uma lógica bipolar – envolvendo somente perturbação entre dois sistemas – em um regime de produção, propõe uma lógica cíclica de acoplamentos, multifacetada portanto.

Há miríades de relações intersistêmicas “selvagens”, nas quais a economia e outros subsistemas sociais se irritam mutuamente. Condensam-se, para formar um regime de produção, apenas quando os canais de perturbação são traçados de tal forma que os impulsos para mudanças têm seus efeitos não só eventuais, pontuais e unilaterais, de um sistema para o outro, mas quando confluem para uma perturbação recíproca, no caso bilateral, e para um circuito de perturbações, no caso multilateral. Somente então nasce um regime de produção no sentido estrito, isto é, quando é capaz de se estabilizar como ultraciclo de instituições sociais que caracterizam a “cultura econômica” de um espaço econômico (TEUBNER, 2005, p. 139).

Esta é a descrição teórica do contexto que se utilizará para falar sobre o sistema científico e do regime de produção de conhecimento, entendendo que este engendra uma cultura científica diferenciada em um espaço científico específico e, portanto, pode ser compreendido como um regime de produção de conhecimento central ou periférico. Estes contextos são regimes difusos de sistemas que se acoplam e coevoluem, cada um

significando ambiente para outro e exercendo pressões ambientais que, de uma forma ou de outra, serão incorporadas e resignificadas nos contextos internos significativos<sup>39</sup>. Esta incorporação dá-se por seleção através do critério de duplicação de cada sistema correspondente. Acrescenta-se o fato de que existem contextos culturais difusos também significativos para a ação sistêmica, contextos institucionais divergentes no plano dos Estados nacionais, por exemplo, o que exige na análise um cuidado especial com critérios seletivos institucionais próprios nas “províncias culturais” que se formam no interior da sociedade global.

Instituições econômicas participam sempre, concomitantemente, das histórias do direito, da política, da ciência e da pedagogia de seu espaço econômico, e demonstram, portanto, particularidades culturais que podem ser explicadas somente a partir da história dos outros sistemas. A outra fonte de variedade capitalista encontra-se, por assim dizer, na fronteira entre as províncias culturais, no próprio regime de produção, lá onde um espaço econômico específico moldou as relações de coevolução de forma específica, em suas instituições particulares (TEUBNER, 2005, p. 142).

Ao considerar contextos como resultados dos acoplamentos estruturais, é possível estabelecer vários níveis contextuais dependendo da regra de diferenciação utilizado pelo observador. É neste sentido, reforçando o argumento, que uma diferenciação centro/periferia é possível no plano da sociedade global, e, no caso específico do sistema mundial de ciência e tecnologia. Fala-se em modernidade periférica em relação a uma modernidade central quando esta regra se impõe no tratamento de sistemas organizados, em oposição a tradicional/moderno. Na modernidade periférica a formação sistêmica se encontra deficitária quanto aos elementos seletivos que estruturam a autorreferencialidade dos sistemas complexos em sociedade centrais. Este critério de duplicação, centro/periferia, portanto, supera o critério meramente econômico empregado nas teorias desenvolvimentistas da década de 50 e 60, embora tal âmbito significativo tenha de ser levado em conta na constituição dos regimes de produção.

Este déficit de complexidade é o que Neves (2006) chama de modernidade negativa. O sistema científico periférico convive com problemas de hipercomplexidade, na medida em que as possibilidades de constituição de um “*topos* específico” (Neves, 2006, p.

---

<sup>39</sup> Teubner (2005) apresenta três tipos de influências recíprocas entre instituições: as irritativas, em que os efeitos de uma perturbam os mecanismos de variação da outra; as simulativas, em que os critérios seletivos de uma são reconstruídos no interior da outra e; endógeno-simbióticas, em que os resultados seletivos de uma se estabilizam por assimilação em outra.

238) é limitada. Isto quer dizer que a complexidade estruturada internamente não se “volta para si mesma” em um contexto de fortes pressões externas, não podendo se construir autonomamente em todos os âmbitos de constituição sistêmica: nas organizações, nas interações e nos sistemas sociais. Isto leva a inflação temática em torno de exigências econômicas e políticas, o que inflaciona também as possibilidades investigativas e o próprio âmbito de “acesso às verdades”. Enfim, neste contexto periférico de complexidade desestruturada e limites sistêmicos tênues, as interferências entre sistemas alteram critérios seletivos, códigos reprodutivos e a própria estrutura do sistema. É este regime de acoplamentos difusos o que caracteriza a modernidade periférica e, portanto, o âmbito de funcionamento do sistema científico na periferia da sociedade global.

Ao fazer uso de uma teoria dos sistemas sociais deve-se, portanto, atentar para os diversos níveis de sentido que participam da construção da investigação. Acima, seguiu-se a orientação de Luhmann (2007) e tentou-se descrever estes níveis em termos de uma teoria da comunicação, uma teoria da evolução e uma teoria da diferenciação social, não necessariamente nesta ordem. O que se quis dizer, em resumo, acima, é que surgem sistemas sociais, como a ciência, a partir da comunicação que, em uma lógica autopoietica, constroem a si mesmos e se diferenciam do entorno; evoluem graças a esta diferença e aos acoplamentos estruturais entre sistemas sociais e, finalmente; evoluem de forma conjunta por meio de perturbações recíprocas. Assim, há uma evolução global do sistema da sociedade, e conseqüentemente há a criação de contextos significativos diferenciados. A unidade de análise, portanto, concretiza-se no sistema social e é a ele que se deve fazer referência para que se possa compreendê-lo.

## CAPÍTULO 2

### A Modernidade da ciência e da tecnologia

*A abstração do código é algo que se alcança paulatinamente na história, sob a eliminação de conotações (sobretudo de índole religiosa e política; quer dizer, precluding matters of theology and state affairs, tal como se expressa no informe de fundação da Royal Academy) que devem ser atendidas por outros sistemas funcionais.*

Niklas Luhmann (1996b, p. 196).

*A presença da tecnologia não era determinante da investigação mesma, o projeto de investigação não considerava primariamente o conjunto de instrumentos tecnológicos como elementos “sine qua non”; hoje, pelo contrário, a situação habitual é que ditos instrumentos assinalam muitas vezes a direção a que deve encaminhar-se a atividade científica, ao menos até um certo nível muito significativo. Tem-se que observar, não obstante, que esta situação não se apresenta em todas as ciências com a mesma intensidade.*

Ramón Queralto

Apresentar-se-á neste capítulo uma perspectiva da história da ciência moderna sob a orientação de uma concepção sistemicamente orientada, utilizando-se da diferenciação sistema/entorno como critério de observação. O objetivo é discutir uma mudança profunda que aconteceu na estrutura da ciência e que não deixou incólume nenhuma de suas dimensões, produzindo uma reação em cadeia que atingiu e transformou a reprodução científica. Esta mudança profunda é o processo de fechamento operacional da ciência, um processo fundamentalmente histórico, o qual só se pode perceber se se tem como base da observação, uma teoria da evolução que diferencie basicamente dois períodos fundamentais da evolução científica, quais sejam, o século XVII, conhecido como o da Revolução Científica, e o século XX, especificamente sua segunda metade, caracterizado pela *big science*. Só no fim do século XX, no entanto, assiste-se a efetivação na ciência, ainda que difusa ou manifesta somente em alguns campos de conhecimento, daquele impulso primordial já explícito em algumas concepções filosóficas dos setecentos: a

ciência como tecnologia. Em função disto, a regra estrutural básica da ciência é substituída: do código da verdade do conhecimento ao código do funcionamento da tecnologia na produção do conhecimento científico. Esta mudança, conseqüentemente, altera as concepções de ciência e tecnologia, ciência básica e aplicada, ciência interessada e desinteressada.

A ciência moderna vai apresentar um impulso à aplicação e à tecnologia desde sua manifestação ideal-típica na *Real Society* inglesa, porém, a efetivação desse impulso necessitava de condições sociais, as quais, ainda não haviam sido dispostas. Este capítulo ademais, explicitará estas condições sociais cambiantes que influenciaram tais transformações. Estas condições dizem respeito, especificamente, a uma mudança estrutural da sociedade, a alteração de suas bases estratificadamente diferenciadas – nobreza e povo - em direção a uma diferenciação funcional – sistemas sociais autorreferenciados. É esta mudança que produz uma forma de sociedade que encerra uma complexidade de relações intersistêmicas que acaba incidindo na ciência, reconfigurando seus processos funcionais, estruturais, interacionais e, conseqüentemente sua semântica. Isto incide por sua vez nos outros sistemas, como o político, jurídico e econômico, produzindo arranjos emergentes recíprocos, regimes de produção de conhecimento, que acabam alterando a própria forma da relação ciência/sociedade. Analisar-se-á esta mudança do sistema científico, não com o olhar voltado para o laboratório, como já fora feito (por exemplo, KNORR-CETINA, 2005), mas para a sociedade mais ampla em seu arranjo funcionalmente diferenciado, apresentando as condições sociais que participaram da égide de uma nova forma de operação sistêmica, relacionada à dimensão técnica do conhecimento e ao seu meio de comunicação simbolicamente generalizado, a verdade.

Ademais, apresentar-se-á uma diferenciação disciplinar específica no sistema científico, a constituição de um domínio biológico do conhecimento. A biologia moderna vai estar relacionada também às transformações ocorridas na produção do conhecimento e seu desenvolvimento autônomo vai ressaltar uma concepção de vida mecanicista, baseada nas técnicas experimentais que, cada vez mais, conduziram ao estabelecimento do dogma central da biologia moderna, a saber, o DNA como sua unidade básica de análise. A biologia será entendida como uma diferenciação fundamental no corpo do conhecimento científico, diferenciação que estará ligada, também, à mudança mais ampla na estrutura da sociedade, especificamente, nas concepções mais gerais sobre a vida que o tardio medievo legou.

## 2.1 O tardio medievo e a produção do conhecimento

São várias as versões da Revolução Científica do século XVII na Inglaterra, não se tendo consenso nem a respeito de sua existência. Steven Shapin (1999), por exemplo, argumenta que antes do historiador Francês Alexandre Koiré, a expressão “Revolução Científica” não era corrente nem mesmo no âmbito especializado da pesquisa acadêmica, e foi a partir dos trabalhos deste historiador que tal referência ganhou a sociedade. No período a que Koiré faz referência, século XVII, dificilmente se admitiria alguma mudança na forma como as pessoas viam o mundo. Inclusive nos Seiscentos “a esmagadora maioria da população não habitava na Europa, não sabia que vivia ‘no século XVII’ e não estava ciente que nessa altura decorria uma Revolução Científica” (SHAPIN, 1999, p. 29). Porém, ainda que uma revolução articulada e global não tenha acontecido, algumas mudanças ocorreram e seus aspectos característicos merecem ser contemplados na análise, eles foram selecionados pela historiografia e fundamentalmente nos legaram grande parte da imagem do mundo que hoje compartilhamos. São eles, a mecanização da natureza, a despersonalização do conhecimento natural, a elaboração do conhecimento com base no método, exigindo padrões de observação e experimentação. Estes elementos diferem a ciência moderna de qualquer sistema científico do passado (HALL, 1988).

Para os propósitos aqui indicados importa, muito mais do que fazer uma exaustiva investigação dos conteúdos cognitivos presentes naquele tipo de conhecimento, investigar quais eram as bases sociais que sustentaram, ou se opuseram, a esta emergente maneira de produzir conhecimento, apresentando a forma como a sociedade europeia, mais especificamente a inglesa, estava configurada. Assumir-se-á o seguinte: a sociedade europeia da nascente modernidade e fim do período medieval apresentava-se diferenciada estratificadamente, isto envolvia uma hierarquia de sistemas parciais, dividida em duas partes, entre nobreza e plebe, um estrato superior e um inferior; ou seja, o período correlativo à revolução científica corresponde ao período de transição de uma sociedade estratificada para uma funcionalmente diferenciada, na qual os sistemas se diferenciam sob a orientação da função correspondente, e não mais com base em critérios de nascimento. Já que se admite aqui as teses a respeito da construção social do conhecimento científico<sup>40</sup>, a estrutura social destes dois períodos - correspondente à forma como a sociedade se estrutura -, interfere na produção do conhecimento, sendo assim, supõe-se que esta

---

<sup>40</sup> Ver Barnes *et al.* (1997) a respeito desta tese.

produção se efetue de maneira distinta nestes diversos períodos. Este é o fundamento da hipótese deste capítulo: a mudança na estrutura da sociedade engendrou diferenciações internas na ciência por meio de perturbações de diversos sistemas funcionais.

Já que aqui se considera o período histórico da passagem à sociedade moderna como um período de efetivação mista de formas sociais, é necessário circunscrever o que isto representa. As formas sociais adquirem sua efetivação quando se apresentam para a reprodução da sociedade como um elemento fundamental, sem as quais muitas outras formas sumiriam ou mudariam. Mas, em um nível mais fundamental, a forma se efetiva quando há o fechamento operacional, por meio de uma função específica, do processo total (LUHMANN, 1996b). Estas duas dimensões – da reprodução da sociedade e da reprodução dos sistemas sociais – podem ser diferenciadas por meio da diferença sistema/entorno no nível teórico, e no nível empírico como ciência e sociedade. A sociedade medieval se estruturava em torno da diferenciação estratificada, estando a ciência medieval reproduzindo e construindo a verdade teológica desenvolvida por meio da escolástica. Em um período de transição, estes elementos reprodutores se mantêm, porém já em relação com outras formas sociais emergentes que apresentam elementos inovadores<sup>41</sup>. No período de efetivação da sociedade moderna, a diferenciação estratificada já assiste a uma forma de diferenciação por funções, e a ciência medieval já assiste à égide de novos elementos na produção do conhecimento, como a ciência experimental, a matematização da natureza, o mecanicismo. Estes elementos vão compor o sistema científico moderno e estruturar a reprodução de seu meio de comunicação generalizado, a verdade (funcionamento), quando da estruturação do sistema sociedade como um sistema heterárquico e multicêntrico, baseado em sistemas diferenciados funcionalmente.

Este período transitório, além do mais, engendrará uma dinâmica cruzada entre suas formas sociais, na medida em que estas ainda respondem à estratificação anterior, ao mesmo tempo em que já operam voltadas para o fechamento operacional de sua função, indicando uma posterior ordem funcionalmente diferenciada. Estas duas formas são a ciência e a religião. Esta dinâmica pode ser visualizada, neste período de transição, em diversos processos ocorridos desde o século XIII. Alguns fenômenos são por demais evidentes, como a condenação de Giordano Bruno, a recusa do modelo heliocêntrico copernicano, a resistência às trajetórias irregulares sobre-lunares, o julgamento de Galileu

---

<sup>41</sup> Disto decorre a tese de que grande parte dos conteúdos científicos modernos tem sua origem no cenário cultural greco-cristão. Para tal tese consultar Hooykaas (1988).

Galilei, entre outros. E todos estes acontecimentos estavam ligados à estrutura básica da sociedade, à estratificação, que hierarquizava os estratos sociais e relacionava diretamente um determinado *locus* ao conhecimento verdadeiro, crível. Sendo assim, somente uma parte da sociedade sabia, aquela que estava sob os auspícios da nobreza e clero, enquanto uma outra parte, impossibilitada de produzir conhecimento, baseava sua visão de mundo na interpretação vinda do centro. Isto reproduziu, durante séculos, também uma noção de autoridade estratificada, Papal católica, que incentivava os escolásticos à busca do conhecimento nos limites estipulados por aquela autoridade, convencida “de que o sistema aristotélico-tomista era necessário para garantir as verdades da fé e não estava disposta a tolerar nenhum outro sistema que pudesse pô-lo em questão” (BERNAL, 1997, p. 338). Era o princípio irrenunciável da *subalternatio scientiarum*, em que se afirmava a autoridade teológica e o primado da teologia sobre qualquer outra forma de ciência (ROSSI, 2001)<sup>42</sup>. Ademais, tal autoridade se reproduzia não somente nos limites da ciência, mas também nos limites da sociedade, e dela emanava o sustentáculo da ordem social. Alterar este conhecimento era pôr em risco as bases sobre as quais se assentava tal ordem. Neste ponto, em especial, a sociologia do conhecimento tem dado maior atenção, relacionando o conhecimento à estruturação das expectativas sociais. Como escreve Collins (1992, p. 05), “sem ordem não pode existir sociedade. Comunicação, e assim a totalidade da cultura em seu sentido amplo, descansa na habilidade dos seres humanos verem as mesmas coisas e responderem a elas da mesma maneira”, isto inclui a ordem intrínseca ao conhecimento científico.

Não era somente uma questão ligada aos conteúdos do conhecimento que vinculava a ordem social à ordem cognitiva, de acordo com a diferenciação estratificada, como visto anteriormente. Os temas a se investigar e os motivos pelos quais se investigava estavam relacionados diretamente a esta vinculação hierarquizada, e geralmente as obras daquele período buscavam uma legitimidade pela vinculação nominal à igreja ou à nobreza. Os frontispícios das maiores obras do período reproduziam a ordem social em elegias e dedicatórias. Assim em Bruno, em “Sobre o infinito, o universo e os mundos”, lê-se de início: “Para ilustríssimo senhor Michel de Castelnau; senhor de Mauvissière, Conressault e Joinville, cavaleiro da ordem do rei cristianíssimo (...)” (BRUNO, 1978); em Galileu (1978): “Para a santidade de N. S. Papa Urbano Oitavo (...) prostrados humildemente aos

---

<sup>42</sup> A melhor ilustração desta condição a que estava submetida a produção do conhecimento nesta época nos fornece Ginzburg (2006), em que relata os interrogatórios do Tribunal do Santo Ofício com um moleiro italiano, Menocchio, que acabara criando uma cosmogonia contrária à concepção católico-cristã.

vossos pés, portanto, vos suplicamos de conceder os favores costumeiros aos nossos estudos com a cortesia e o calor de sua digníssima proteção”; e tantos outros. O empreendimento da pesquisa, assim, limitava-se processualmente e cognitivamente àquela configuração social.

Porém, com a evolução da sociedade, diversos elementos estruturantes de uma nova ordem se afiguraram e lançaram as bases para constituição de um âmbito destacado da autoridade eclesiástica, fazendo com que a forma de produzir conhecimento e, também, a própria natureza do conhecimento produzido se apresentasse com feitiço diferente, e na maioria das vezes antagônico à forma anterior. Esta mudança está ligada fundamentalmente à constituição dos estados nação, ao encontro com o novo mundo, a dinamização econômica, a imprensa, a fragmentação da ordem religiosa europeia.

Cada um desses acontecimentos, mas em especial o último, erodiu quer a autoridade quer a influência efetiva daquelas instituições que haviam regulado a conduta humana ao longo dos séculos anteriores. (...) de início entraram em confronto noções divinas e noções seculares de autoridade; mais tarde diferentes versões do cristianismo e da relação que este deveria manter com a autoridade política secular (SHAPIN, 1999, p. 133)

Tudo isto se apresentou como um nível de complexidade intolerável para a manutenção dos limites que aquela forma de estrutura social antiga regulava, emergindo principalmente problemas de integração em diversos níveis: não se conseguia mais agrupar toda a complexidade social alcançada em torno de uma diferenciação binária<sup>43</sup>, em torno de específica visão de mundo ou ainda de uma unívoca autoridade. Ademais, este estado de coisas pode ser entendido como um estado de crise social, e sem as bases seguras que sustentavam a produção do conhecimento naquele momento, isto era por extensão um estado de crise cognitiva. Portanto, crise social, crise de autoridade e crise cognitiva estavam se retroalimentando neste estado de transição, “a nova ordem social e a nova estrutura do estado necessitavam de uma nova legitimação, que já não podia ser a das monarquias absolutas assentadas no direito divino” (FONTANA, 2004, p. 147). A restauração da autoridade, mais tarde, vai corresponder ao estabelecimento de bases sistêmicas novas, nas quais a nova estrutura da sociedade se apoiará. Esta restauração

---

<sup>43</sup> Poder-se-ia dizer, fé e não-fé como código estruturante daquela produção de conhecimento já que tudo que era conhecido, o era por meio da fé. Contra esta binarização específica é que os filósofos naturais do período de transição se debaterão.

ligar-se-á ao código moral do puritanismo ascético, ao método e ao agente depositário da crença em um conhecimento crível.

A historiografia clássica da ciência vincula o desenvolvimento da ciência moderna ao protestantismo, em grande parte devido a Robert Merton e seu estudo sobre a *Royal Society* inglesa no século XVII (MERTON, 1984). Este estudo se conecta à tese weberiana a respeito das afinidades eletivas do ascetismo calvinista e do espírito do capitalismo (WEBER, 2004). Na tese de Merton, o puritanismo esteve estreitamente associado à composição desta sociedade científica, vínculo estreitado pelo conjunto de atitudes favoráveis à ciência e tecnologia nos círculos protestantes. Nestes círculos, a relação hierárquica se estabelecia diretamente entre a obra divina, a natureza e o investigador, suprimindo o primado escolástico da teologia, pelo primado dos rigores do método e da evidência. Ademais, a justificativa para a empresa investigativa retirava da explicação qualquer causa acessória, leia-se divina, e buscava as leis no mecanismo imanente dos objetos naturais. Porém, esta secularização na busca do conhecimento não foi acompanhada por uma diferenciação entre ciência e Estado também no nível da organização, e os motivos para a produção do conhecimento ainda se relacionavam aos motivos teológicos intrínsecos ao *ethos* puritano, como Merton e Shapin afirmam respectivamente,

Quiçá a crença da mais direta efetividade, neste *ethos*, para a aprovação da ciência natural foi aquela segundo a qual o estudo da natureza permite uma maior apreciação de suas obras e, deste modo, nos leva a admirar e ensaiar o poder, a sabedoria e a bondade de deus que manifestam em sua criação (MERTON, 1984, p. 130).

Em meados do século XVII, alguns praticantes concebiam mesmo a reposição do controle tecnológico em termos milenaristas: só quando a humanidade tivesse restaurado, por seu esforço próprio, o domínio original sobre a natureza é que Cristo regressaria para governar a terra por um milênio – mil anos – antes da ressurreição final. Estava profetizado no Livro de Daniel (SHAPIN, 1999, p. 148).

Esta forma de legitimação produziu uma vinculação entre ciência e ordem social em uma sociedade estratificadamente diferenciada, porém ela resolvia parcialmente o problema da busca da legitimidade da nova ciência, apenas no plano organizacional, faltava a legitimação cognitiva. Como produzir conhecimento crível em uma sociedade com profunda desconfiança em relação à autoridade religiosa e monárquica, mas também em relação a livre leitura e interpretação que poderia levar ao descontrole e a indisciplina?

Como deslocar a confiança nas concepções religiosas sobre o mundo para concepções secularizadas sobre a natureza? Em termos sistêmicos, a complexidade da ciência ganhara patamares imponderáveis. Cada indivíduo era considerado naquele momento uma fonte de conhecimento (informação sistêmica não codificada) já que a reforma abriu espaço para a livre interpretação bíblica (pulverização hermenêutica), somando-se a isto o ceticismo e o pragmatismo em ascendência (pouca integração cognitiva). A solução deste estado de coisas foi um novo mecanismo diminuidor de complexidade cognitiva e de desconfiança epistêmica, no nível organizacional, com a égide da cultura cavalheiresca (na figura do *gentleman*) e, no nível do conhecimento, com a efetivação do método experimental como meio correto de se ascender às verdades naturais. Tais mecanismos foram cristalizadores de limites sistêmicos, além dos quais não se poderia considerar o conhecimento crível e certificado: a comunicação sobre a natureza passa a ser codificada binariamente entre verdade e não-verdade.

A cultura cavalheiresca tinha na forma do *gentleman*<sup>44</sup> sua figura símbolo, e ele representava não só a figura do indivíduo educado, era, além disso, possuidor de título nobiliárquico desde o nascimento, o que lhe imputava uma ascendência aristocrática e requintada que lhe cobrava, em contrapartida, uma restrita conduta moral. Isso lhes atribuía, na concepção geral de época, o epíteto de seres virtuosos, dignos de confiança e desprendidos da tradição<sup>45</sup>. Foram exatamente estes elementos que estruturam a ordem social, inclusive aquela relativa a questões ligadas à produção do conhecimento (SHAPIN, 1995b). Este indivíduo teve uma importância central na produção do conhecimento renovado do século XVII, vê-se que duas das figuras fundamentais do estabelecimento da base da ciência empírica e experimental eram nobres ingleses, a saber, Francis Bacon e Robert Boyle, exatamente aqueles que buscavam o conhecimento novo, em face de seu interesse cívico e buscaram pressionar as fontes do conhecimento Seissentista por um conteúdo mais “útil a vida cívica” (SHAPIN, 1999, p. 136).

---

<sup>44</sup> Esta cultura tinha como correspondente a cultura do cortezão, como foi exposta no famoso livro de Baltasar Castiglione, “O cortezão”, de 1528, imitado à exaustão e interpretado por toda a Europa como um guia de virtudes para o bom comportamento nas cortes européias (BURKE, 1997)

<sup>45</sup> É possível que as raízes dos valores institucionais da ciência aos quais Merton (1984) faz referência tenham vindo também desse desprendimento cavalheiresco da tradição, neste caso, especificamente o valor do desinteresse.

Um dos traços mais notáveis do programa experimental em seu início era a intensidade com a qual seus proponentes trabalhavam para publicizar a utilidade do espaço experimental: para identificar os problemas dos quais padecia a sociedade da Restauração e para os quais o trabalho dos filósofos experimentais podia prover as soluções (SHAPIN; SCHAFFER, 2005, p. 460).

Neste sentido, para a efetivação da ordem cognitiva, assim como a social, um tipo muito específico de cultura se apresentou para ser o receptáculo de confiança de uma sociedade inteira, que relacionava uma determinada identidade à prática de falar em nome da verdade, e assim solucionar a crise de autoridade através de sua administração. Além disso, a prática experimental exigia método, e a caracterização de um experimento, como ação metodologicamente orientada, começa também a ser exigência da prática científica daquele momento, “o método era representado como uma máquina para produzir conhecimento fiável e partilhado” (SHAPIN, 1999, p. 139). Tudo isso se relacionava, como dito, com a busca, em momento de crise social e de autoridade, de uma fonte suficientemente confiável para substituir a produção de conhecimento tradicional por outra, tão legítima quanto. Em suma, a produção da evidência, por meio do método experimental, levada a cabo por identidades cavalheirescas desprendidas da tradição, funcionou como um elemento de superação da crise cognitiva e social que pairava sobre a Inglaterra naquele momento. À crise de complexidade cognitiva, a solução foi a diminuição da mesma, limitando o campo das possibilidades de verdade críveis. Vê-se aqui, concomitantemente, a ciência se fechando estruturalmente em torno de comunicações próprias (metódicas, experimentais) e em torno de um papel organizacional específico, o cientista confiável.

Já se vislumbrava ali um elemento de diferenciação social de matiz diferente, um processo que separava, ainda que primariamente, algumas esferas da vida social. Estava a ciência se distanciando do Estado e da Igreja, e estes se distanciando entre si, ainda que isso durasse, relativamente, um longo processo. As academias científicas que floresceram, naquele momento, tinham um distanciamento processual em relação ao estado, como a de *Cimento* em Florença, a *Royal Society* em Londres e a *Academie Royale* em Paris. Isso quer dizer que alguns processos de produção do conhecimento já se diferenciavam daqueles ligados a ordem estratificada. Por exemplo, o conhecimento criado por estas academias apresentava um ímpeto pela renovação, um contraponto com as universidades medievais que estavam a reproduzir e legitimar o conhecimento antigo e a autoridade. Não

se quer dizer, porém, que a ciência tinha uma autonomia em relação ao estado, mas tão somente que este novo tipo de diferenciação já explicitava que, como dizia Thomas Hobbes (*apud* SHAPIN; SCHAFFER, 2005, p. 457), “a autoridade para ensinar geometria não devia depender dos reis, exceto que eles mesmos fossem geômetras”. A este novo tipo de diferenciação entre sistemas sociais, a teoria dos sistemas chama de diferenciação funcional (LUHMANN, 1998) e é, exatamente, sob sua égide que a sociedade moderna se estruturou. A produção do conhecimento passa a ser uma empresa de uma específica organização que se caracteriza basicamente por esta função, que definirá os processos internos da ciência, cabendo a esta falar em nome da verdade. Como se verá a frente (capítulo 3), a organização da ciência moderna foi um elemento fundamental para a sua forma contemporânea.

Neste processo evolutivo já estava em gestação também um novo lugar para a natureza, agora como unidade de referência para o conhecimento científico e para a prática em ciência, não mais como criação divina e, portanto, pura obra de contemplação. Isso se refere aquilo que Abrantes (1998) chamou de “mudança na imagem da natureza”, e dizia respeito, fundamentalmente, a reelaboração da relação deus-natureza desenvolvida anteriormente à imagem mecânica da natureza. Reelaboração que foi pré-condição para o surgimento desta imagem moderna, em que o mecanismo natural é isentado de forças transcendentais para seu movimento, sendo a natureza a detentora de sua própria explicação. Não se tratava mais, portanto, de se perguntar pelo início do mecanismo - atributo da metafísica e teologia, sustentado até aquele momento pela Igreja - mas pelo seu funcionamento administrado em laboratório – atributo dos novos filósofos naturais. Esta é a mudança cognitiva que engendrou a primazia do “como” sobre o “porque”, do “funcionamento” sobre a “verdade”, da “tecnologia” sobre a “ciência”. A própria relação entre técnica e ciência também deve ter como referência a forma primária de diferenciação da sociedade.

## 2.2 Técnica e ciência como dimensões retroalimentadas

Quando se fala em ciência e técnica, atualmente, não se pode deixar despercebido o fato de que estas esferas da produção intelectual humana se inscrevem nas concepções de modernidade, em construtos intelectuais que trazem visões de mundo e em uma gama de regimes de comportamentos técnicos, administração da vida e produtos. Neste sentido, e

isto desde os clássicos da sociologia, a discussão da modernidade teve na técnica e ciência moderna duas dimensões que informavam as análises e eram discutidas como marcos de diferenciação temporal em relação às épocas anteriores. Seriam então duas características inerentes à condição da sociedade moderna. Porém, tal concepção de sociedade e tal ligação entre ciência e técnica é fundamentalmente moderna, nunca antes havia se manifestado da forma como hoje a encontramos: geralmente um produto técnico hoje está impregnado de estudos científicos, e vice-versa. É claro que discussões a respeito da técnica e ciência haviam sido feitas, e o caso frequentemente citado é o verificado na especulação filosófica entre *Episteme* e *Techné* feita por Aristóteles, esboçada em seus pormenores em “Ética a Nicômaco”. Porém, o fundamental naquela discussão era que uma coisa não necessariamente dependia da outra como se observa atualmente.

No mundo antigo, para um grego, para um romano, ou ainda menos para um egípcio ou para um babilônio, os objetos técnicos que os rodeavam não eram, em geral, sinais de ciência. Por mais engenhosamente concebidos e habilmente executados que fossem os canais de irrigação, os moinhos de trigo, as tecelagens, os navios, as clepsidras, nenhum desses produtos de uma técnica não raro muito elaborada realmente derivava da aplicação de um conhecimento científico. (...) Mas só muito mais tarde, a partir do fim do século XVII, ciência e técnica realmente se uniram por laços indissolúveis (GRANGER, 1994, p. 16-17).

Na antiguidade grega, conhecimento científico era autoconhecimento, lógica, capacidade de dizer eficazmente contra um oponente, gramática, retórica. Ou seja, em grande parte das concepções antigas de ciência, tal conhecimento não representava “capacidade para fazer. Não significava utilidade. Utilidade não era conhecimento, mas aptidão – a palavra grega é *techné*” (DRUCKER, 2002, P. 09). Esta separação responde pela forma com que determinadas sociedades se organizavam, tal como se apresentou nos tópicos anteriores a respeito da estrutura da sociedade. A antiguidade separava técnica e ciência como atributos determinados pela posição social do indivíduo. Os trabalhos manuais e o saber técnico estavam reservados à casta inferior de artesãos enquanto o pensamento sistemático, voltado, sobretudo para a apreensão do real, pertencia a estratos superiores. A descrição de uma sociedade perfeita em *A República* de Platão estrutura rigidamente estas castas, de modo que conhecimentos técnicos e científicos, antes de se relacionarem, permanecem à margem um do outro. Na filosofia de Aristóteles se verifica o mesmo desprezo pelo trabalho manual de artesãos, mecânicos e técnicos, de onde advinha a totalidade das técnicas empíricas da época, ou seja, aquele conjunto de técnicas que não

estavam baseadas no saber científico, aprimoradas no próprio agir prático do trabalho manual. Ainda, no que diz respeito a Aristóteles, quando este se refere ao homem comparando-o com os outros animais, ele justifica a superioridade do primeiro em função da habilidade técnica e de sua razão: “o *homo sapiens* é, desde o início e para todo o sempre, um homem *artiflex*, e a inteligência, que assegura sua soberania, é inseparável de sua engenhosidade técnica” (GANDILLAC, 1995, p. 26). Outra fonte de diferenciação é a concepção grega clássica segundo a qual o homem é o sujeito e a técnica o instrumento, de modo que artesãos e mecânicos, ao viverem para o aprimoramento técnico, instrumentalizavam sua existência (GALIMBERTI, 2006).

Historicamente, portanto, a técnica esteve apartada de estudos sistemáticos e geralmente as conquistas não se registravam a não ser pelo relato oral que se passava em família, de geração a geração, estando sujeitas a perenidade. Esporadicamente haveria tentativas de aplicação técnica do conhecimento matemático da época, como foi o caso de filósofos alexandrinos como Ctesibius (século III A. C) e Herão (século I D. C.), porém, os pequenos mecanismos criados, como o relógio hidráulico, eram obras de curiosidade, não demandavam maiores atenções pela utilidade (GRANGER, 1994, p. 27). Ademais, sua concepção tinha como finalidade a satisfação estética e religiosa (PRICE, 1976, p. 61). É, neste sentido, que se aceita a existência de uma história exclusiva da técnica, como um saber autônomo, pelo menos até o século XVII.

Estas concepções quanto ao lugar da técnica e da ciência passam a mudar por volta do século XIII D. C., e a concepção da técnica como empreendimento inferior, começa a perder força. Se a referência era o agir da classe inferior, neste momento há a reavaliação deste agir elevando as “artes mecânicas” à categoria de trabalho digno, ligado àquela gama de indivíduos que trabalham com seu corpo. Esta mudança substantiva, a valoração positiva da técnica, teve como consequência a reavaliação da própria caracterização deste saber. Neste momento, alguns textos utilizam a palavra *trebalan* não mais no sentido do instrumento de tortura *tribalium*, mas em um sentido, não pejorativo, próximo a palavra latina *laboran*, como enfatiza Gandillac (1995). A causa de tal mudança valorativa advém de três fontes de fatores. Os primeiros dizem respeito a questões pedagógicas, quais sejam, àquelas ligadas ao aprendizado de técnicas desde a infância pelo estrato social superior, no

caso de carecerem do apoio das classes inferiores (ferreiros, marceneiros e lavradores)<sup>46</sup>; o que nos conduz a um segundo conjunto de causas, aquelas de ordem econômica, ou seja, ter em mãos instrumentos (técnicos) capazes de manutenção da vida econômica. O último conjunto de fatores diz respeito às causas teológicas, e se referiam ao trabalho de figuras bíblicas como Jesus carpinteiro e Paulo tecelão de redes. Mais tarde este mesmo discurso ganhará uma defesa mais sistematizada pelas mãos de mestre Eckhart, Tauler, Gregório de Nissa. O primeiro “irá opor a contemplação ainda ‘sensível’ de Maria, sua irmã mais nova, a perfeição da mais velha” (GANDILLAC, 1995, p. 23), que ao mesmo tempo em que contempla o mundo ainda se dedica aos trabalhos da casa. Cabe, porém, uma objeção, a saber, a apologia do trabalho manual e técnico não adquire o mesmo sentido que hoje tem a referência ao engenheiro, forjada posteriormente, no intercurso da ética calvinista do êxito econômico, da eficiência técnica e da caracterização que a ciência moderna imprimirá a tais formas de trabalho.

Parecia, então, ser aquele momento um ponto de ruptura fundamental com valores correntes que resistiam a enobrecer os feitos técnicos que se estava a produzir. Uma das grandes universidades da época, a de Paris, pouco se interessava, por exemplo, pelas plantas das construções de igrejas e abadias e os próprios técnicos valorizavam mais o êxtase místico dos fiéis diante da entrada da luz misteriosa e pela acústica que tocava as almas.

As universidades formariam canonistas, legistas, os grandes ‘escrituários’ que farão da Igreja e do Estado ‘máquinas’ jurídicas e burocráticas, mas justamente em um nível que o ‘mecânico’ não se revela imediatamente como tal, porque não se utiliza do trabalho dos dedos a não ser por intermédio dos ‘escribas’. (...) a idade média assiste ao desenvolvimento de todas as espécies de técnicas de ‘conquistas’, porém frequentemente sem falar delas, sem se vangloriar por possuí-las, sem assimilar seu caráter revolucionário (GANDILLAC, 1995, p. 27-28).

As conquistas técnicas tiveram profundo impacto na estrutura social de então, com revoluções agrárias através do arado de ferro, a invenção da ferradura, implantação de moinhos de vento e água, o uso do vidro em lentes e lunetas, a construção de relógios, a produção de papel, a imprensa. “Longe de desprezar as artes *mechanicae*, o homem

---

<sup>46</sup> Neste momento era notório o sentimento de desassistência na nobreza pela crise do mundo medieval em decorrência de doenças e guerras. A redução da população européia a 2/3, causou um colapso do sistema feudal.

medieval já tomou destemidamente o caminho que fará de seus netos os senhores e donos da natureza” (GANDILLAC, 1995, p.29).

O que irá distinguir a justificação técnica medieval das posteriores é a teologia, a referência recorrente à obra de Deus, então, o que irá distinguir, no campo do saber, a técnica moderna da anterior é a ciência que emergiu no marco da reforma protestante e da revolução científica, acentuando na cultura geral aspectos da racionalidade cognitiva instrumentalizadora, mote do desenvolvimento secular das sociedades ocidentais, como no tópico anterior. Como nos indica Parsons, se referindo a esta nova tendência adaptativa do sistema de personalidade:

O desenvolvimento central que esteve ligado ao aspecto adaptativo da personalidade foi a acentuação, pelo protestantismo ascético, do complexo de orientações que Weber denominou ‘ascetismo mundano’. Acentuava a motivação para realização em ‘vocações mundanas’. (...) O estímulo a esse tipo de orientação pessoal teve diversos efeitos em diferentes esferas. Um deles foi acentuar a significação da pesquisa científica (PARSONS, 1974, p. 88).

Assim, pode-se afirmar que o sentido que a técnica assume historicamente estava ligado ao conjunto de crenças e valores que cada sociedade compartilhava, tendo sempre como referência que tais valores tinham um *locus* de produção que era o centro da sociedade. A estrutura social impera condicionantes em todo prodígio técnico, se não em sua eficiência, pelo menos no sentido que representa para artesãos ou engenheiros. A técnica moderna é, cada vez mais, informada pela ciência ao passo que a ciência necessita como nunca da evolução técnica. Esta retroalimentação exclui motivos de justificação metafísica, produzindo uma esfera radicalmente secularizada.

Deste modo, o período que vai da idade média à revolução científica foi um período de transição também para a ciência e a técnica, principalmente no sentido que passam a ter no mundo. A mudança estrutural da sociedade, que tal período engendrou, caracterizado por formas sociais em transição, envolve também um período de “semântica mista” no imaginário da nobreza e povo, em que os sentidos do “novo” e do “velho” se misturam. Praticamente todos os filósofos da natureza recorriam ainda à justificação divina para suas concepções científicas (como exposto no tópico anterior), ao mesmo tempo em que a categoria “homem” começa a penetrá-la: por um lado os feitos do conhecimento científico e da técnica serviriam ao homem, por outro seria, desta vez, o que religaria estes aos desígnios de Deus. É preciso que se acrescente o fato de que tal dubiedade no discurso está

em perfeita harmonia com aquele cenário, o barroco será a manifestação disto nas artes, e não somente tentativas para livrar-se do Tribunal do Santo Ofício, embora isso caiba em alguns casos. Os marcos literários daquele período são fontes documentais disto, seja em Francis Bacon (1561 - 1626) ou René Descartes (1596 - 1650).

A concepção de conquista técnica do mundo material teve em filósofos naturais seus ideólogos, os mesmos que estavam a construir a revolução científica do século XVII. Se por um lado, Bacon desenvolvia seu empirismo sistemático lançando o método indutivo com o propósito de controle da natureza, por outro, Descartes advogava pelo racionalismo através de um método capaz de fazer sucumbir as ilusões que distorciam o espírito. Neste momento, ainda, a preocupação com o método era dissociada de conclusões técnicas, exceto em alguns como Tommaso Campanella (1568 – 1639) e o próprio Bacon, em "A nova Atlântida" (1627). Nesta fábula, Bacon une conhecimento científico à possibilidade técnica de forma inédita e, conseqüentemente, condiciona o fazer científico a partir dali<sup>47</sup>. Neste ponto, cabe ressaltar a passagem que abre a obra, exemplo inequívoco da função defendida à empreitada do conhecer: “Esta fábula *Milorde* concebeu-a com o propósito de apresentar um modelo ou a descrição de um colégio instituído para a interpretação da natureza e produção de grandes e maravilhosas obras para o benefício do homem” (BACON, 1979, p. 235).

Concomitantemente, tanto com o método quanto com os objetivos, a ciência moderna forçou sua separação da filosofia e o que antes era indistinguível passa a possuir estatuto próprio, limitado por um fazer específico, por um conjunto específico de comunicações. A ciência não baseava mais sua legitimidade em um contemplar livremente as maravilhas de Deus, em estudos lógicos, como no pensamento escolástico medieval; agora, o ônus da prova cabia a quem afirmava em nome da verdade, que agora é buscada através da observação e experimentação, resultando possível sua aplicação. O direcionamento da observação em direção ao mundo que se move e é aparente, concentra o conhecimento na máquina-mundo, que está aí a ser desvendada e dominada. Deste processo resulta um “campo hermenêutico”: o desenvolvimento do paradigma sujeito/objeto (GUMBRECHT, 1998, p. 353), em que o homem se desloca em relação ao mundo e a seu corpo mesmo, tornando possível a figura do observador, como aquele que interpreta o mundo a sua volta, como agente e centro da construção do significado. Tal

---

<sup>47</sup> Opinião semelhante tem Stokes, 2005 e Oliveira, 2002.

campo hermenêutico será fundamental para uma nova concepção do mundo e do corpo humano, ambos postos à disposição do controle por meio da ciência.

As bases semânticas modernas para um mundo movido pela técnica e ciência estavam postas, a justificação agora se encontrava menos ligada à metafísica escolástica que contemplava o sagrado, e mais ao humanismo renascentista. O método científico, cindido anteriormente – a parte experimental e a metodologia quantitativa pertenciam a artesãos enquanto a lógica era atributo de acadêmicos – é unificado: segundo Zilsel (2000) a ciência moderna nasce no momento em que acadêmicos (*scholars*) adotam o método experimental, portanto, articulam estas três dimensões fundamentais da ciência moderna<sup>48</sup>.

Cabe um adendo para ressaltar algumas condições sociais decorrentes da nascente economia capitalista que estava em processo de cristalização e pressionava os contornos da atividade científica e tecnológica, isto em oposição aos contornos que apresentavam antes, como segue: 1- Na idade média a estrutura gregária de grupo prevalecia à lógica individual, ao passo que no capitalismo nascente dava-se o inverso; 2- a empresa individual passa a prevalecer, o cientista confia em seus próprios olhos e cérebros, desconhece credences e autoridades; 3- a crítica se generaliza com base no indivíduo e se desprende da autoridade<sup>49</sup>. Estas são algumas das relações encontradas entre o capitalismo que se desenvolvia naquele momento e a ciência do mesmo período. O caso paradigmático desta relação dá-se com o método quantitativo e o espírito de cálculo da economia capitalista (ZILSEL, 2000, p. 937).

Este conjunto de transformações sociais encontrava em ambientes aristocráticos amplos espaços de discussão, mas estava ainda apartado da vida da população. A sociedade estava estruturada hierarquicamente entre centro e periferia no que tange ao conhecimento científico. A religião foi o veículo que levou estas transformações, através das igrejas protestantes, a se alastrarem por amplas esferas da cultura, repercutindo na vida cotidiana das pessoas, embora o sentido desta popularização ainda seja baseado em valores

---

<sup>48</sup> Ver também sobre este ponto Cohen (1994).

<sup>49</sup> É justamente a criação da imprensa um dos fatos de maior relevância para o desenvolvimento da ciência nos séculos posteriores. O aspecto óbvio desta constatação se verifica na impressão de livros científicos, revistas especializadas e demais instrumentos fundamentais na prática científica contemporânea. A primeira revista científica, próxima aos moldes atuais, é de 1665, editada pela *Royal Society of London* (PRICE, 1976, p. 145). Mas o que, geralmente, é esquecido é o fato de que justamente a impressão permitiu a maximização da crítica na medida em que possibilitou a esta um deslocamento espaço-temporal. Quer dizer que se poderiam deslocar observações, desta vez utilizando meios mais rígidos de exposição, a escrita, e que a própria resposta não sofreria mais da imediatividade a que fora destinada pela oralidade, facilitando a sistematização da crítica. Sobre crítica e imprensa, ver Luhmann (2007).

religiosos. Assim, como afirma Anderson (1999, p. 131): “a Reforma foi, sob muitos aspectos, um rebaixamento social dos picos culturais atingidos anteriormente”. Não se deve, no entanto, perder de vista que tal popularização também estava mais ligada à recepção da ciência do que a sua produção, ainda vinculada aos centros da sociedade. A ciência se expandia cognitivamente alcançando vastas dimensões da vida pública, e o que era restrito a espaços delimitados em laboratórios de experimentação ou nas cortes europeias, passa a se incorporar nas visões de mundo, de forma mais generalizada simbolicamente.

O caminho da ciência estava se direcionando para as revoluções técnicas que viriam, principalmente no século XIX. A reordenação da busca da verdade foi um dos imperativos envolvidos neste processo: agora, tal busca, era dotada de imanência e obteve êxito inequívoco nas leis newtonianas do movimento. A física e a mecânica passam a ser exemplos da sincronia entre pensamento matemático e lei natural, e os construtos técnicos, derivados da ciência moderna, o exemplo de sua eficácia prática.

Foi assim que a ciência caminhou por suas próprias pernas, durante a revolução científica, em direção à revolução industrial. Tendo os métodos e instrumentos experimentais atingido suficiente desenvolvimento, começaram a atuar sobre o corpo da ciência, realimenta-lo a afastar a lacuna anterior sobre o surgimento de novas ferramentas e sua aplicação. É o que vemos pela primeira vez no Século XVII, quanto a *Royal Society*, fiel aos motes da nova Filosofia de Bacon, se impõe a tarefa de aplicação de conhecimentos recente adquiridos em favor do bem-estar da humanidade (PRICE, 1976, p. 102).

Em relação à importância da ciência no período renascentista, um bom indicador foi a intensificação do mecenato que, a exemplo de Nicolo Tartaglia e seus estudos matemáticos que importavam à balística, floresceu. O financiamento institucional ganha corpo por mãos de duques, cardeais e nobres, fazendo com que alguns cientistas preferissem tal apoio ao das universidades, menos propício ao livre pensar. Gradualmente, tal forma de organização da pesquisa começou a ganhar força, possibilitando continuidade ao trabalho científico e preestabelecendo o padrão organizacional que se daria somente no século XVII (BAIARDI, 1996).

A partir de 1700 aproximadamente, passou a ser possível seguir uma carreira intelectual não só como professor ou escritor, mas também como membro assalariado de certas organizações dedicadas à acumulação do conhecimento, notadamente as Academias de Ciências fundadas e

financiadas em Paris, Berlim, Estocolmo e São Petersburgo, ainda que a limitação dos fundos disponíveis em geral levasse os que recebiam a complementar seus salários com outras formas de emprego (BURKE, 2003, p. 32).

Neste momento, já se pode dizer que há o fechamento operacional da ciência moderna, com a definição de método e objetivos comuns possibilitando a comunicação entre os participantes do sistema. Este é o momento em que o sistema já dispõe de determinadas generalizações simbólicas que tornam possível uma reprodução baseada em processos (comunicativos) específicos. Foi um processo não isento de conflitos, desde a luta contra as autoridades teológicas e filosóficas tradicionais – haja vista o novo método – até aquela ligada ao estado, relacionada à busca pela manutenção de financiamentos. Envolviam, então, subliminarmente, a defesa de uma forma válida de observar o mundo, para dominar a natureza e para promover o bem-estar da humanidade através de conquistas técnicas. A isto, deu-se o nome de movimento cientificista (BEN-DAVID, 1974) cuja visão de mundo aí embutida convencionou-se chamar de “ideologia cientística” (SCHWARTZMAN, 1979, p. 30). Neste momento, constata-se o ápice da fundamentação hipotética da ligação entre ciência e tecnologia, que seria posta à prova pela consecução das promessas anunciadas.

Começou a experimentação com máquinas a vapor, máquinas têxteis e outros esquemas tecnológicos, e essa experimentação foi favorecida por empresas que floresceram sob programas constantemente analisados por economistas, e às vezes mudados em consequência de suas recomendações. Essa experimentação fazia parte da institucionalização da ciência: um processo de tentativa e erro para descobrir os limites da aplicabilidade de princípios científicos e mudar as instituições sociais de acordo com tais princípios (BEN-DAVID, 1974, p. 115).

As bases da ciência e técnica moderna estavam postas, os contornos definiram-se com o tempo, seguindo imperativos de toda ordem. Operando simplificações, primeiramente, no que compete aos governos absolutistas europeus, existia certo desejo pela ciência concomitante a um receio de suas possíveis consequências sociais – a crítica a autoridade, por exemplo –, este desejo foi fundamental para a superação do mecenato privado pelo financiamento institucional da pesquisa (BAIARDI, 1996, p. 129). Quanto à questão institucional, a autonomização da ciência natural se dava concomitante à sua diferenciação em relação a intelectuais em geral, aparecendo sintomas da profissionalização (BEN-DAVID, 1974, p. 124) enrijecendo seus limites operativos ao

construir significados próprios para a vida, por exemplo. Este fortalecimento das organizações científicas se evidencia na abolição, em 1793, dos *Collèges* administrados pela Igreja e pelo modelo universitário alemão que estabelecia a indissociabilidade entre ensino e pesquisa, ao mesmo tempo em que relacionava o estado a um operar científico e racional<sup>50</sup> (NEVES, 1998, p. 129).

A tendência à generalização simbólica dos conteúdos do conhecimento científico se acentuou, e no século XIX as disciplinas científicas tomavam grande parte dos currículos acadêmicos, e organizações estritamente científicas começaram a aparecer, como é o caso da pesquisa organizada em laboratório, com uma rotina de trabalho que excluía o ensino, e cujos quadros eram formados por pesquisadores profissionais. Também a pesquisa industrial se difundiu utilizando cada vez mais os métodos orientados pela pesquisa científica.

Por isso, embora os casos em que uma descoberta científica se tornava uma fonte imediata de uma invenção útil continuassem a ser exceções raras, a ciência passou a ter estreita relação com a tecnologia, através da formação científica de engenheiros e do recurso cada vez mais freqüente a consulta científica pela indústria, por hospitais e pelas forças militares (BEN-DAVID, 1974, p. 176).

Deste modo, o processo de institucionalização da ciência ocorreu ao mesmo tempo em que os experimentos técnicos começavam a perturbar outros sistemas e organizações, como o sistema econômico e as firmas econômicas. A ciência, tal qual se conhece hoje em dia, resulta deste processo, que se deu em condições específicas em função da estrutura de determinadas sociedades, no que se relacionava às condições sociais vigentes. O sentido instrumental da ciência moderna se fundamenta, neste período, em função das perturbações que o sistema da economia, já fechado operacionalmente, produz e que a ciência tem de responder para que o acoplamento entre ciência e economia se reproduza. A sociedade,

---

<sup>50</sup> A literatura sobre a hegemonia científica assumida por determinados países, em um período histórico específico, traça uma linha sucessória desde a Inglaterra puritana do século XVII, que estabeleceu as bases da ciência moderna; passa pela França iluminista e o posterior apoio aos cientistas em cargos educacionais; chega a Alemanha com a ligação entre ensino e pesquisa; e finalmente toca os Estados Unidos com a profissionalização de carreiras científicas e a criação de departamentos. Em cada um desses países a hegemonia se consolidou pelas inovações que proporcionaram à organização da ciência, cujo resultado foi o aumento dos sucessos científicos. A tendência organizativa das instituições científicas seguiu um caminho de descentralização que cada vez mais produziu um máximo de resultados em termos de produção para cada época, “(...) em igualdade de condições, um sistema mais descentralizado tende a produzir maior variedade de ideias e experimentos do que um sistema centralizado” (BEN-DAVID, 1974, p. 238). Ademais, descentralização e autonomização científica foram processos que ocorreram concomitantemente à estruturação da sociedade em termos funcionais e heterárquicos.

funcionalmente diferenciada, embora preserve a autonomia da ciência, vai, de maneira mais constante, perturbar seus limites operativos, e sua reprodução, cada vez mais, dependerá de resultados cognitivos em forma de técnica e tecnologia.

Ainda no século XIX, nos seus últimos 25 anos, a preocupação dos estados nacionais com ciência e tecnologia era patente, vide a indústria química alemã. Aqueles que tinham o processo de industrialização adiantado e onde houve a percepção de que a tecnologia ali empregada era decorrência de conhecimento científico sistemático, forneceram condições à associação de conhecimento básico a inovações tecnológicas<sup>51</sup>. Mas, outras formas de patrocínio emergiram neste cenário, entre elas aqueles industriais, comerciais e das associações científicas, o que revela a penetração ruidosa do conhecimento científico em outros âmbitos, ao mesmo tempo em que as reivindicações de outros âmbitos começam a perturbar a reprodução científica.

Ciência e técnica encontraram um fértil terreno para se acoplarem, como se viu, na nascente sociedade capitalista. Esta união se manteve sobre bases institucionais específicas: o ascetismo calvinista, a democracia, livre pensamento, recursos disponíveis, entre outros. O século XX começa apresentando os Estados Unidos como herdeiros daquelas condições institucionais propícias à união entre ciência e tecnologia e, ainda, com uma história que tendeu a acentuar os aspectos pragmáticos do protestantismo: que em terra estrangeira e inóspita terá que criar seus próprios instrumentos de sobrevivência. Quando a ciência se institucionaliza, severo impulso instrumental delimita sua forma, que foi acentuado pela forte industrialização que os Estados Unidos já apresentavam no início do século.

Este cenário foi maximizador da diferenciação organizacional da ciência e tecnologia, com estrutura cada vez mais complexa, evidenciada em programas governamentais de pesquisa, fundações empresariais para o desenvolvimento científico, a difusão da pesquisa nas universidades. Este impulso tomado levou os Estados Unidos ao Projeto Manhattan, com orçamento estimado em 2 bilhões de dólares na década de 40 do século XX (BAIARDI, 1996, p. 176). Dado o montante de recursos, a ciência assumiu a forma de *Big Science*, como se convencionou chamar. Cabe ressaltar que o tamanho assumido pelo sistema da ciência provavelmente se relacionou neste período às conjecturas

---

<sup>51</sup> O caso exemplar desta associação é a pesquisa com radioeletricidade. A descoberta das ondas eletromagnéticas por Hertz em 1887, no núcleo de seu laboratório, não o despertou para as possibilidades tecnológicas de seu feito. Estas conseqüências foram se concretizar com o italiano Marconi em 1897, que reuniu tal teoria à outras, dando origem ao rádio (GRANGER, 1994, p. 34)

bélicas da política internacional e a ideologias nacionalistas inscritas em políticas estatais de segurança nacional, como foi o caso do Brasil (MOREL, 1979a). As ligações entre ciência e indústria da guerra produziram uma situação anômala, que iria perdurar por todo o século, após a segunda guerra mundial, no tocante à guerra fria<sup>52</sup>. A competição por mecanismos de segurança e armamento moderno, impulsionada pela suposição de um confronto iminente entre os blocos, levou aos desenvolvimentos científicos e tecnológicos que transbordavam em produtos de uso civil, “após a guerra, o céu, ou antes o tamanho da economia apenas, tornou-se o limite nos orçamentos e empregos científicos” (HOBSBAWM, 1995, p. 526).

Dado o montante de recursos disponíveis e a identificação imediata de ciência e tecnologia com os pilares de desenvolvimento econômico, bem-estar social, progresso, o século XX assiste ao aumento da importância da ciência e tecnologia para a sociedade – tecnociência é a expressão mais usada para caracterizar a retroalimentação entre estes dois âmbitos da investigação no século XX<sup>53</sup>. Primeiro a ciência foi mundializada, depois popularizada e, finalmente, financiada como nunca pela indústria, por meio da criação de setores dedicados à pesquisa e desenvolvimento<sup>54</sup> (P&D). Isto encurtou o tempo com que as pesquisas científicas chegavam aos indivíduos: produtos tecnológicos era o elo entre a moderna ciência e a vida cotidiana, isto à revelia do esoterismo das teorias que os subsidiavam. Por exemplo, a pesquisa com *laser* data da década de 1960, seu produto imediato, o CD, é comercializado duas décadas depois. Com a biotecnologia moderna deu-se o mesmo, porém já refletindo tendências científicas e tecnológicas do fim do milênio, a temporalidade do processo foi muito menor, algo em torno de 12 anos para produtos farmacêuticos e agrícolas.

Produtos tecnológicos derivados da aplicação do conhecimento científico, como nunca, repercutiram na maneira como a sociedade se reproduzia. No fim do século XX isto tornou-se mais patente, quando se torna quase inconcebível a desvinculação sociedade,

---

<sup>52</sup> Inclusive o deslocamento do eixo científico da Europa para os Estados Unidos deveu-se também à migração de refugiados do fascismo no pré-guerra: “entre 1900 e 1933, só sete Prêmios Nobel de ciência foram dados aos Estados Unidos; mas, entre 1933 e 1970, foram 77.” (HOBSBAWM, 1994, p. 505)

<sup>53</sup> Sobre tecnociência, ver Latour (1994).

<sup>54</sup> A “explosão econômica global” (HOBSBAWM, 1999, p. 531) do século elevou à enésima potência as possibilidades de financiamento pela grande indústria, ciosas de inovações revolucionárias. A tecnociência do fim de século produziu um avanço sobre o conhecimento da natureza tornando este saber propriedade de grandes complexos industriais de pesquisas que, sob a proteção de legislações internacionais de propriedade intelectual e patentes, privou a própria ciência de si mesma. Neste sentido a famosa tese do imperativo institucional do funcionalismo mertoniano (ver MERTON, 1979) tem que ser revisto: difícil acreditar que sobre estas condições de pesquisa a tese do “comunismo” e do “desinteresse” possa ter sentido ainda.

ciência e tecnologia no que tange a reprodução da sociedade, isto explícito nas teorias sobre a “sociedade do conhecimento e da informação”. Retornando à tese de Anderson (1999) apresentada acima, sobre o rebaixamento de picos culturais, ela nos ajuda a compreender também o mecanismo que levou as formas culturais da moderna ciência à massificação. Neste ponto, a forma de uma sociedade secularizada se impõe: seria não uma reforma religiosa o processo que leva à popularização dos novos picos culturais tecnocientíficos, mas a organização da economia mundial na forma de um mercado global. É por meio da economia de mercado que a última conquista do conhecimento se apresenta às mãos de consumidores como feito técnico e se generaliza simbolicamente. Neste contexto não se estranha que figuras científicas sejam “canonizadas”, como o foram Albert Einstein, Charles Darwin, Bill Gates, entre outros: “o movimento da reforma religiosa começou com a destruição das imagens; o advento do pós-moderno instaurou como nunca o domínio das imagens” (ANDERSON, 1999, p. 132).

A partir do meio do século passado a sociedade chega a uma autoanálise interna sobre o acoplamento ciência e tecnologia, em função da guerra ter contado demasiadamente com a colaboração de cientistas e com as possibilidades destrutivas da tecnociência. Hiroshima fora a consequência, fora somente a ponta do iceberg das possibilidades transformadoras que o acoplamento estrutural entre técnica e ciência, indústria e estados acarretava. Reificação, secularização, perda de sentido, são expressões corriqueiras deste momento, mas incapazes de terem qualquer efeito sobre o sistema tecnocientífico. Este se desenvolveu a custas dos resultados aplicados e da sua posição de importância basal na economia contemporânea, de base reprodutiva apoiada na produção de conhecimento e inovação tecnológica<sup>55</sup> (GIBBONS *et al*, 1996). O processo, no entanto, não ocorre unilateralmente, e mesmo a efetivação de uma sociedade “tecnocientífica” acontece de forma seletiva e conflitiva. Sistemas sociais como a religião resistem relativamente a isto, parece preservando o mistério como o último bastião de resistência à racionalização tecnocientífica da sociedade (BAUMAN, 1998).

---

<sup>55</sup> Os neo-evolucionistas da escola de Joseph Schumpeter investigam a mudança econômica em função destes empreendimentos tecnocientíficos e assim evidenciam a aproximação jamais vista de “interesses econômicos” e “interesses cognitivos”, ciência e economia, o que levará a uma dinâmica evolucionária não linear entre inovações tecnológicas e evolução econômica. Ver o clássico de Nelson; Winter (2005) sobre o tema.

## 2.3 A sociedade funcionalmente diferenciada como contexto do sistema científico.

Ao considerar os elementos acima envolvidos na relação ciência e sociedade, ciência e técnica, foi necessário recorrer a uma específica concepção de sociedade, construída pela teoria dos sistemas em termos evolutivos. Tal concepção considera a sociedade moderna como um arranjo de sistemas sociais fechados em seus próprios processos constituintes, admitindo, portanto, elementos variados em sua estruturação, vários centros de comando. Porém, a ideia de sociedade moderna encontrou muitas definições, muita das quais se limitaram a analisar toda a sociedade a partir de um só elemento estruturante, como sociedade capitalista e industrial. Mais recentemente, estas definições foram repensadas à luz de novas conceituações, como “sociedade de risco”, “sociedade pós-industrial” ou “sociedade do conhecimento”. Estas perspectivas mais recentes giram em torno do impacto da ciência e tecnologia na sociedade, o que, segundo elas, alterou substancialmente o sistema como um todo e fez com que cada processo social reproduzido, trouxesse as consequências desse impacto. Segundo Stehr (1994, p. viii), por exemplo, “nosso mundo é crescentemente produto da ciência e nosso entendimento destas transformações cada vez mais depende das ideias geradas na ciência”, desta forma a categoria antes central de “trabalho” para a teorização social é subteorizada, e como consequência tem-se dado maior atenção à categoria “conhecimento”, que vem, por sua vez, acompanhada da categoria “reflexividade”. Por seu turno, as antes protagonistas categorias nas análises, qual sejam, “capital” e “trabalho”, antagonicamente teorizadas, sucumbem à “ditadura dos *expert*” em contraste com os “leigos”, em uma disputa em que o que está em jogo é exatamente a pergunta relativa à dinâmica social cognitiva: “quem conhece?”<sup>56</sup>.

Não contestando estas análises ou estas observações a respeito do fenômeno social moderno em sua dimensão relativa à produção do conhecimento, entende-se, porém, que a sociedade não pode ser teorizada de forma unilateral, já que sua complexidade moderna introduz uma dinâmica que exige, em paralelo, uma complexidade teórica, conceitual. Esta complexidade diz respeito ao processo de diferenciação funcional abordado no tópico anterior, isto quer dizer, que a sociedade moderna se diferencia em sistemas sociais com

---

<sup>56</sup> Sobre esta diferença, ver a análise de Collins e Evans (2007), em que buscam uma alternativa aos obstáculos da articulação entre atores leigos e especialistas na avaliação da ciência e tecnologia.

processos internos altamente diferenciados e autocentrados. Deste modo, por exemplo, a forma de diferenciação hierárquica entre centro e periferia deixa de ter um papel estrutural, na medida em que esta sociedade não possui um centro processual, como teve a medieval em torno da nobreza, assumindo, desta vez, uma feição heterárquica, com vários centros diferenciados. Estes centros são os próprios sistemas sociais, os quais se desenvolvem reproduzindo a função que lhes dá identidade/diferença: a ciência reproduz a verdade, a religião reproduz a fé, a economia reproduz o ganho, o direito a lei e assim por diante. Em termos ideais, de uma diferenciação verticalizada entre esferas sociais pouco diferenciadas entre si, emerge uma diferenciação horizontalizada com sistemas sociais operando a hiper-diferenciação por meio de suas funções básicas – diminuindo a complexidade ambiental.

Alguns problemas da sociedade moderna se relacionam com esta forma estrutural que o sistema da sociedade alcançou, inclusive aqueles relativos ao conhecimento. Os riscos tecnológicos, por exemplo, dizem respeito a possibilidades de catástrofes, nucleares ou ambientais, introduzidas por inovações tecnológicas que desafiam a possibilidade de controle dos outros sistemas sociais, como o direito e a política (ver capítulo 4). Ou, para ser mais específico, pode-se mencionar toda a discussão envolvendo as pesquisas com células-tronco que coloca em choque perspectivas científicas e religiosas, trazendo em seu núcleo também concepções específicas a respeito da natureza da vida. Estes conflitos inter-sistêmicos têm emergido com mais regularidade, na medida em que avança a reprodução de cada sistema, baseada em seu próprio processo operacional: questões de fé e de conhecimento têm se apresentado como processos diferenciados e especificados distintamente por cada sistema. A convivência entre estas distintas maneiras de observar um mesmo tema, sem incluir a possibilidade da superespecificação por um ou por outro sistema é o que caracteriza a diferenciação funcional<sup>57</sup>. Não há mais a definição global do bom e mau, feliz e infeliz; definições que possuam poder de especificação para a sociedade como um todo.

---

<sup>57</sup> É claro que no plano político uma destas propostas sairá vitoriosa, mas a vitória corresponderá a forma como a política como sistema está organizada, a força que estas posições têm no quadro político vigente, a relação entre oposição e situação, a relação entre estado, religião e ciência. Ou seja, diz respeito à política. Pode, porém, ocorrer aquilo que Neves (2006) conceituou como “Alopoiésis” do processo social, em contrapartida à “autopoiésis”, ou seja, a prevalência de outros códigos de preferência sobre o código definidor da unidade do sistema, em outras palavras, a possibilidade de especificação das operações de um sistema por outro. Isto é teorizado como a dificuldade, em determinados contextos, de cada sistema reproduzir, por seus próprios processos, estes mesmos processos.

Isso já não se pode fazer sob fórmulas sociais de totalidade, como por, exemplo, a *vida boa*, que de fato eram válidas só para as classes altas, expressando sua função de representatividade da sociedade na sociedade. Já não existe tal representatividade. Nenhum sistema funcional pode exigir, a custo de outros e mais que os outros, representar a sociedade na sociedade (LUHMANN, 1996a, p. 342).

A esta horizontalização com fechamento operacional em torno de funções específicas, o sistema responde com seus próprios mecanismos estruturais, podendo cada um se relacionar com o outro, em um processo de influências recíprocas provocando uma coevolução que, na dimensão temporal, provoca mudanças estruturais, sob a administração de cada um dos sistemas – o que se tratará, nesta tese, utilizando o conceito de regime de produção. Estes processos entre sistemas já foram descritos na história do funcionalismo de várias formas, Talcott Parsons (1974) fala de interpenetração e adaptação, Niklas Luhmann fala de acoplamento estrutural (1998), como exposto no capítulo 1. Estes acoplamentos produzem níveis emergentes de sistemas em decorrência da relação que se estabelece entre eles e, também, níveis emergentes de complexidade. A relação acaba sendo paradóxica na medida em que o sistema tem de lidar com a complexidade do entorno, diminuindo-a, porém criando complexidade interna que terá, também, em outro momento, de ser administrada. Os temas que outros sistemas expõem, como criações próprias, terão de ser levados em conta por outro sistema, que os codificam com seu código específico. Por exemplo, o conhecimento em célula-tronco gerado no interior do sistema científico, e tão somente nele expresso como conhecimento verdadeiro, é entendido pelo direito de acordo com seu código específico, ou é legal ou ilegal, e assim é processado. Por outro lado, a complexificação do sistema científico que se manifestou na criação de uma disciplina, a biologia, em uma subárea, a genética, e em uma linha de pesquisa, com células-tronco, exige por parte dos outros sistemas igual complexificação que se desenvolve em torno desta temática específica, células-troco. Ainda que o exemplo envolva somente dois sistemas, a coevolução em uma sociedade complexa envolve geralmente todos os sistemas, como se pode ver no mesmo exemplo acima, em que questões religiosas ligadas à fé professada, questões econômicas ligadas à possibilidade de lucro e questões políticas ligada a questões de voto, são levadas em conta. Em síntese, o sistema responde de uma maneira que lhe é própria (autorreferência) àquilo que é próprio de outros sistemas (heterorreferência).

Pode-se derivar, a partir desta posição teórica, uma série de possibilidades para entender como a ciência e a tecnologia são produzidas em uma sociedade como esta - heterárquica, hiper-complexa, funcionalmente diferenciada - em contraste com uma forma de organização hierárquica, estratificada, como descrita no tópico anterior. Algumas análises da sociologia do conhecimento, da ciência e da tecnologia já tangenciaram estas questões embora com concepções teóricas radicalmente distintas. Estas análises não aceitam a tese do fechamento operacional (KNORR-CETINA, 2005), muito menos da possibilidade de vários centros operacionalmente diferenciados, dissolvendo toda a produção científica em uma rede de interesses articulados e transladados (ver LATOUR, 2000), e mesmo não pressupondo rede, pressupõe sistema aberto (ver HUGHES, 1987). Por outro lado, se aproximam do determinismo tecnológico (HABERMAS, 1980) ou o critica com o conceito de co-construção que revela a mesma abertura sistêmica posta acima (FEENBERG, 1999). Estas propostas vêm acompanhadas de uma crítica a reificações como estrutura ou sistema, embora admitam que se possa referir a tais elementos, conquanto que se recorra às ações que os produzem.

Porém, é possível observar o sistema como unidade de análise ao considerá-lo como um fenômeno emergente, cujas propriedades não podem ser reduzidas nem à ação individual e nem a sociedade como um todo. É possível estabelecer critérios de diferenciação que, bem justificados, revelam fenômenos novos que não poderiam ser justificados por outro esquema de observação. Parte-se aqui, então, da distinção sistema/entorno, indicando a ciência como sistema, esta é a unidade de análise da tese. E assim, retornamos à pergunta central: como a ciência moderna tem observado o entorno e absorvido elementos que partem de outros sistemas? E a partir desta observação, como a ciência moderna tem produzido novas formas de produção de conhecimento? Estas perguntas são dirigidas à ciência contemporânea e buscam compreender como a ciência e a tecnologia se relacionam com o sistema da sociedade moderna.

## 2.4 Sistema científico e as novas exigências funcionais

A ciência, a tecnologia e a sociedade funcionalmente diferenciada, são as chaves para compreender a produção de conhecimento atualmente. Os marcos históricos de uma concepção sistêmica sobre o relacionamento destas chaves foram expostos nos tópicos acima, restando descrever um dos marcos fundamentais responsável pela generalização

simbólica da concepção linear mais recente, sobre o acoplamento entre ciência e tecnologia. Se antes a justificativa do empreendimento científico era de ordem teológico-religiosa e propunha o “enobrecimento dos nobres”, em consonância com as expectativas da ordem social, hoje estas expectativas são satisfeitas com o fornecimento de tecnologias e inovações constantes. Isto é evidente na maneira como a ciência tem observado o entorno e como esta observação tem interferido no processo geral de reprodução sistêmica, ou seja, na maneira que, diante da contingência das possibilidades de seleção, tem a ciência selecionado, especificamente, uma maneira de se justificar. Isto só pode ser entendido se se compreende a relação sistema/entorno, ou, empiricamente, se se compreende o acoplamento estrutural entre o sistema científico e os outros sistemas sociais. Para isto é necessário de antemão retornar ao período pós-segunda guerra mundial, especificamente ao que se convencionou chamar “Relatório Bush” (1999, [publicado em 1945]). Nele, de forma mais acabada que em Francis Bacon, há uma articulação explícita entre ciência e os outros sistemas sociais. Deve-se ressaltar que tal relatório é uma comunicação política que perturbou os outros sistemas por meio dos acoplamentos estruturais que a política construiu com eles, portanto, criando uma nova dinâmica evolutiva para o regime de produção de conhecimento.

O “relatório Bush”, como ficou conhecido o relatório “*Science, the Endless Frontier*”, encomendado por Franklin Roosevelt ao diretor do *Office of Scientific Research and Development* (OSRD), Vannevar Bush, foi escrito ainda sobre o prodígio da fissão nuclear recentemente desenvolvida e apresentada sobre a forma de armamento militar em 1945. Este relatório pautou os programas governamentais dos Estados Unidos em ciência e tecnologia nos anos procedentes e influenciou diversos países, reproduzindo seu esquema conceitual nos escritórios e ministérios de ciência e tecnologia em todo o mundo. O relatório buscava legitimar os incentivos em ciência e tecnologia para além de sua justificativa militar nos tempos de guerra, estendendo suas consequências à medicina, à segurança nacional e à indústria. Entre outros objetivos está a defesa da autonomia da ciência expressa no ideal de que a liberdade de escolha da investigação fique “nas mãos das instituições onde esta se efetua” (BUSH, 1999, p. 102). Esta defesa fez-se necessária já que, durante a guerra, a investigação científica financiada pelo Estado estava sobre forte controle por envolver a própria “segurança nacional”; em momentos de paz se buscava a manutenção daquela relação financiadora, porém incorporando um elemento novo, a saber,

a autonomia das escolhas no processo investigativo como necessário ao progresso científico.

Mas devemos proceder com cautela quando transferimos os métodos que funcionam em tempos de guerra às condições muito diferentes em tempos de paz. É preciso que eliminemos os rígidos controles que se teve que impor e recuperemos a liberdade de investigação e o saudável espírito científico competitivo tão necessário para a expansão das fronteiras do conhecimento científico (BUSH, 1999, p. 105).

A autonomia científica como bandeira parece ter, nesta época, ganho estatuto político e estava vinculada à luta de professores e alunos. A ciência estava às voltas com o problema da sobredeterminação estatal da pesquisa, com a inconstância dos financiamentos, com as incertezas das leis de patentes, com ingerências administrativas em decorrência de posições políticas<sup>58</sup>, e, em um cenário como este, o relatório Bush serviu como uma justificação acadêmico-administrativa para aquilo que já havia sido discutido teoricamente nos textos de Karl Mannheim, sobre a *Intelligentsia*, e nos textos de Robert Merton sobre o *ethos* científico. Mas, se para Bush a ciência deveria ser preservada em sua autonomia, o que a legitimaria para além da própria autojustificação?

É exatamente sua resposta implícita a esta questão o que fora mais sujeito a controvérsias. Para Bush era evidente a relação linear entre pesquisa básica e pesquisa aplicada. Isso enquadrava todas as suas concepções sobre a maneira como a ciência deveria funcionar e em decorrência disso ele cria um modelo normativo que afirmava que, salvaguardando a autonomia da ciência, a constância dos investimentos e a educação dos jovens em ciência e tecnologia, seria inexorável o progresso científico, mais que isso, o próprio progresso americano. Deste modo, “quando se lhes dá um uso prático, os avanços da ciência significam mais postos de trabalho, salários mais altos, jornadas de trabalho mais curtas, safras mais abundantes, mais tempo livre para a recreação e estudo” (BUSH, 1999, p. 103).

Estava, pois, reutilizando os argumentos baconianos da “nova atlântida”, atualizando-os para seu tempo. Se naquele momento os argumentos de Bacon sobre a instituição da “Casa de Salomão” serviram de inspiração para a instituição da *Royal Society* inglesa, agora, os argumentos de Bush tinham como objetivo muito claro a fundação da *National Science Foundation* (NSF), agência encarregada de fomentar a

---

<sup>58</sup> Aqui o caso paradigmático é a biologia de T. D. Lysenko na União Soviética, amplamente defendida pelas autoridades de Stálin.

pesquisa básica, criada cinco anos após o relatório. Tudo isto estava inserido em um cenário de guerra fria e de integração comercial, e estes passos em direção a um amplo sistema nacional de ciência e tecnologia repercutiram nas nações, transformando a imagem da ciência e dos programas de desenvolvimento desde então. Como resultado tardio deste processo estava a ideologia desenvolvimentista do “terceiro-mundo” que passa a se assentar também sobre os desafios que a diferença entre desenvolvimento tecnológico nas nações impunham<sup>59</sup>. Bush inclui em seu relatório a competição econômica entre nações como justificativa para o incentivo à ciência em tempo de paz.

Uma nação que dependa de outras para a obtenção de seus novos conhecimentos científicos básicos terá um lento progresso industrial e será débil em sua posição competitiva no comércio mundial, independentemente de sua destreza mecânica (BUSH, 1999, p. 112).

Difícilmente hoje alguém defenderia o modelo linear de inovação tecnológica nos mesmos termos de Bush. A ideia de que a pesquisa básica é desinteressada em termos práticos, que ela buscaria explicar a natureza tão somente, sucumbe diante de uma análise da história da ciência e da tecnologia. Stokes (2005), por exemplo, apresenta como a pesquisa de Louis Pasteur na França relaciona, no processo, pesquisa básica e aplicada: “Muitas das suas detalhadas linhas de investigação, (...) são incompreensíveis quando separadas de seus objetivos aplicados” (STOKES, 2005, p. 32). Portanto, não há uma linearidade na maneira como a pesquisa se desenvolve, de onde se parte ou onde se pretende chegar. A ciência e a tecnologia têm dinâmicas que se entrecruzam nos projetos de pesquisa. Em decorrência desta compreensão não linear do processo, complexa, alguns modelos têm aparecido nas últimas décadas apresentando um processo de produção científico e tecnológico mais complexo e dinâmico, como é o caso da *hélice tripla* (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000) e do *modo 2* (GIBBONS *et al*, 1994). Este último, por exemplo, argumenta que a diferença entre ciência básica e aplicada e ainda entre ciência e tecnologia tem se tornado “altamente questionável” (GIBBONS *et al*, 1994, p. 24).

No fim do século passado, em vários momentos, a relação entre ciência e tecnologia se inverteu e a ciência é que passou a ser baseada na tecnologia, com os avanços desta levando a mudanças naquela. Assim, ciência e tecnologia passaram a frequentar os

---

<sup>59</sup> Ver por exemplo a coletânea organizada por Tabak (1975).

mesmos projetos de pesquisa e terem uma influência recíproca. As universidades, mesmo estatais, passaram a ter setores de inovação tecnológica e escritórios de patentes, governos inteiros passaram a selecionar projetos com possibilidades de aplicação e desenvolvimento tecnológico. Por conta das transformações que emergiram com a importância da ciência e tecnologia na sociedade contemporânea, o sistema tecnocientífico ficou muito mais complexo, e a demanda por conhecimentos e novas tecnologias passou a pressionar a reprodução da ciência, ao mesmo tempo em que aumentaram os controles por conta de um nível mais elevado de consciência sobre as possibilidades tecnológicas<sup>60</sup>. Tudo isso se manifestou como pressão do entorno sobre a ciência e esta teve de buscar mecanismos redutores de complexidade. Não funcionava mais a estratégia legitimadora da cultura cavalheiresca, recorrer à nobreza ou a qualquer autoridade externa.

Um novo critério de seletividade, para diminuir a complexidade que a possibilidade da autonomia da pesquisa criara, se reestruturou ao mesmo tempo. Se a autonomia da investigação ocorresse em seu sentido absoluto, cada pesquisador seria, potencialmente, uma pesquisa e representaria um nível de complexidade intolerável para o sistema de financiamento estatal ou privado, ou mesmo para as limitadas possibilidades do sistema de auto-avaliar, integrando-se em torno de disciplinas comuns e temas específicos. A dicotomia muito usada em programas científicos e tecnológicos, governamentais, ciência pura e aplicada, já apresentava uma bifurcação que organizava os fluxos de financiamento, porém o sistema selecionou um lado desta dicotomia, o que o isentou da outra parte. Ocorreu que o setor privado fundamentalmente financiou a pesquisa tecnológica que apresentava a utilidade, a funcionalidade e a possibilidade de inovação que ali se aventava, enquanto a pesquisa governamental complexificara suas possibilidades, ainda que os planos governamentais sobre ciência e tecnologia fossem criados, desde aquele momento, como mecanismos dinamizadores da economia, inclusive no Brasil<sup>61</sup>. Neles a palavra inovação ficara de uso corrente e editais específicos se proliferaram em torno das possibilidades de aplicação, como os fundos setoriais.

---

<sup>60</sup> Collins e Evans (2007) tocam exatamente este ponto ao discutir a autoridade do cientista em um período histórico onde a tecnologia participa de grande parte da vida social, o que faz com que novos níveis de especialistas (*expertises*) também tenham possibilidades da avaliação da tecnologia.

<sup>61</sup> Ver, por exemplo, os programas governamentais brasileiros em ciência e tecnologia no governo militar em Morel (1979a) e o mais recente, conhecido como “livro branco” (2002). Este era claro em sua página IX: a C&T brasileira passa agora a ser iluminada pelo foco atualizado e dinamizador da inovação. No capítulo 4 se tratará dos planos mais recentes.

Neste cenário, a busca pela expansão dos limites da tecnologia passou a ocupar, no interior da instituição científica, um lugar destacado, deslocando a prática científica do *locus* da comunidade científica para o contexto de aplicação, exemplificado em incubadoras de empresas, força-tarefa de pesquisa, redes de inovação, entre outros (GIBBONS *et al*, 1994). Assim, toda uma mudança sistêmica se operou alterando a estrutura científica, desde seu código estruturante, verdade e não-verdade (LUHMANN, 1996), seus mecanismos de financiamento (BAIARDI, 1996) e seus valores (HESS, 1997). Poder-se-ia, finalmente, argumentar que se formou difusamente um regime de produção de conhecimento caracterizado por uma “cultura tecnológica”. Os cientistas, ao observarem o entorno inseridos em tal regime, tem como orientação estes novos elementos e buscam orientar suas práticas de acordo com eles, pois sabem que as possibilidades de financiamento, por exemplo, requerem uma especificidade temática relacionada com as possibilidades de retorno rápido do investimento. Em dada sociedade os processos de legitimação passam a se concentrar na utilidade do produto.

Os estudos de laboratório, concentrando-se no nível das práticas dos cientistas, já constataram esta tendência de acoplamento estrutural entre ciência e tecnologia, para a qual nomes genéricos têm sido propostos, como tecnociência. Nas palavras de Knorr-Cetina:

A seleção de uma substância, uma técnica ou uma fórmula de composição “porque funciona” nos remete ao fato de que o êxito tem uma relevância maior que a verdade no trabalho concreto de laboratório. Os êxitos (...) não partilham a qualidade absoluta da verdade. Não só o êxito é como disse um cientista, “uma viagem diferente para cada um de nós”, mas o que funciona – e em consequência, conta para alcançar o êxito – depende tanto das traduções que rotineiramente surgem das preocupações práticas em um local de investigação, como da dinâmica da negociação e a renovação ou modificação dessas traduções (KNORR-CETINA, 2005, p. 126).

Isto leva a uma alteração também na maneira de se avaliar o conhecimento, de se legitimar o conhecimento crível entre os pares, já que aquilo que funciona faz referência a um fim concreto que pode ser “utilizado” e avaliado pela sua eficácia, diferentemente das categorias abstratas que não tinha uma incidência concreta direta, e que fazia referência às “verdade”. O funcionamento, meio simbolicamente generalizado da tecnologia, então, é o código que emerge desta ciência, e tal meio está em um outro âmbito que a verdade, que parece ser um código ligado aos primórdios da ciência, onde uma hierarquia de saberes

ainda imperava condicionantes, do conhecimento religioso para o conhecimento secular: a verdade é o código bíblico, ao passo que o funcionamento é o código do livro da natureza.

## 2.5 Verdade e ciência

Dada a sistematização da ciência, sua reprodução é condicionada a um meio de comunicação simbolicamente generalizado, a saber, a verdade. Tal meio irá distinguir o que pertence ou não ao sistema, produzindo um limite operacional para seus processos constituintes. Tal meio é operacional, portanto, diz respeito à estruturação das comunicações que se reproduzem no sistema social da ciência, e somente deste modo será aqui compreendido: como um código de comunicação que serve de base para as operações do sistema científico. Assim, importa pouco a fundamentação da verdade em termos epistemológicos, analíticos, lógicos, mas somente sociológico. Buscar-se-á compreender, a seguir, a forma como tal meio de comunicação se estruturou e serve de base para a reprodução autopoietica do sistema. Assim, a partir do fechamento operacional do sistema da ciência, quais as condições sociais da verdade neste sistema fechado?

Existe uma diferença no seio da comunidade de filósofos e cientistas entre o que é realmente verdadeiro e o que é assumido como verdadeiro. Esta diferença se manifesta principalmente na variedade de verdades que se pode verificar entre comunidades distintas e, ao contrário, na alegação de que a verdade é única – ao primeiro caso corresponde aquilo que é assumido como verdadeiro e ao segundo aquilo que é realmente verdadeiro. Este último caso é, de alguma forma, aquilo que os epistemólogos nominalistas assumem quando falam da verdade, Shapin (1995b) a chama de noção restritiva de verdade. No entanto, não se pode afirmar a verdade nestes termos, e diferenciá-la daquilo que é assumido como verdadeiro, sem recair de certa forma em uma contradição: para falar da verdade é necessário que se assumam a verdade como algo que possa ser falado. A perspectiva da sociologia do conhecimento defende que a verdade tem uma natureza social e histórica e, portanto, deve ser submetida às condições estruturantes dos processos sociais. Neste sentido, não há como falar da verdade sem fazer referência ao que é assumido como verdadeiro.

Shapin (1995b, p. 04) adota um ponto de vista materialista da verdade, ao afirmar que “comunidades fazem julgamentos verdadeiros para distinguir opinião ou crença que correspondem à realidade, daquelas que não correspondem, e ao fazer, eles criam um *bias*

automático em favor de seu próprio estoque de conhecimento corrente”, porém, esta diferenciação é feita em um mundo comum e estruturado que existe independente da vontade. O que vai diferenciar os julgamentos verdadeiros dos não-verdadeiros, segundo antropólogos, historiadores e sociólogos da ciência, é a cultura que subjaz os julgamentos. Portanto, o conhecimento verdadeiro é um bem coletivo. A verdade como elemento social e bem coletivo é, portanto, elemento da comunicação, e deste modo sujeita a todas as vicissitudes decorrente da necessidade de reprodução sistêmica. Não se trata de observar como os cientistas vêem, mas o que eles comunicam e a forma como esta comunicação é reproduzida no sentido de transformar crenças idiossincráticas, de sistemas psíquicos específicos, em crença comunitária compartilhada<sup>62</sup>. A ciência moderna assumiu, na sociedade moderna, o monopólio de falar em nome da verdade, e a verdade, neste sentido, estará submetida à reprodução deste sistema específico. Assim, verdade será entendida, aqui, somente como um código de comunicação estruturante do sistema científico moderno e, desta forma, um código que apresenta o outro lado da forma (não-verdade) no momento de sua reprodução (LUHMANN, 1996a).

A diferenciação do conhecimento em verdade e não-verdade é um fruto tardio da evolução da sociedade (LUHMANN, 1996a). Sua gênese está ligada fundamentalmente a gênese de um tipo de observação, muito específica, que não observa o mundo com a diferença tradicional conhecimento e erro, ser e parecer, como foi típico da filosofia clássica, que tratava como conhecimento aquilo que se reportava ao indivíduo. Para a teoria dos sistemas sociais, o que se coloca como verdade é a unidade da diferença entre verdade e não-verdade que se manifesta no sistema da ciência, um sistema de comunicação como outro qualquer, mas que se estrutura por meio da reprodução dessa específica forma de codificação binária. Portanto, verdade é um meio de comunicação simbolicamente generalizado (ver capítulo 1) como o poder e o dinheiro, e resolve problemas de comunicação improváveis, limitando os contornos operativos do sistema científico. Ciência reproduz aquilo que os cientistas comunitariamente assumem como verdade e mantém como código de segurança todo resto. Isto se verifica em toda história da ciência, nas teorias sancionadas em função de outras negadas, na formação de paradigmas e negação de outros (KUHN, 1995). Esta forma de observar a história da ciência faz valer a binarização das operações da ciência já que só se aceita ou se nega a verdade, na medida

---

<sup>62</sup> A expressão comunidade aqui não deve ser entendida somente em seu aspecto consensual, mas fundamentalmente, no que diz respeito ao estoque de conhecimento, relacionada ao conhecimento comum compartilhado.

em que já exista no sistema a possibilidade de negá-la. Ciência moderna se reproduz, basicamente, em função desta possibilidade, em função deste código binário.

À teria dos sistemas sociais, como observação de segunda ordem da sociedade, importa observar a verdade de uma observação de primeira ordem expressa na comunicação que é reproduzida no sistema, portanto, “os observadores que tem de ser observados são, neste caso, o sistema comunicativo sociedade e o sistema funcional ciência incluído na sociedade” (LUHMANN, 1996a, p. 131). A observação de segunda ordem não se trata, da mesma forma que a observação de primeira ordem, de acesso ontológico a verdades universais, mas da observação da construção da verdade em um sistema de comunicação, tendo como referência as observações de primeira ordem e a forma de comunicação que acopla observação e verdade. A comunicação é contextual, portanto, está sujeita aos processos sociais que a direciona no sistema da ciência, tendo consequências para esta comunicação os acoplamentos que este sistema estabelece com seu entorno, como demonstram os estudos sociais da ciência e tecnologia. Neste sentido, deve-se estar atento para a “condição social da verdade” não só em se tratando de suas fundamentações lógicas, posto que a lógica é também uma forma de observar, mas essencialmente de suas fundamentações como código de comunicação simbolicamente generalizado. Assim, “o padrão implícito ao tratar uma observação como genuína ou confiável significa que existe um critério social para ser satisfeito antes que alguma coisa possa contar como uma observação genuína para seus usuários” (BARNES *et al.*, 1996, p. 16). Verdade necessita ser comunicação, do contrário é mera crença, observação idiossincrática (BLOOR, 1991). Decorre disso a verdade como processo social, como comunicação, e neste sentido, deve-se atentar para as condições que tornam possível o sistema da ciência, e desta forma, seu meio simbolicamente generalizado. Verdade, como comunicação, refere-se àquele conjunto de conhecimentos sancionados construídos com um determinado método, seguindo determinada teoria, satisfazendo a algum critério de divulgação, como acima se apresentou no processo de constituição da ciência moderna.

Quais as condições sociais da verdade? Muitos sociólogos, filósofos, historiadores, atentaram para esta questão, fazendo, muitas vezes, referência a uma “comunidade de especialistas”, ou seja, indivíduos que sabem a regra do jogo. Pode-se atentar para as condições de poder, confiança, moral e alianças, como mecanismos sociais de corroboração de verdades, afinal, eles são mecanismos sociais de reprodução comunicativa, portanto, presente também nas comunicações científicas. Mas, antes de

recorrer a estes elementos, é preciso entender a dinâmica da verdade no interior do sistema científico, como observação idiossincrática que se torna comunicação legítima, portanto verdadeira. Recorrer-se-á ao Programa Forte em sociologia do conhecimento, mas com um entendimento da sociedade e dos processos sociais legados pela teoria dos sistemas sociais de Luhmann. O processo específico a se fazer referência é o da observação. O processo de observação para o Programa Forte apresenta um caráter contextual e recursivo nos processos de investigação em geral.

É sempre no interior da estrutura de uma particular investigação, ou em um experimento particular, que o cientista diferencia o que pode ser observado daquilo que não pode. A linguagem da “observação” é assim contextual ou, como alguns sociólogos diriam, “ocasionada” e “indexcal” (BARNES *et al.*, 1996, p. 02).

Isto quer dizer que há uma separação entre o âmbito da observação e aquele da expressão linguística, nas palavras dos autores, uma separação entre a “observação” e o relato da observação (*observation report*). Ou seja, o que foi experimentado no contexto da observação recebe um tratamento de re-contextualização, desde a própria observação, sendo apresentado como dado posteriormente, de forma a corroborar a teoria assumida anteriormente. Trata-se, portanto, de uma concepção que tem, em sua base, o processo de reprodução de expectativas cognitivas no processo de observação, e são estas expectativas que acomodam tal processo. Mais que isso, “algumas divergências em seus relatos poderiam refletir a divergência em suas teorias, muito mais que em sua experiência” (BARNES *et al.*, 1996, p. 08). Quer dizer que a divergência, muitas vezes, tem a ver com a estrutura de poder que a metadiferenciação teórica do sistema impõe, necessariamente, criando sistemas de créditos simbólicos que acabam tangenciando o código basal verdade/não-verdade. Ademais, “são os componentes teóricos da ciência que fornecem aos cientistas os termos nos quais eles vêem as ações de outros e suas próprias”. (BLOOR, 1992, p. 23). Os interesses cognitivos, como metadiferenciação do sistema, podem condicionar o sistema à metabinarização aliado/inimigo. Tal concepção utiliza a já clássica definição de Thomas Kuhn, da mudança paradigmática acarretando mudança na percepção dos membros dos grupos que partilham tal visão de mundo. Pode-se dizer que a concepção epistemológica de Edimburgo é um realismo comunitarista.

A definição apropriada de conhecimento será, portanto, diferente daquela do leigo ou do filósofo. Em vez de defini-lo como crença verdadeira – ou talvez, crença verdadeira justificada – conhecimento para o sociólogo é o que as pessoas consideram ser conhecimento. Consiste daquelas crenças que as pessoas confidencialmente sustentam e vivem. Em particular o sociólogo estará interessado nas crenças que são garantidas ou institucionalizadas, ou investidas com autoridade por grupo de pessoas. Claro que o conhecimento deve ser diferenciado da mera crença. Isto pode ser feito reservando a palavra “conhecimento” para o que é coletivamente endossado, deixando para o individual e idiossincrático o que se considera mera crença. (BLOOR, 1992, p. 05).

Em Luhmann, verifica-se a concepção da faticidade da observação, já que a observação é uma operação sistêmica observável por outros observadores. Isto traz consequências para a teoria do conhecimento. Luhmann parte da diferença entre operação da observação (segunda ordem) e observação mesmo (primeira ordem), esta diferença permite, por sua vez, a distinção entre realidade e objetividade da observação (LUHMANN, 1996a). A realidade é exatamente a existência de um sistema que pode observar, ao passo que não pode ser considerada real, ou seja, não se pode tirar conclusões da realidade, a partir da operação de observação: “toda referência, do próprio sistema ou do entorno, é uma construção da observação” (LUHMANN, 1996a, p. 62). Isto abole com a diferença clássica entre sujeito (real) e objeto (real), sendo substituída pela diferença entre autorreferência e heterorreferência. Conceber um sistema de observação como estruturado, pressupõe a recursividade de suas operações com base na sua própria estrutura (autorreferência), ou seja, com base em sua estrutura de conhecimentos aceitos como verdadeiros ou não (heterorreferência – já que a referência é o entorno, a “realidade”).

Assim, a observação estruturada “só pode ver aquilo que pode ver”, ou seja, seu campo perceptivo vai estar ligado às estruturas construídas em seu interior, como as estruturas teóricas na ciência. Isto é o que pareceu dizer as pesquisas do Programa Forte. Pense-se no exemplo de Barnes *et al.* (1996) a respeito do conhecido experimento do físico R. A. Millikan, que através da experiência com gotas de óleo, mediu a unidade fundamental da carga elétrica. Os autores descobrem as instituições e tradições presentes na experiência local - a comunidade de físicos com suas teorias – ao acessar o processo intermediário de transformar a experiência em comunicação. Este processo, como em Luhmann, segue a partir de uma imensa redução de complexidade com base em critérios de seleção vinculados às expectativas generalizadas na comunidade (ciência). Esta seleção quer dizer que “toda complexidade da realidade foi filtrada com o crescente esforço de

Millikan para assumir o status de uma descoberta aceita, e um ponto de referência para a comunidade dos físicos” (BARNES *et al*, 1996, p. 19).

O ponto é que, primeiro, o experimento de Millikan ofereceu na fase de teste resultados divergentes, embora o cientista tenha estipulado, ainda assim, a carga do elétron. Portanto, pode-se dizer, houve uma “sugestão” de tal carga, o que leva a constatação de que qualquer tentativa para interpretar o mundo teoricamente é uma proposta de categorias e significados, arriscada e dogmática. Ainda que os resultados fossem claramente problemáticos, Millikan tenderia a ver o que pode ver por meio de sua teoria, que o orienta em direção a resultados esperados. Isto é a aceitação da tese de que toda observação é condicionada pela teoria (*theory-landen*). Segundo, havia a possibilidade de interpretações diferenciadas para o mesmo resultado experimental, ou seja, o mesmo fenômeno poderia ser explicado por teorias diferenciadas, mas por que somente uma fora selecionada? A resposta aponta na direção de padrões locais de confiança, quer dizer, determinadas comunidades desenvolvem confiança na capacidade explicativa de determinadas teorias. Poderiam ser mencionadas também, para outros casos, as relações de poder entre grupos e as alianças estratégicas que recorrentemente se estabelecem e que também orientam as seleções na prática científica a partir da diferenciação do sistema<sup>63</sup>.

Estes dois pontos enfocados permitem aferir que existe uma “circularidade elementar” entre teoria e resultados experimentais: A teoria entra para definir (selecionar) os fatos genuínos, assim como estes corroboram teorias confiáveis localmente. É, neste sentido, que se pode dizer que a consciência aparece como filtro entre o meio físico e a sociedade, ou entre ambiente físico e sistema de comunicação. Isto encontra eco em Luhmann, na medida em que toda experiência deve ser comunicada para ser social, e isto só é possível quando a comunicação é provável, ou seja, quando ela satisfaz ao conjunto de expectativas cristalizadas pelo processo autopoietico. Deste modo, toda comunicação na sociedade sofre a contingência de um duplo filtro: consciência e possibilidade de comunicação (LUHMANN; DE GEORGI, 1993). Portanto, as possibilidades de um contato sistema-ambiente, ou de outra forma, as possibilidades de acessar a realidade a partir do sistema, estão condicionadas pelo sistema.

No sistema não há nenhuma representação do ambiente (assim como ele é). Há somente construções próprias do sistema. E o problema nem mesmo se coloca lá, onde o idealismo clássico o supunha, ou seja, não

---

<sup>63</sup> Sobre estes pontos ver Collins, Pinch (2002).

na questão de como é possível um conhecimento apesar de o sistema depender de seus próprios instrumentos de conhecimento e precisar sempre já pressupô-lo quando quer conhecer o mundo exterior. O conhecimento é possível, não apesar de, mas porque o sistema não pode estabelecer nenhum contato com o ambiente (LUHMANN, 1997a, p. 43).

Em síntese, o que se pode afirmar aqui é que as duas abordagens renunciaram à possibilidade da correspondência direta entre teoria e realidade, já que a primeira dimensão é uma construção recursiva, baseada em processos sociais variados, aos interesses e objetivos coletivos no caso do Programa Forte e às possibilidades de comunicação, no caso de Luhmann. Porém, não se pode afirmar que as perspectivas neguem a realidade; o que se quer dizer é que as percepções idiossincráticas, para serem conhecimento científico, não dependem de si mesmas, mas dos processos sociais que possibilitam sua dimensão cognitiva cientificamente sancionada e verdadeira, os processos comunicativos e a possibilidade deles, no caso de Luhmann, e os interesses cognitivos e metas no caso de Edimburgo. Nega-se, portanto, modalidade de construtivismos radicais, que geralmente recaem em um idealismo estéril.

O ponto fundamental, portanto, é a necessidade de um componente social, que irá selecionar algumas dentre as infinitas experiências de uma pessoa e classificá-las utilizando conceitos de sua sociedade. Esses conceitos são responsáveis por conferir significados aos fenômenos, estabelecer relações entre eles e por tornar nossas experiências inteligíveis. Assim, em uma interação entre o social e o empírico, a qual passa essencialmente pelo uso de certos conceitos convencionados socialmente, se constrói o conhecimento de uma sociedade (RIBEIRO, 2007, p. 54).

Esta cadeia de reflexões não permite nenhuma conclusão sobre a não realidade do ambiente. Ela também não permite a conclusão de que não existe nada fora do sistema de conhecimento. Uma conclusão deste tipo seria na verdade conhecimento, já que ela se baseia na diferenciação entre “nada” e “algo”, ou seja, falando tradicionalmente, usa “nada” como “nomes”. Mas também ela estaria baseada, exatamente enquanto conhecimento, numa desistência de correspondência com a realidade (LUHMANN, 1997b, p. 97).

Portanto, a ciência acessa seu ambiente recursivamente sem ao menos aproximar-se de uma alegada “realidade”. Afinal, esta possibilidade também é conhecimento contextual e comunitário. Neste sentido, qualquer acesso ao mundo real é um acesso condicionado, e, assim, apresenta mais o sistema por meio de sua comunicação que o próprio ambiente real.

O ambiente real será sempre comunicação e como comunicação será sempre comunicação sistêmica. A verdade, como comunicação, portanto, não é uma garantia de contato sistema-ambiente, mas um mecanismo construído internamente que reduz a complexidade do ambiente, e que cumpre especificamente uma função central: estabelecer os limites comunicativos do sistema da ciência. Assume-se o contato a partir da verdade que é reproduzida, e nega-o a partir das verdades refutadas. Esta é a dimensão da verdade como código binário, como meio de comunicação.

## 2.6 Técnica, ciência e a verdade eficaz

Como mecanismo sistêmico de estabelecimento de seus próprios limites, a verdade, como meio de comunicação simbolicamente generalizado sofre também das contingências a que o sistema social está sujeito e, portanto, seu significado pode alterar-se em função das transformações do sistema da sociedade. Assim, mesmo que a verdade continue sendo reproduzida como código, seu significado pode mudar, a despeito de sua função sistêmica permanecer: delimitar o que pertence ou não ao sistema. Mesmo que haja referência à verdade na prática científica, geralmente em decorrência de generalizações simbólicas que resistem a mudanças semânticas, o meio que delimita o sentido das ações sistêmicas pode já estar estruturado segundo novos conteúdos. Há neste conteúdo da verdade, como meio da ciência, um significado que remete a sua ligação com a técnica moderna e este significado é o que resulta do processo investigativo contemporâneo, é a esta forma acabada de ciência e técnica a que a sociedade mais ampla faz referência na modernidade. Mas não só a sociedade mais ampla, os próprios cientistas assumem esta nova forma do meio de comunicação verdade.

Sem dúvida, a linguagem dos cientistas contém inúmeras referências ao que é ou não-verdadeiro. Mas seu uso de nenhuma maneira difere do uso que fazemos todos os dias do termo em diversas funções pragmáticas e retóricas que não tem muita a ver com a verdade epistemológica. (...) O vocabulário dos cientistas sobre como as coisas funcionam ou não funcionam, ou sobre os passos que se dá para as fazer funcionar, não refletem nenhuma forma de verificacionismo ingênuo, se trata, na realidade, de um discurso apropriado da *manufatura instrumental* do conhecimento no *taler* chamado “laboratório” (KNORR-CETINA, 2005, p. 59).

O funcionamento, como código estrutural da técnica, está acoplado estruturalmente ao código verdade na modernidade, desde a reprodução das comunicações científicas no laboratório até a concepção mais geral de tecnociência. Há, no entanto, na técnica moderna uma diferença no que diz respeito à sua finalidade que a difere da técnica antiga. Para os antigos, a técnica servia para a satisfação das necessidades humanas e por isso se diz que era “funcional ao *consumo*” (GALIMBERTI, 2006, p. 382). Ao passo que na sociedade moderna, em decorrência das transformações na visão de mundo acima ressaltada, a técnica se torna funcional à produção, com objetivo da produção de meios para aquisições posteriores. Isto tem consequências fundamentais para o conhecimento, já que no primeiro caso, na técnica antiga, a natureza (*phýsis*) imutável apresentava-se para os homens como unidade inalterável pela ação técnica, portanto, ao saber, cabe a contemplação; e, no segundo caso, a perda de substancialidade – pode-se alegar também, a perda de suas características anímicas, mágicas, divinas – da natureza e sua consequente disposição enquanto mecanismo passível de aprimoramento, o saber vai se apresentar enquanto domínio e aperfeiçoamento. Isto vai dispor também a subjetividade humana às operações técnicas, e pode-se avançar e afirmar através da prática da moderna biotecnologia, que a técnica vai dispor como produto a própria natureza humana, agora passível de aprimoramento e controle (ver capítulo 4). O fundo semântico deste estado de coisas é o significado atribuído à natureza pelos modernos.

Uma coisa, de fato, é pensar a natureza como aquela *ordem imutável* colocada como medida de tudo; outra coisa é pensá-la como *criatura de Deus* colocada a serviço do homem; outra ainda é pensá-la como *fundo disponível de recursos*, dentro dessa projetualidade técnica que inclui também o homem entre os materiais disponíveis (GALIMBERTI, 2006, p. 391).

Este significado moderno da técnica segue as transformações que a sociedade passou e que são comumente analisadas como um processo de constituição da sociedade moderna, como o percurso da racionalização ocidental. Neste caso específico da evolução da sociedade, a verdade como desvelamento (*alétheia*), típica dos gregos, sucumbe à verdade como procedimento eficaz (Galimberti, 2006), criando um regime de irritações recíprocas entre desvelamento eficaz da natureza (ciência) e prática produtiva eficaz (técnica). Deste modo, fala-se em irritações entre unidades estruturais de comunicações distintas, cada qual operando por meio de seu código característico.

Na circularidade entre “produção como desvelamento” e “efetivas práticas produtivas”, a característica de verdade da técnica é desmanchada pela sua própria *práxis*, no sentido de que, com o advento da técnica moderna, a verdade não preexiste à produção, mas é por sua vez, produzida: *a verdade é fabricada* (GALIMBERTI, 2006, p. 386).

Decorre que a técnica, como conhecimento, produz conhecimentos eficazes, aprimoramento da natureza, e seu horizonte é o horizonte do conhecimento contemporâneo, que extrapola aquele âmbito que pertencia, exclusivamente, à história da técnica e, como irritação, se dispõe à ciência moderna em sua forma manifesta no subsistema da biotecnologia, tal o caso aqui analisado. É por isso também, ou seja, na medida em que a técnica é o horizonte do conhecimento, que não se pode considerar a técnica como ciência aplicada (QUERALTÓ, 2003). A técnica é, antes de tudo, o resultado da relação entre funcionamento e verdade que se estruturou na constituição do regime de produção do conhecimento moderno.

Galimberti (2006) irá traçar um quadro histórico-filosófico da relação da verdade com o funcionamento eficaz impresso nas variadas formas de conhecimento humano, em sua história simbólica. A verdade mítica é reproduzida pela eficácia ritual, que estabiliza o sentido da vida em termos de um *telos*, incluindo cada parte do mundo em um sistema de significados interligados que garantem segurança ontológica para os membros. Falhas rituais ocorrem e são imputadas geralmente à execução equivocada do rito ou à retidão moral do executor. A substituição deste tipo de verdade foi efetuada pela retórica, por meio da persuasão (*pethô*), que se apresentou como um procedimento mais eficaz na medida em que se vale de si mesma, sendo liberta da necessidade de se conhecer o real. A verdade deixa de ser contemplativa para ser operativa, e ela se estrutura na construção de uma ordem autorreferida. A verdade filosófica impõe agora regras que regulam a própria linguagem, e como consequência elimina o sofisma por meio, por exemplo, do princípio da não-contradição. O erro decorre exatamente da identificação mal construída do significado que emana de procedimentos de identidade e diferença. Estavam dados, assim, os limites discursivos sobre o real, por meio dos procedimentos lógicos. Assim, “sob o controle da lógica se constrói uma ordem universalmente válida de pensamento, neutra no que se refere ao conteúdo material” (GALIMBERTI, 2008, p. 403). O real fora apreendido pela não-contradição e identidade dos elementos discursivos, sendo duplicado sistematicamente com regras inteligíveis.

A ciência moderna instaura uma nova ordem de coisas, mas que não nega a anterior. A ordem matemática convencional impõe um rigor discursivo que exclui tudo aquilo que não pode ser reduzível à sua forma. A razão legisla o que é possível representar, por meio de funções ordenadoras, e antecipa os nomes das coisas por meio do método e hipóteses racionalmente elaboradas pelo *ego cogito*. Esta ordem é que substitui o sujeito pelos procedimentos discursivos que lhe representa e que funcionam. Desta forma, “a verdade não é mais *egológica*, mas *funcional*: os discursos falam por si mesmos. Não há mais nenhum mito, nenhum deus, nenhum ser e nenhum eu que os produzam e, ao produzi-los, estabeleçam a sua legitimidade” (GALIMBERTI, 2006, p. 407). A verdade técnica, finalmente, leva à falência de bases imutáveis (mito, manifestação do ser, representação do eu) já que não há nada que possa sustentar sua verdade, a não ser a eficácia dos respectivos procedimentos de ordenamento. São os instrumentos agora que produzirão verdades disciplinares, não como ordens imutáveis, mas como ordens provisórias tecnicamente alteradas. As técnicas biotecnológicas correspondem exatamente a esta afirmação, na medida em que campos como biologia molecular são definidos em função da eficácia do microscópio, marcadores moleculares e técnicas de recombinação gênicas. Com isso há uma pulverização de sentido em função do avanço técnico, o que significa uma complexificação das possibilidades de comunicação, vide a dificuldade atualmente da definição da base da vida (ver capítulo 3). Aqui, assiste-se a forma contemporânea da ciência produtiva e operativa.

Isso comporta uma mudança no modo de proceder da razão, que se considera investida não mais da demanda metafísica, que pergunta “o que é” determinada coisa, mas da demanda funcional, que pergunta “como” essa coisa pode operar. Daí vem a liberdade da razão, que, não mais envolvida na pesquisa sobre a natureza das coisas, se sente desonerada de qualquer responsabilidade ética, estética ou política, porque considera que só pode ser cientificamente evocada pelo contexto operativo (GALIMBERTI, 2006, p. 422).

Portanto, quanto à verdade mítica tem-se a eficácia ritual, à verdade sofista tem-se a eficácia persuasiva, à verdade filosófica tem-se a eficácia lógica, à verdade científica tem-se a eficácia legislativa e, finalmente, à verdade técnica tem-se à eficácia funcional. Esta última reduz tudo à lógica binária de regras pré-existentes, que a tudo codifica como sim e não, referindo-se somente ao seu jogo (auto) logicamente estruturado. A verdade e não-verdade, como código comunicativo do sistema científico, perde sua posição estrutural à

medida que o regime de perturbações recíprocas, modernamente constituído com a técnica, incorpora a dimensão funcional da tecnociência, perturbando outros sistemas, como o económico e o político. Isto é resultado imediato da entrada de novos sistemas na cadeia de perturbações recíprocas, da organização da ciência, e da configuração da sociedade em termos de uma multiplicidade de sistemas sociais funcionalmente diferenciados.

A técnica moderna, ao ter como finalidade a produção e não o produto, como ressaltado acima, vai se acoplar estruturalmente a qualquer processo produtivo, seja a produção de conhecimento científico, a produção de decisões nas organizações e à produção de tecnologia para o consumo. A técnica como fim, reduz tudo ao seu próprio aperfeiçoamento e ao se acoplar fornece mecanismos aos sistemas para diminuir a complexidade, o que possibilita “processar seletivamente situações muito complexas e, com isto, reorganizar aquelas possibilidades que seguem sendo compatíveis com os limites da consciência e com o status do mundo que experimentamos comumente” (LUHMANN, 1995, p. 101). A técnica é a negação de outras possibilidades, inclusive a verdade.

## 2.7 Técnica e natureza

A técnica, ademais, é o pensamento que nega a possibilidade de Deus, o imaginário social de cada época assim a expressa, *pari passo* com a própria estrutura da sociedade. O mito de Prometeu (Ésquilo) faz referência exatamente à inutilidade dos deuses e das forças místicas que governavam o imaginário grego. Prometeu rouba o fogo de Zeus para tornar os homens senhores de seu destino e não depender mais da benevolência divina. Isto representa uma diferença fundamental na imagética humana e introduz uma distinção entre um mundo governado por forças da natureza e, um outro, sob os auspícios da técnica, que se tornou obra humana e extensão instrumental de sua natureza. No entanto, no momento em que o mito se expõe, ainda não se pode falar no poderio da técnica como força superior à natureza, que ainda governa o tempo humano, a capacidade humana, o intelecto humano.

A mitologia grega intui exatamente o sentido e a direção a que o dom de Prometeu conduz, mas ainda mantém a própria visão de mundo, porque na Grécia antiga o projeto técnico não dispõe dos instrumentos necessários à sua execução (GALIMBERTI, 2006, p. 30).

O império da necessidade limitava o agir livre da vontade humana, dotada já da dimensão do desenvolvimento de potencialidades técnicas<sup>64</sup>. Ao homem cabia a sua adequação a esta ordem cósmica da necessidade – harmônica e por si mesmo –, cumprindo necessariamente as antecipações enigmáticas dos oráculos e, finalmente, entregando-se ao destino, posto inelutável, já que ainda não dispunha de alternativas (técnicas) frente a isso. O todo governa as partes. Platão elabora sua República localizando a *pólis* no interior desta ordem necessária, “assim como no cosmo, na cidade as partes não só são dependentes do Todo quanto ao seu ser, mas também mantêm esse Todo com o seu ser” (GALIMBERTI, 2006, 33). Aristóteles concebe a natureza como aquilo que não decorre de uma intervenção humana (BOURG, 1997, SHAPIN, 1999). Tal cosmologia tem o seu momento limítrofe na elaboração da representação técnica do mundo, impressa nas comunicações, que inverte a relação entre parte e Todo, entre controle e necessidade: esta vai estar sujeita às elaborações em potencial que as técnicas concretizam.

O tempo é a dimensão em que esta transformação do imaginário vai impor suas maiores consequências. Onde a representação técnica do mundo se deixou adentrar, aprofundou-se a diferença entre final – elemento típico de uma ordem em que o fim se conecta ao começo e recomeço da própria ordem, e por isso mesmo ordem eterna e regular, “no seio desta temporalidade não há projeto técnico que possa se impor, porque não há um futuro a inventar, um novo caminho a ser percorrido, nenhum horizonte para além do horizonte” (GALIMBERTI, 2006, p. 38) – e finalidade – elemento de uma representação do tempo projetual, como meta, preenchido de objetivos, uma temporalidade limitada na consecução, na qual “há uma justa medida entre o objetivo antecipado e os meios que naquele momento estão disponíveis” (GALIMBERTI, 2006, p. 39). Fica, esta última representação, sujeita ao erro, a falha, ao aleatório, já que não há fim a se cumprir, a execução não é determinada pela necessidade do cosmo, mas pela adequação de meios a fins. Estes são os traços definidores de uma era da técnica.

Não mais *decadência* de uma idade mítica de ouro, mas *progresso* rumo a um futuro sem meta. A projetualidade técnica, de fato, indica *avanço*, mas não *sentido* da história. A contração entre “passado recente” e “futuro imediato”, na qual se recolhe o seu agir, não permite discernir *fins últimos*, mas só *progressos* em vista da própria potencialização. De

---

<sup>64</sup> Esta discussão remonta ao debate que tenta na historiografia explicar o porquê de não ter ocorrido uma revolução científica na Grécia. As respostas são variadas e sugerem elementos sociais (a escravidão na Grécia), falhas no núcleo do pensamento (a física aristotélica) e a ausência da relação entre pensamento filosófico e método matemático. Ver Cohen (1994) para exposição e crítica destes elementos.

fato, a técnica nada mais persegue que o próprio crescimento, um mero “sim” a si mesma (GALIMBERTI, 2006, p. 40).

Com esta diferença no tempo e na posição do homem no cosmo, o saber fica direcionado para o agir técnico, portanto, voltado para objetivos específicos determinados pela característica das competências apropriadas. A diferenciação acima exposta, entre final e finalidade, leva a diferenciação do saber – positivando o lado da finalidade – que se limita agora aos limites da razão humana, “*ato de diferença*, que instaura as diferenças, pelas quais uma coisa é ela própria e não outra coisa” (GALIMBERTI, 2006, p. 42) como informa o princípio lógico da não-contradição. É sobre a marca das diferenças que o saber técnico se desenvolve, afirmando por meio de decisões, não de verdades, aquilo que é o que não é. Diferencia, por exemplo, homem e natureza, homem e Deus, realidade e fantasia, sucesso e falha, meios e fins. A diferenciação por meio da técnica corrobora dicotomias, como sujeito e objeto, fundantes da relação moderna do homem com a natureza, o que faz corresponder a distintos objetos da ordem natural, distintas disciplinas científicas.

Cada civilização tem sua experiência com o tempo e mudanças civilizacionais implicam sempre uma nova semântica do tempo e uma nova experiência com o tempo que reconfigura o quadro de valores e as expectativas (MARRAMAIO, 1995). Esta reconfiguração dispõe, assim, os horizontes do agir, ao fornecer as bases semânticas que estruturam as redes de possibilidade de sentido que animam toda a ação provável. A “civilização da técnica” engendrará formas específicas de ação e significação que comporá a semântica moderna, ao mesmo tempo que dará legitimação global ao agir técnico. A semântica da técnica moderna é a semântica do controle, do planejamento, da instrumentalização. E isto já estava presente naquele momento em que uma nova diferenciação da sociedade se efetuava e, no plano político, se assistia já a contraposição em Maquiavel da virtude para superar os reversos da fortuna, o acaso e a imprevisão. Ali não há destino que não sucumba à previsão e ao instrumento, enfim aos bons meios.

A técnica assim inaugurada é a separação do homem da natureza, ao dotá-lo de força para escapar às contingências, inconscientes, que a ordem da necessidade natural impõe<sup>65</sup>. Assim, o que os mitos expõem antecipadamente “é a ideia de uma vida não mais

---

<sup>65</sup> Não é gratuita a ideia de civilização como disposição de comportar-se, então, como técnica comportamental que sabe utilizar, por exemplo, os talheres à mesa. A tradição cortezã européia surge exatamente no período em que a Europa experimenta novas interpretações sobre a relação homem-natureza.

regulada pelo modelo biológico” (GALIMBERTI, 2006, p. 62), pela necessidade “insuperável” que acomete os seres humanos e sua existência. Se antes, a regulação era por meio do contato com o divino e, após, pelo contato com a natureza e suas contingências, o controle da técnica inaugura a imagem do homem solitário, entregue a si mesmo e à sua própria providência, que vai se realizar no âmbito do saber técnico. Como consequência, a modernidade experimenta um mundo secularizado e artificial, cujos últimos desdobramentos do controle da natureza, é o controle da própria natureza humana, excluindo do horizonte qualquer rastro do sagrado ou vestígio de natureza. É esta concepção moderna da relação homem-natureza que perpassa as práticas laboratoriais de engenheiros genéticos e biotecnólogos, as comunicações científicas das ciências da natureza. A “essência” da técnica comunicada é a liberdade em relação à natureza (GALIMBERTI, 2006, p. 64), é a possibilidade de livre manipulação do código genético<sup>66</sup>.

A relação homem-natureza, sempre reinaugurada, tem nos mitos gregos a consciência de ser a técnica aquilo que permite, à limitada estrutura biológica humana, fazer frente aos “instrumentos naturais” que já estão presente na composição do corpo de outros animais. Neste sentido, a técnica é a condição da própria sobrevivência da espécie e condição intrínseca à existência humana, exposta sem defesa às intempéries de deuses, forças místicas e natureza. Neste sentido, inverte-se a relação entre razão e técnica, a primeira é a derivação da segunda em função de sua precedência evolutiva.

Se em vez da razão, assumimos como específico do homem a carência de instintos, à qual o agir técnico remedia, não temos mais necessidade de “glândulas pineais” ou de “harmonias preestabelecidas” para conectar a razão à animalidade, a alma ao corpo, porque a razão, como conjunto de regras extraídas das constantes do agir técnico, aparecerá como *resultado natural* a que chega, como o seu *simples viver*, esse corpo, de si inidôneo para a vida, que é o corpo humano (GALIMBERTI, 2006, p. 81).

O trecho acima expõe o que é específico de uma epistemologia evolutiva ao afirmar que as formas humanas de conhecer e agir são frutos da evolução da espécie, portanto,

---

<sup>66</sup> Os estudos sociais da tecnologia buscaram criticar a ideia da “ontologia da técnica” como exposta por Martin Heidegger (1997) e Habermas (1980), já que estes apresentam “um fenômeno historicamente específico em termos de uma construção conceitual trans-histórica” (Feenberg, 1999, p. 15). Para Heidegger a técnica moderna é um estágio na história do ser ao passo que para Habermas é um estágio superior de separação de outras formas de ação. Ambos interpretam a técnica como um espaço neutro, com conteúdo vinculado à racionalidade instrumental. Pelo contrário, Feenberg (1999) defenderá uma posição que considera a técnica ambivalente, portanto não determinada desde sempre, mas socialmente construída e socialmente direcionada.

sujeitas ao processo de evolução natural a qual a espécie humana experimentou. Neste sentido, a ciência é um tardio fruto deste impulso primordial que a condição humana de desassistência biológica legou à espécie, sendo a técnica o fruto mais antigo e anterior, portanto, à ciência. Esta relação humana com a técnica, deste modo, esteve presente desde o aparecimento da espécie já que “não existem sociedade, culturas, ou grupos humanos que não usem ferramentas em sua relação com o ambiente natural” (IHDE, 1983, p. 235). Heidegger (1997) assumirá, também, a natureza humana originalmente se relacionando com a técnica, sendo o homem aquele que desabrigou o real como subsistência. A relação humana com a natureza, posto da forma acima, ao se configurar de forma diferente, em momentos históricos distintos, produziu elementos mediadores (técnicos e simbólicos) também distintos, que acabaram por influenciar a relação, inclusive as relações humanas, como está explícito nas teorias sociológicas clássicas, principalmente em Karl Marx. No entanto, a relação não decorre somente do estado da arte da técnica, mas da relação que as sociedades historicamente estabeleceram com a natureza, o significado que a natureza assumiu nas comunicações que foram reproduzidas. Neste sentido, a revolução industrial do século XVIII não inaugurou, em função de sua potencialização técnica, um novo “contrato natural”, pelo contrário, significou a objetivação daquilo que séculos atrás a cultura europeia, de processos como a reforma religiosa e a revolução científica, inaugurava.

A modernidade inaugurou um novo contrato natural, uma nova concepção da natureza, que diferia fundamentalmente daquela clássica e medieval. Se a concepção antiga de natureza apontava sua imodificabilidade, dispondo o que pode ser conhecido somente à sua contemplação, a modernidade transcende este horizonte contido do alcance cognitivo e leva a investigação da natureza para o âmbito do controle e previsão<sup>67</sup>. Em parte tal mudança decorre do cenário de crescente humanismo na visão de mundo renascentista e na recusa da autoridade aristotélica elaborada e defendida durante a idade média. Esta defesa teve também seu alcance moral já que a ordem natural era divina “e seria ilícito os humanos terem pretensões a igualar a divindade” (SHAPIN, 1999, p. 51). Porém, fora desta tradição, o que se verificou foi o estabelecimento da relação entre a “arte humana” e

---

<sup>67</sup> A origem desta reorientação remonta a tradição pelagiana da salvação que vem do monge católico Pelágio, contemporâneo de Santo Agostinho, e que cria que o pecado original não havia impossibilitado a bondade humana, pelo contrário, a semelhança com deus fazia dos homens potenciais senhores da natureza, já que lhe era peculiar dentre todos os animais seu intelecto (BOURG, 1997). Esta máxima estará presente naqueles que contribuíram intensamente para a criação de uma nova imagem do mundo, Francis Bacon e René Descartes, desenvolvido pela ciência moderna.

o “mecanismo natural” na filosofia natural reformada de Bacon, Gassendi, Descartes, entre outros. No primeiro não mais haveria uma diferença essencial entre artificial e natural e nesse sentido, o horizonte da experimentação e da manipulação técnica adentrava o imaginário das possibilidades humanas. Como expõe Bacon na parte XXIII do livro 1 do *Novum organum* (BACON, 1979, p. 17): “Não é pequena a diferença existente entre os ídolos da mente humana e as ideias da mente divina, ou seja, entre opiniões inúteis e as verdadeiras marcas e impressões gravadas por Deus nas criaturas, tais como de fato se encontram”.

Esta reorientação, ademais, abre espaço para a relação definitiva da modernidade entre saber técnico e científico. Na parte IV do livro 1 do *Novum organum*, Bacon (1979, p. 13) expõe “no trabalho da natureza o homem não pode mais que unir e apartar os corpos. O restante realiza-o a própria natureza, em si mesma”. À frente, parte IX, continua: “a verdadeira causa e raiz de todos os males que afetam as ciências é uma única: enquanto admiramos e exaltamos de modo falso os poderes da mente humana, não lhe buscamos auxílios adequados” (BACON, 1979, p. 14). Em face disso, a experimentação dar-se-á em função da experiência maximizada pela evolução dos instrumentos técnicos, “auxílios adequados”, que permitiriam ao cientista natural “unir e apartar” a natureza. Estava implícita também a ideia do mecanismo como metáfora do mundo natural, e o relógio como a representação mais exata do funcionamento da natureza (SHAPIN, 1999). As partes do relógio poderiam ser manipuláveis e seu mecanismo dependeria de uma disposição necessária que a experimentação acessa por meio de tentativa e erro.

No século XVII, a filosofia experimental já se encontrará refém destas concepções ao fazer uso de instrumentos mecânicos para testes de hipóteses, aproximando a ciência das artes mecânicas, técnicas. O fundador do método experimental moderno, Robert Boyle, fez uso da bomba a vácuo para provar o peso do ar, com base em três tecnologias (SHAPIN; SCHAFFER, 2005): uma matéria, envolvida na construção da bomba; outra literária, que apresentava os dados àqueles que não tinham experiência direta; e outra social, que incorporava as convenções filosóficas para discutir com outros filósofos. Disso resultava que a evolução do acesso aos conhecimentos da natureza necessariamente estaria à mercê da evolução do próprio conhecimento técnico, impresso no método experimental. O próprio Boyle fez referências evidentes ao trabalho de seu pessoal de apoio, em especial ao técnico Denis Papin, que desenhou parte das técnicas experimentais de seu laboratório. Boyle indicou que certos tipos de interpretações contidas em seus trabalhos, foram também

produtos do trabalho de seus técnicos (Shapin, 1995b). Assim, o que é mais importante para o argumento da tese, é que “isto afeta aspectos da ciência tão decisivos como, entre outros, a constituição mesma do objeto científico e o conceito de realismo científico e sua possível transformação em ‘realismo tecnológico’” (QUERALTÓ, 2003, p. 13).

A atitude frente à natureza agora é de domesticação, domínio, já que a imagem mecânica havia se tornado majoritária nos círculos experimentais. Agora, o uso dos “bons meios” era o caminho para a verdade, e a verdade um resíduo da técnica experimental. O limite moral da concepção antiga da natureza sucumbiu ao aparecimento de um novo contrato natural, de uma resignificação da natureza, e o físico sucumbiu em função da transformação da técnica como saber-fazer para a técnica como conhecimento (OLIVEIRA, 2002) – ou da ciência como verdade à ciência como funcionamento da natureza.

Mas, justamente esta técnica, esta mesma é que inquieta, o que nos leva a questionar a técnica. Diz-se que a técnica moderna é algo totalmente incomparável com todas as outras técnicas anteriores, porque ela repousa sobre a moderna ciência exata da natureza. Entretanto, reconheceu-se com mais clareza que também o inverso é válido: a física moderna, como algo que é experimental, depende de aparelhos técnicos e do progresso da construção de aparelhos (HEIDEGGER, 1997, p. 57).

Já que a relação do homem com a natureza sempre foi comunicada como de desassistência, ausência dos “bons meios” na estrutura biológica do corpo, nossos sentidos também precisariam dos instrumentos, já usados em outras relações homem-natureza, como o trabalho agrícola. Esta necessidade de instrumentos será, neste período, discutida novamente em Descartes e Bacon, o primeiro lançando mão do instrumento da razão para impedir que o sentido, limitado, o enganasse, e o segundo afastando os ídolos com os recursos técnicos adequados. Deste modo, ao buscar compreender o sentido que a técnica adquiriu, em diversos momentos da história humana, e sua relação com o conhecimento em geral, pode-se perceber que a sociedade condicionava as possibilidades de sentido reproduzido. Não será possível, neste espaço, relacionar a forma de distintos períodos do sistema da sociedade com a forma da comunicação da técnica nos mesmos, basta que fique claro que longe do sentido da técnica assumir uma dimensão trans-histórica, tal sentido estará sempre relacionado às condições sociais que o reproduz.

### 2.7.1 Técnica e sociedade

Estes contornos sobre a técnica são expressões da possibilidade de comunicação da técnica em distintos períodos do sistema da sociedade. Eles se referem a macro-orientações, significados impressos no imaginário social, que de tempos em tempos, e em lugares específicos, vão estar relacionados com a prática tecnológica e com o seu resultado impresso no conteúdo dos meios. As expressões como “mais apropriado”, “eficiente”, “funcional” são expressões que o produto técnico, como resultado de sua prática, assume em um momento específico. Estes conteúdos são corriqueiramente re-significados em função do contexto de produção e circulação da tecnologia. Observando este aspecto não cristalizado ou fechado dos artefatos tecnológicos, os estudos sociais da ciência e tecnologia e, mesmo, a filosofia da técnica, têm investigado não mais a essência da técnica em sua dimensão trans-histórica, neutra, mas exatamente a forma que ela assume em momentos e lugares específicos. Portanto, ao contrário dos primórdios da filosofia da técnica, a determinação a que se faz menção, nestes estudos, diz respeito à técnica como instrumento antropológico e condicionada pelos significados impressos nela, sempre relacionados a sua possibilidade de comunicação (ver capítulo 1).

Numerosas investigações detalhadas sobre os desenvolvimentos tecnológicos – nos séculos XIX e XX – demonstram que o descobrimento de formas que definitivamente se impõe, de nenhuma maneira obedece a uma lógica de melhoramento imanente à técnica, mas só podem explicar-se pela velocidade de resposta do campo social, para o aproveitamento e utilização da técnica, o qual significa por sua vez que a técnica de nenhuma maneira domina a sociedade como poder anônimo, mas se envolve com ela, a sociedade mesma se faz dependente da técnica de maneira não planejada racionalmente (LUHMANN, 2007, p. 413).

Deste modo, não se elimina do horizonte da análise da técnica como fenômeno a questão que os estudos sociais da ciência e tecnologia tem se colocado. No entanto, é necessário para esta tese, que se situe as discussões tratadas, geralmente em um nível micro, em um nível mais abstrato de macro-teorização, tentando entender a técnica como fenômeno evolutivo da comunicação societal<sup>68</sup>. Neste sentido, a técnica faz parte daquele repertório socialmente condicionado dos mecanismos que possibilitam a comunicação

---

<sup>68</sup> Luhmann (2007) fala de uma aquisição evolutiva, ou seja, aquisições sociais que se cristalizam no processo de evolução societal e que passa a incrementar as funções evolutivas variação, seleção e restabilização.

porque reduz eficientemente a complexidade do horizonte de ações possíveis: a técnica resolve o problema da dupla contingência. Neste sentido, a técnica é uma “simplificação que funciona” (LUHMANN, 2007, p. 414; LUHMANN, 1996b), que possibilita a continuação da comunicação sem recorrer a subterfúgios de qualquer ordem, como Deus, solidariedade ou perigo<sup>69</sup>. Obviamente estas dimensões fazem parte do entorno da técnica, de onde partem irritações de grupos de protestos, de cientistas e técnicos discordantes do consenso sobre o funcionamento, de religiosos para quem a natureza “ferida” é uma violação do sagrado, entre outros. Como mecanismo redutor de complexidade na comunicação, a técnica é a unidade da diferença funciona/ não funciona, e por isso, como todo código simbolicamente generalizado, vai acoplar comunicação à comunicação, de maneira mais provável.

A técnica é uma redução de complexidade com geração de complexidade societal para a qual se tem respondido com mais mecanismos técnicos, autoespecificando, deste modo, sua dinâmica. Como redutor de complexidade haverá sempre um excedente não reduzido pela tecnologia e, neste sentido, abre-se a possibilidade de falhas, tão tematizadas nas análises de risco e nos protestos, embora nem assim possam ser, de todo, neutralizadas<sup>70</sup>. O mundo não é passível de redução completa, de controle técnico total, já que será sempre mais complexo que o sistema – isto é a premissa das teorias do risco. A duplicação do código faz com que aquilo que funciona seja reproduzido, ao passo que tudo aquilo que não funciona fica retido como informação, inclusive para futuras comunicações. No entanto, da mesma forma como sucede com o conhecimento científico, o conhecimento tecnológico não produz uma relação mais próxima com o mundo, que continua sendo um espaço não-diferenciado e que só é diferenciável por meio da comunicação funciona/ não-funciona. Portanto, a comunicação tecnológica, a reprodução do funcionamento, cria um mundo próprio de preferências comunicativas que se diferencia no interior da sociedade, da mesma forma como os outros sistemas, e se reproduz baseando-se nestes processos diferenciáveis que fornecem as bases motivacionais do agir. A motivação da técnica é o funcionamento, todo o resto é descartado. A técnica, portanto, se nos apresenta também como sistema, com preferências e expectativas estruturais.

---

<sup>69</sup> Obviamente esta dimensão faz parte do entorno da técnica, de onde partem irritações de grupos de protestos, de cientistas e técnicos discordantes do consenso sobre o funcionamento, de religiosos para quem a natureza “ferida” é uma violação do sagrado, entre outros.

<sup>70</sup> Ver Douglas; Widawski (1981), para uma perspectiva culturalista do risco.

Da mesma forma que a ciência, o sistema tecnológico reproduz seu código em contexto em que o entorno expõe sua complexidade por meio de ruídos no processo de comunicação. A saída, mais uma vez, é utilizar mecanismos de seleção que o próprio sistema cria para dar conta desta complexidade não codificada e incorporar os ruídos na forma de informação e, de alguma forma, generaliza-los simbolicamente para assumir uma dimensão estrutural, como expectativa. As técnicas de engenharia genética, como a tecnologia *antisense*, capaz de tornar o RNA (ácido ribonucléico) inativo, são assim conquistas técnicas generalizadas que se reproduzem nos trabalhos em laboratório. Ao contrário do que possam parecer, estes ruídos no sistema técnico advém em maior parte de seu entorno científico, de modo que as novas teorias e verdades do sistema científico aparecem no sistema tecnológico como desafio para a técnica, e muitas vezes (na maioria delas) desafios intransponíveis. Deste modo, a ciência é fonte de irritação para a técnica, e seu avanço corriqueiramente tem desafiado os limites tecnológicos. Esta ligação deve ser entendida com o conceito de acoplamento estrutural: técnica e ciência disponibilizam sua complexidade uma à outra e evoluem de forma co-orientada.

Não se pode, porém, deixar de levar em conta que outros sistemas também irritam os contornos da técnica. Irritação quando incorporada ao sistema sempre é re-significada, o que leva de pronto a uma mudança na comunicação. No caso da técnica isto leva às tecnologias obsoletas e, principalmente, a uma nova prática tecnológica, tendo repercussão naquilo que Dosi (2006) chama de paradigma tecnológico (ver capítulo 3). Além do mais, o acoplamento com outros sistemas exige da comunicação técnica uma re-codificação que tenha significado para outros sistemas comunicativos e que possa ser comunicado como informação. Deste modo, na sociedade moderna, polissêmica, o funcionamento técnico convive com sua legalidade jurídica, seu apoio político, sua lucratividade econômica. A técnica não consegue se apresentar para outros sistemas como artefato que funciona: seu significado vai estar relacionado à autopoiesis de cada sistema social ao qual se acopla.

Isto vai ao encontro do que Pinch; Bijker (1987) chamaram atenção ao negar o determinismo tecnológico e afirmar a posição construtivista, concebendo a tecnologia como um artefato passível de re-significação em função de sua circulação por contextos significativos que diferem de seu *locus* de produção. Isto é, tais estudos chamarão de flexibilidade interpretativa (*interpretative flexibility*), o que se refere ao fato de que não é a natureza ou o mundo o fator determinante em um debate tecnológico, mas sim, processos sociais que participam da controvérsia. O fechamento do debate, da caixa-preta da

tecnologia, refere-se basicamente a dois mecanismos, o fechamento retórico (*rhetorical closure*) e o fechamento por redefinição do problema (*closure by redefinition the problem*). Fechamento para os autores quer dizer “estabilização de um artefato e o ‘desaparecimento’ do problema”, da controvérsia (PINCH; BJKER, 1987, p. 44). De forma sistêmica, o fechamento é a cristalização das expectativas que terão valor estrutural no futuro, que se apresentará como funcionamento na autopoiesis do sistema.

Quanto ao primeiro mecanismo, é necessário para se fechar a controvérsia que os grupos relevantes que participam do debate entendam como resolvido o problema, que reduza as possibilidades das expectativas diferenciadas. Subterfúgios retóricos, usados pelos técnicos, apresentam o artefato de forma não problemática para o entorno, “seguro para a saúde”, “eficiente no seu objetivo”, “melhor que o anterior”. Isto tem um efeito de fazer circular a tecnologia por mais “ambientes”, correspondendo às expectativas estruturais deles. O caso da liberação do uso de células-tronco embrionárias, para a pesquisa e terapia, gerou tanta controvérsia que entrou na pauta da pesquisa e do debate público, o uso das células adultas. Porém, além de se pronunciarem a favor das primeiras com discurso técnico (funcionam melhor) os engenheiros genéticos adentraram o espaço público com concepções a respeito da vida (em que fase do desenvolvimento fetal a vida iniciava), religiosas, entre outras. Isto demonstra o quanto ciência e tecnologia modernas necessitam, para se acoplarem a outros sistemas, saírem de seus próprios espaços comunicativos, foi este o caso do julgamento no Superior Tribunal Federal (STF). Ademais, estes espaços servem de caminhos intermediários para que a tecnologia adentre a sociedade como um todo, imprimindo seu código específico, como o legal do sistema do direito.

Quanto ao segundo mecanismo, a controvérsia é encerrada redefinindo o problema que antes estava no cerne de sua abertura, desta forma, deslocando o problema chave fonte de controvérsia e traduzindo-o para alguma qualidade de maior apelo. O caso dos organismos geneticamente modificados (OGM's) e toda a controvérsia científica gerada, ilustra bem este ponto, já que o problema inicial sobre sua segurança para a saúde humana vem sendo gradativamente deslocada e, em seu lugar, tem sido posto o seu significado para a resolução da fome no mundo.

Ambos os mecanismos de resolução de controvérsias podem ser entendidos no sentido de formas comunicativas construídas para a diminuição da complexidade das expectativas geradas, e para, deste modo, superar o estado da probabilidade de fracasso que

as controvérsias técnicas sempre manifestam. Para tanto, o processo de fechamento da controvérsia é fundamental, acrescido da consequente generalização simbólica das possibilidades de funcionamento selecionada.

O que se quer dizer com estas questões é que o artefato técnico não é um elemento estável semanticamente. Ele assume significados distintos em função de seu uso em contextos semânticos diferentes, nas organizações científicas, educativas, políticas, econômicas; na interação cotidiana e nos sistemas sociais, direito, economia, entre outros. O código funciona/ não funciona não tem primazia semântica, como qualquer código, que o faça circular sem sofrer traduções dos específicos contextos de uso. Desta forma, no fechamento de um artefato tecnológico, na medida em que envolve diversos sistemas, muito mais importante que o fazer funcionar, é generalizar o significado do funcionamento, de modo que este possa circular pelo maior número de contextos possíveis. E, generalizar significado envolve acordo, adaptação, poder, interesse e *expertise*. Em uma sociedade policêntrica, em se tratando da perda de autoridade de âmbitos específicos como a religião ou mesmo a ciência para encerrar controvérsias, “cientistas não podem falar com muita autoridade para o lado de fora de seu específico campo de especialização” (COLLINS; EVANS, 2007, p. 145). Neste sentido, para que a tecnologia ganhe a sociedade inteira (em termos ideais) ela não pode ser construída totalmente como um problema “técnico”, “preferências não científicas sempre estarão na decisão em maior ou menor grau” (COLLINS; EVANS, 2007, p. 145), sempre como perturbação.

## 2.8 A regra de duplicação: funcionamento e verdade

Nos tópicos anteriores tentou-se apresentar a verdade e o funcionamento como meios de comunicação, respectivamente do sistema científico e tecnológico. Neste sentido, são códigos de comunicação que se diferenciam no interior de seus sistemas correspondentes, não se podendo reduzir a existência de um ao outro. Assume-se que a relação entre eles é especificada pelo acoplamento estrutural entre técnica e ciência, manifesto, por exemplo, no método experimental que cada vez mais exige tecnologias para a confirmação da verdade. Este acoplamento cria um regime de produção caracterizado pela tecnologia cientificamente informada ou pela verdade tecnicamente estruturada. Ademais, este regime de produção vai estar diferenciado no interior da sociedade mais ampla, funcionalmente diferenciada (portanto vai-se diferenciar de outros sistemas

funcionais) e globalmente diferenciada (vai-se diferenciar, por exemplo, em sistema tecnocientífico central e periférico – ver capítulo 4). Com isto, é preciso atentar para o fato de cada sistema possuir uma dinâmica própria, mas que ao mesmo tempo esta dinâmica vai estar relacionada a outros níveis de reprodução sistêmica, como o econômico, político e jurídico.

Um exemplo desta diferenciação, da técnica e da ciência, pode ser observada nos momentos de crises paradigmáticas, técnica ou científica, como a da física no início do século passado, que não impediu que avanços tecnológicos se expandissem em larga escala. Isto é uma situação à primeira vista paradoxal, afinal, não há um *feedback* entre técnica e ciência? Nestes momentos é que surgem as possibilidades de discorrer sobre esta relação. Mesmo com retroalimentação constante das conquistas técnicas e científicas, há diferenças substanciais, e aqui referir-se-á a duas características, uma ligada à dimensão da verdade e do funcionamento como código dos sistemas e outra ligada à observação. Ressalta-se que tais diferenças são traçadas tendo como base teórica o conceito de sociedade como comunicação, portanto, a forma como a comunicação se estabiliza criando mecanismos reprodutivos diferenciados, como as teorias que guiam a observação e os códigos que direcionam a comunicação.

Collins; Pinch (1998) buscam compreender, da mesma forma, os limites da relação ciência e tecnologia em estudos de caso que apresentam as incertezas e certezas sobre a pesquisa científica e tecnológica. Os autores tratam da tecnologia como ciência aplicada e os problemas tecnológicos são problemas científicos em outros termos, porém esta diferença não está claramente indicada quando os testes funcionam ou são verdadeiros, as diferenças são mais marcantes quando as expectativas da tecnologia ou da ciência falham.

Quando a ciência não está certificada, a tecnologia é citada em sua defesa, e quando a tecnologia não está muito certificada, a ciência é chamada para o salvamento; a responsabilidade é jogada de um lado para o outro como uma proverbial batata quente. (...) tecnologia não é a garantia da ciência tanto quanto a ciência não é a garantia da tecnologia (COLLINS; PINCH, 1998, p. 04).

Pode-se verificar a diferença entre estas duas formas de conhecimento também no que toca a relação dos contextos de produção. Ali, a tecnologia aparece mais relacionada à sistemas como o político e econômico do que à ciência, embora isto seja uma questão de grau, já que ao serem atividades sociais, portanto localizadas dentro do sistema da

sociedade, estão sujeitas aos fluxos de interferências que o acoplamento entre sistemas na sociedade produz. E, neste sentido, o conhecimento científico e tecnológico se acerca de forças sociais, embora as traduzindo. Assim, “já que toda atividade humana tem lugar na sociedade, toda ciência e tecnologia têm a sociedade em seu centro” (COLLINS; PINCH, 1998, p. 05).

Quanto ao código de comunicação, ciência e tecnologia se diferenciam pela regra de duplicação no interior destes sistemas, enquanto na ciência a “verdade” faz reproduzir a teoria, na tecnologia o “funcionamento” faz com que se aceite a tecnologia. De modo que a teoria que informa o funcionamento da técnica sofre, portanto, uma tradução de codificação. A comunicação em tais sistemas se reproduz, como se disse acima, com códigos distintos. Não adianta uma teoria “funcionar”, já que para sua reprodução ela necessita ser “verdadeira”, pois assim opera seu sistema de comunicação. Da mesma forma não adianta uma tecnologia ser “verdadeira” se ela não “funcionar”. Que o “efeito placebo” funcione, ninguém tem dúvidas, mas poder-se-ia indagar a respeito de que “verdade” está implícita ali, já que quimicamente o código negativo é que se reproduz na ciência química, ou seja, a pílula é “não-verdade” para as comunicações químicas. O que ocorre é que o funcionamento de tal técnica é informado não por uma verdade química, mas psicológica. Neste sentido, a tecnologia pode adquirir significados diferenciados para cada disciplina, ou subsistema da ciência, já que cada subsistema codifica diferentemente de acordo com as teorias que são reproduzidas como verdadeiras no interior de seu campo. É neste sentido que os estudos na construção social da tecnologia admitem uma flexibilidade interpretativa, inclusive no interior do próprio sistema científico.

Quanto à observação interna destes sistemas, a questão a se investigar, aqui, é a identidade destes sistemas, a qual diferencia ciência e tecnologia. A questão que identifica, e ao mesmo tempo diferencia, é: o que prova que algo é verdadeiro ou que funciona? No caso da observação científica é o controle das observações de determinados paradigmas, consensuados, provisoriamente, como exposto por Thomas Kuhn (1995). A garantia da verdade é, além de provisória – já que depende de novos experimentos que podem sensibilizar observações já “acostumadas” a olhar daquela forma, paradigmática, o real –, sujeita a ruídos de toda ordem, desde políticos até religiosos. Dois casos exemplares são a medicina na China revolucionária e a biologia na União Soviética sob Joseph Stálin. A teoria biológica do russo Trofim Denisovich Lisenko ressuscitou o Lamarckismo no intuito de multiplicar a produção agrícola, conquistando Stálin, dotando Lisenko de notoriedade

mesmo nos círculos acadêmicos, tornando possível a reprodução da teoria. Outro exemplo diz respeito aos revolucionários chineses da década de 1950 que forçaram o retorno da medicina tradicional nos hospitais, com o intuito político de “desaburguesar” a “cultura comunista”. Ocorreu o mesmo, a verdade do saber tradicional foi reproduzida nas práticas médicas e nas pesquisas científicas.

Em relação à observação da técnica ocorre algo parecido, porém circunscrito agora à reprodução da tecnologia, à comunicação do código funciona/não-funciona. Este código permite as possibilidades mais extravagantes na imaginação, conquanto opere no lado positivo do código, que funcione. Isto abre uma senda na relação entre ciência e tecnologia. Afinal, conhecimentos tecnológicos originais podem se reproduzir indiscriminadamente, porém sua aplicabilidade fica restrita à comprovação de seu funcionamento. Deve-se, porém, estar ciente de que a verdade e o funcionamento são códigos de comunicação que dependem de processos socialmente reproduzidos, como poder, confiança, interesses, entre outros. Neste sentido, não apresentam uma natureza que seja alheia a sua existência social: a verdade e o funcionamento são códigos que conhecem algo que permanece desconhecido já que os sistemas operam de maneira cega frente ao entorno. O caso Lisenko teve ressonância política e científica, porém, tecnicamente foi um desastre, não funcionou. O processo de tradução inter-sistêmico falhou, possivelmente por ser mais fácil o consenso científico do que o técnico, o que pode ser observado na perenidade dos saberes técnicos, frente às teorias científicas.

Assim, técnica e ciência se retroalimentam – a verdade da teoria de Lisenko foi revista após seu ocaso técnico (após a morte de Stalin) – mas isso envolveu uma recodificação que operou internamente, seguindo os processos determinados por cada sistema, o que pode gerar uma relação circular com a verdade científica informando o funcionamento técnico e vice-versa. Mesmo após esta condição de simbiose, de retroalimentação contínua, sociologicamente, deve-se atentar para as especificidades de cada sistema. A expressão “tecnociência” é operacional para descrever alguns processos envolvidos na retroalimentação destes sistemas, mas pode também esconder outros. Atentar para especificidades é, também, possibilitar o argumento da ligação, especificar os códigos operativos diferenciados, é possibilitar a desnaturalização da verdade científica e do funcionamento técnico, tão generalizado na modernidade: afinal, se existe o lado negativo do código, toda teoria poder ser falsa, assim como toda conquista técnica pode falhar.

Por isso, seria mais consistente a concepção da existência de um acoplamento estrutural entre técnica e ciência, da forma expressa por Luhmann, na medida em que cada sistema de conhecimento disponibilizará sua complexidade e isto será incorporado ou não à cadeia de reprodução autopoiética, referente a cada um destes sistemas. Por mais que tal acoplamento, na sociedade moderna, seja evidente, tem-se que atentar que, enquanto sistemas de comunicação, ciência e técnica têm uma história comunicacional diferente e, em grande parte da existência de ambos, histórias alheias. Porém, dado o acoplamento, cada sistema irritará o outro, criando uma rede de perturbação recíproca com uma lógica evolucionária e dinâmica que tem levado a níveis mais elevados de complexidade. Ao mesmo tempo, esta complexidade parece hoje extrapolar o limite puramente técnico-científico, já que suas consequências se fazem notar no meio ambiente, na comunicação cotidiana, na moral, entre outros, irritando outros sistemas que passam também a participar deste regime de produção. Dentre eles, a política, o direito e a economia. No próximo capítulo (capítulo 3) se observará tal regime de perturbações recíprocas no âmbito organizacional de formação de sistemas, e se apresentará como este regime de perturbações entre organizações, tem implicado em alterações na ciência e tecnologia contemporânea.

## 2.9 Biologia: natureza e polissemia

Estas colocações vão estar relacionadas fundamentalmente à característica da construção do conhecimento biológico contemporâneo e sua concepção de vida eminentemente técnica. Pode-se pensar também, que é exatamente o imaginário moderno da natureza da biologia aquilo que vai estar estritamente relacionado à pesquisa biotecnológica e a todas as suas características. A biologia incorpora em seu traço característico, como ciência da natureza, aquilo que é mais sensível aos tópicos anteriores, ou seja, de um lado lida com as limitações humanas compreendendo seu corpo biológico e, de outro, se desenvolve como importante elemento definidor da experiência social com a vida. Assim, a biologia dá sentido a vida de uma maneira específica e, ao fazê-lo, cria técnicas que correspondem a este sentido. O sentido moderno da biologia é tributário das investigações cartesianas que lê a vida em termos fisicalistas e deterministas, cujo cerne semântico vai incidir nas práticas biotecnológicas contemporâneas.

Hoje em dia, se perguntarmos a um biólogo profissional o que é “a vida”, provavelmente nos responderá descrevendo a natureza das moléculas que se autoproduzem, das cadeias fosfáticas ricas em energia e o mecanismo de evolução darwiniana. Se lhe pressionarmos pode ser que esteja de acordo com o que se trata do nome que se tem dado a um peculiar estado da matéria existente na superfície intermediária entre o planeta e o espaço interplanetário (SMITH, 1977, p. 13).

Porém, outros projetos biológicos se desenvolveram historicamente e responderam à questão sobre o que é a vida de forma diferente da resposta acima. O projeto cartesiano é uma mudança semântica radical em relação ao projeto Aristotélico, organicista. O primeiro, corresponde exatamente às transformações da visão de mundo a que o ocidente passou, como sintetizado acima, a partir do período medieval tardio. Ele impulsionou as pesquisas no que se chama biologia moderna, ao separar radicalmente fenômenos mentais e físicos, facilitando o desenvolvimento posterior de uma visão do organismo em termos químico-físicos. Em decorrência disto, fala-se atualmente em reduzir todos os aspectos da vida a sua conformação física (RUSE, 1990), projeto não imune a críticas.

O pensamento biológico de Aristóteles compartilhava um aspecto típico do pensamento biológico antigo, a saber, a separação entre orgânico e inorgânico e a tentativa de explicar tudo a partir do orgânico, e não o contrário, como se verifica nas posturas biológicas mais modernas<sup>71</sup>. Portanto, deveria estar na manifestação biológica dos seres orgânicos a explicação para os fenômenos inorgânicos. As coisas naturais apresentam um princípio capaz de colocá-las em movimento e tal princípio conduz toda a substância a sua forma natural, ao seu lugar<sup>72</sup>. Ter-se-ia que fazer referência, aqui, ao conceito de movimento, em Aristóteles, porém, demandaria muito tempo, assim, basta que fique evidente que as “coisas naturais” seriam aquelas com capacidade de realizar mudanças a partir dos seis tipos de movimento: geração, destruição, incremento, diminuição, alteração, mudança de lugar (SMITH, 1977, p. 135). Estes movimentos, realizados pelas coisas naturais, produzem as mudanças que conformam todas as partes do vivente à execução de sua função e sua colocação no lugar natural. Isto é uma imagem da natureza como algo

---

<sup>71</sup> Aristóteles, como seus contemporâneos, não dispunha de instrumentos técnicos desenvolvidos para tecer observações mais apropriadas para a observação do fenômeno biológico, ficando, portanto suas conclusões restritas ao alcance das impressões brutas de seus sentidos.

<sup>72</sup> Aristóteles abandona exatamente o princípio atomista de Demócrito, e a concepção de matéria em movimento fortuito produzindo uma ordem sem *telos*, para pensar a ordem real em termos necessários, “a natureza não faz nada em vão” (SMITH, 1977, p. 112).

estritamente orgânico, em que cada parte é necessária para a realização do todo. Este todo orgânico, neste sentido, precisa que a alma (*psyché*) não é separada do corpo (*bíos*).

Com Descartes, o ocidente re-significa sua imagem da natureza ao criar uma antropologia dualista, cindindo a unidade do homem, presente na tradição cristã anterior - por exemplo, como unidade apartada de Deus, mas como parte de um todo orgânico e indivisível: a criação. Descartes funda o dualismo alma e corpo, distinguindo *res cogitans* e *res extensa*, apartando-os da influência recíproca, isolando a alma ao puro intelecto, “no *ego cogito* que, com seus raciocínios rigorosamente controlados, expressará todo o possível sentido do mundo, lido pelo homem de modo determinista e mecanicista” (GALIMBERTI, 2006, p, 150). O ocidente vai construir sua imagem da natureza em função de duas fontes de sentido, de um lado a fonte cristã, baseada em Platão e, de outra, a fonte cartesiana, que radicaliza a distinção entre alma e corpo. Esta radicalização expõe o corpo como exterioridade concebida pelo intelecto, pela ação do pensar, como representação. A *bíos* é apartada da *psyché* e localizada no domínio da *res extensa*, incluindo os animais e o homem, cuja dinâmica fica reduzida à uma única natureza, à matéria em movimento, como explicitada pela visão mecanicista da natureza (ABRANTES, 1998). Neste ponto específico, os fenômenos são determinados de fora, e já que assim o é, é possível controlar e reproduzir as causas dos fenômenos, explicitando as regularidades em leis matemáticas. Esta visão abriu o caminho da ciência experimental e o uso de tecnologias para o controle dos fenômenos. Neste sentido, a ideia de reprodução dos fenômenos, como mecanismo metodológico fundamental da ciência moderna, exigirá cada vez mais técnicas apropriadas.

A técnica em sua expressão moderna se torna horizonte último a partir do qual se desvelam todos os campos de experiência. Não mais a experiência que, reiterada, estabelece o procedimento técnico, mas a técnica como condição que decide o modo de se fazer experiência (GALIMBERTI, 2006, p. 381).

Esta concepção de natureza e produção da experiência científica por meio da técnica, tem na biologia seu ambiente mais fecundo de manifestação. A biologia foi um termo criado no século XIX, em 1802 pelo naturalista alemão Gottfried Treviranus, em um cenário de grande desenvolvimento da física e da química e, principalmente, em uma época impregnada de pressupostos metodológicos que tendiam a ver no método experimental da física, o caminho apropriado para o entendimento da natureza. Porém, a

distinção entre matéria inerte e matéria viva era uma controvérsia que tinha como consequência, para a nascente ciência, a necessidade de se localizar em uma única parte desta dicotomia: poderia a matéria viva ser reduzida às suas manifestações físico-químicas? Robert Hooke, por exemplo, admitia que a vida poderia ser executada por máquinas da natureza, Buffon acreditava na redução da vida a partículas vivas e François Bichat, argumentou que a vida era uma soma de propriedades que resistiam à dissolução (SMITH, 1977). Havia nestas assertivas um anti-reducionismo que corriqueiramente se repete na história da biologia, mas que até hoje não se pode considerar vitorioso. Tais concepções do vivente lutavam contra a dissolução do vivo ao inerte *pari passo* com a reprodução do paradigma de ciência moderna que via na natureza o funcionamento de um mecanismo isentado de forças divinas. A busca era então de um elemento que servisse de ponto arquimédico para caracterizar e definir a vida. Esta busca foi acompanhada da evolução dos mecanismos técnicos para observação e experiência, como o microscópico e a dissecação, “uma vez realizado este progresso técnico, o avanço foi rápido, e Schwann pôde publicar o livro que na atualidade consideramos como inaugurador da ‘teoria da célula’ em 1839” (SMITH, 1977, p. 283). O avanço técnico passa a incidir no conteúdo da biologia, rearrumando suas diferenciações internas e a maneira como se refere a vida.

O corpo deixa radicalmente de ser um todo orgânico e é reduzido a uma parte ínfima, a qual se manifesta em todos os fenômenos vivos, a saber, a célula. Estava aberta a porta da biologia molecular, porém teoricamente, já que os instrumentos para a prática nestes campos de pesquisa só serão encontrados no século XX, como a criação da técnica do DNA recombinante. A partir daí, ciência e tecnologia na criação e re-significação da vida estarão acoplados em um processo ininterrupto de perturbações recíprocas. A vida terá uma definição científica em função das potencialidades técnicas desenvolvidas.

Enquanto não se dispõe de um instrumento ou de uma técnica para controlar a situação, a imaginação humana trabalha em vão. Assim, pois, a data que convencionalmente se atribui a produção do primeiro microscópico acromático composto satisfatório, possui uma considerável significação na história da biologia. Esta data é 1827, porque neste ano Amici mostrou sua primeira lente de objetiva acromática e, a partir deste momento, começaram a desenvolver instrumentos satisfatórios pelos grandes laboratórios europeus de investigação (SMITH, 1997, p. 286).

A visão da natureza livre dos pressupostos mágicos, panteístas, animistas, entre outros, esboçadas no período de transição para a sociedade moderna, funcionalmente

diferenciada, generalizou-se simbolicamente com o avanço da ciência moderna e com a massificação do conjunto de conhecimentos cientificamente desenvolvidos. Ao mesmo tempo, ao se fechar operativamente, a ciência pôde reproduzir esta maneira de entender a *bíos* sem determinação desde fora, autopoieticamente, baseando-se em seus próprios pressupostos operativos e, fundamentalmente, no avanço técnico que cada vez mais potencializou os sentidos e finalmente permitiu radicalizar a intervenção e transformação da própria “matéria viva”. Isto conduzia a semântica da vida à sua transformação em semântica da máquina, o que faria por emergir imagens monstruosas da relação mente-corpo em figuras como o Frankenstein. Esta concepção da ciência vai ser desenvolvida no intercurso da definição do mecanismo básico de variação e evolução, Gregor Mendel e Charles Darwin respectivamente, e finalmente, somente no século XX, com a fixação do dogma central da biologia molecular, a saber, da definição da molécula de DNA como o “átomo” da biologia.

## 2.10 Biotecnologia como síntese: ciência e técnica

Em decorrência da natureza da técnica no que diz respeito à condição humana, como expressão da desassistência, da concepção do vivente como exterioridade mecânica da alma e da evolução dos instrumentos técnicos de controle e domínio dos sentidos e da manipulação da vida, a busca pela assistência se confunde com a evolução do aparato técnico e do controle da *bíos*. Pode-se pensar estas três dimensões de forma retro-alimentadas, formando um regime de produção chamado de biotecnologia moderna. A circularidade de perturbações historicamente condicionadas entre estas três dimensões – o corpo humano como sistema delimitado pelas possibilidades da vida, o sistema científico e sua concepção de vida mecânica e o sistema técnico e sua evolução – especificou em momentos históricos particulares a prática biotecnológica, ou seja, definindo saberes e instrumentos em relação com as concepções mais gerais sobre a vida.

No século XX este processo chega, pelo menos em termos de possibilidades, às técnicas que são a expressão emergente da relação entre a concepção da desassistência biológica com a ciência moderna, a saber, o DNA recombinante que tornou possível a engenharia genética moderna, associado à transferência e manipulação embrionária, a produção de anticorpos monoclonais, entre outras técnicas. Situa-se esta história recente da biotecnologia a conquistas técnicas anteriores, especificamente nas tecnologias que

transformaram possível a observação do ser vivo no nível celular, especificamente na história do microscópio (NEWELL-MCGLOUGHLIN; RE, 1998). Porém, deste modo, situar-se-ia a biotecnologia moderna ainda no nível da contemplação pura da vida. Como técnica de controle e transformação da vida, sua história é muito mais recente, e de fato deve ser situado no século XX com o desenvolvimento das técnicas de engenharia genética<sup>73</sup>, cuja experimentação adentra o nível molecular. Antes dessa possibilidade microscópica, a ideia, principalmente no século XIX, era de que a ciência era uma arma contra doenças<sup>74</sup>, principalmente após os trabalhos de Louis Pasteur na França, na década de 50, ao constatar que a fermentação é um fenômeno derivado de micróbios, abrindo a possibilidade posteriormente para tratar doenças com bactérias e outros micro-organismos. Ainda no século XIX os estudos em hereditariedade avançaram com os trabalhos do suíço Frederick Miescher, que em 1869 descobriu a molécula de DNA e com August Weissman que, em 1889, publicou o primeiro de uma série de *papers* que teorizava a respeito da base da hereditariedade, localizando-a no cromossomo.

Todos estes elementos contribuíram para o desenvolvimento da biologia molecular em maior ou menor grau, aprofundando os estudos genéticos em todos os âmbitos da vida e em todas as áreas da biologia. Como fenômeno subjacente estava também o parcelamento do ser vivo em unidades cada vez menores e, portanto, a necessidade de se fazer referência às leis químico-físicas para se explicar o fenômeno da matéria viva. Isso só foi possível, dentre outros fatores, graças a generalização simbólica cada vez maior do modelo cartesiano determinista e mecânico, que passa a conceber o fenômeno biológico como um agregado, como somatório de peças mais fundamentais. Concomitantemente, uma imagem teleológica da vida emerge com força nas descrições que explicitavam o “objetivo” e a “finalidade” das peças e dos mecanismos que compunham o ser vivo. As grandes obras de biologia do século passado enfocam o mecanicismo de forma incontroversa e advogam a favor da redução a causas últimas. Jacques Monod observa que a descrição da estrutura de uma proteína possibilitaria a explicação de sua origem e evolução, bem como a explicitação da função que lhe é própria; François Jacob atribui finalidade à organização do vivente, portanto, cabe descobrir seus materiais constitutivos;

---

<sup>73</sup> Antes delas já havia sido descoberto o DNA, pelo suíço Frederick Miescher, em 1869, porém aquela experiência em nada se assemelha à atual, em termos do acesso técnico à molécula.

<sup>74</sup> Em 1888, o cientista alemão E. de Freudenreich isolou um produto a partir de uma bactéria, o qual apresentava propriedades antibacteriais, porém somente na década de 20 do século XX, quando Fleming descobriu a penicilina e Jules Dubos isolou bactericidas produzidos por bactérias é que se pôde falar em aplicações práticas de antibióticos.

Edward Wilson, pai da sociobiologia, reduz o organismo aos seus genes e a finalidade dos mesmos para manter sua integridade. A finalidade da vida nestas concepções assume um viés radicalmente secularizado ao aderir a concepção cibernética de programa.

Michael Ruse (1990) sintetiza estas concepções ao se perguntar sobre a possibilidade de uma abordagem puramente físico-química para a biologia, em última instância, reduzir o fenômeno da vida ao inanimado. Em grande parte, ainda sobre o impacto da proposição da estrutura do DNA na década de 50 por Watson e Crick, discute primeiramente a possibilidade de reduzir a teoria<sup>75</sup> do gene mendeliano - ou seja, o gene como a unidade última da função celular - à teoria do DNA, esta molécula assumindo a unidade da função. Basicamente ficaria a cargo do DNA as instruções necessárias para a construção de um organismo, nele se inscreveria o programa que regula as funções bioquímicas, fisiológicas, anatômicas e comportamentais, inclusive, de todos os organismos vivos. Neste sentido, a natureza físico-química da molécula de DNA assume a ponta da pesquisa biológica e a possibilidade aventada há muito da redução da biologia à física e à química ganha mais força que nunca na biologia molecular. Assim, argumenta Ruse (1990, p. 260): “se se desenvolve uma completa teoria evolucionista físico-química, a explicação poderia, teoricamente, começar pressupondo somente a ordem no mundo inorgânico”.

A “semântica da redução” tem entrado no âmbito de, praticamente, todas as áreas da biologia, causando uma mudança sistêmica na semântica e na prática biológica<sup>76</sup>. Por exemplo, se fala muito atualmente, nas discussões referentes à evolução das espécies, em qual unidade é selecionada, discussão central desde Charles Darwin. Ou seja, que tipo de entidade sobrevive e qual desaparece? Há uma tendência a se considerar o gene, ou seja, a informação genética como resultado da seleção natural. Este argumento é sobremaneira encontrado em um polêmico livro da década de 70 do século passado, de um evolucionista britânico, Richard Dawkins, chamado “The selfish gene” (2006 [publicado em 1976]).

---

<sup>75</sup> A discussão sobre a redução teórica diz respeito a possibilidade de teorias subseqüentes serem comensuráveis, ou seja, comparáveis nos mesmos termos, considerando a mais antiga como um caso especial derivado das premissas mais gerais da nova teoria. Ver Kuhn, 2006.

<sup>76</sup> Tem-se que notar que a polêmica do século XIX entre a citologia – estudo microscópico da célula – e a bioquímica – estudo dos aspectos químicos da célula – foi basicamente encerrada no século XX quando cada uma destas disciplinas, estudando o âmbito celular, transformou-se respectivamente em biologia celular e biologia molecular, apresentando a semântica da redução em outro âmbito, na das construções disciplinares. A primeira auxiliada pelo microscópio eletrônico e a segunda pelas técnicas de eletroforese e cromatografia. Posteriormente a citologia, com o avanço cada vez maior do microscópio eletrônico, metamorfoseou-se, em perspectiva e linguagem, também em biologia molecular. Uma outra área biológica também foi impulsionada por estes estudos, especialmente os bioquímicos, e convergiu para o nível celular, qual seja, a genética clássica, que se tornou genética molecular (Wilson, 1981).

Dawkins atribui ao comportamento manifesto nas espécies um efeito em outro nível da necessidade genética pela autopreservação. Em suas próprias palavras “mais que focalizar no organismo individual, assume-se a perspectiva do ponto de vista da natureza do gene” (DAWKINS, 2006, p. XVI). Tudo isto se inscreve naquilo que é comumente ouvido como revolução genômica, que pode ser entendido, de certa maneira, como a mudança radical na semântica da biologia impulsionada pelas conquistas técnicas que aumentaram o controle humano sobre determinados processos biológicos. Isto vai incidir, para além dos limites da ciência, na concepção mais geral de natureza humana<sup>77</sup>. Revelador, neste sentido, foi a propaganda que os coordenadores do Projeto Genoma Humano (PGH)<sup>78</sup>, em especial James Watson, fizeram a respeito do objetivo da empreitada, o que estava em jogo, segundo eles, era “o que significa ser humano” (*apud* LEITE, 2007).

Isto é um grande passo para libertar as concepções de natureza de qualquer pressuposto mágico. Pode-se mencionar Max weber e afirmar que a “desmagnificação”, o “desencantamento” da ordem da vida, se dá exatamente no momento em que o que antes era totalidade orgânica divinizada torna-se um aglomerado de fenômenos físico-químicos inorgânicos. Assim, já que o mundo inorgânico fica desprovido de qualquer conotação moral<sup>79</sup>, as possibilidades manipulativas da biologia molecular moderna criam uma autojustificação que a liberta das amarras da tradição. É no nível da experiência do mundo microscópico que a ciência encontra uma forma de falar do humano, por exemplo, sem prestar contas às concepções cotidianas difundidas sobre a natureza humana. Neste sentido, a biologia moderna é um passo a mais para o processo já identificado no século XIX por Marx da “coisificação” das relações sociais.

A biologia, como ciência do gene, como a investigação da base físico-química da vida, foi a concepção que permitiu junto com a evolução técnica da investigação a configuração do moderno sistema biotecnológico. A genômica, como área privilegiada no atual estado da biologia, apresenta-se como um sistema tecnológico em expansão, ou melhor, como um subsistema de um grande sistema tecnológico que se assiste surgir sob a

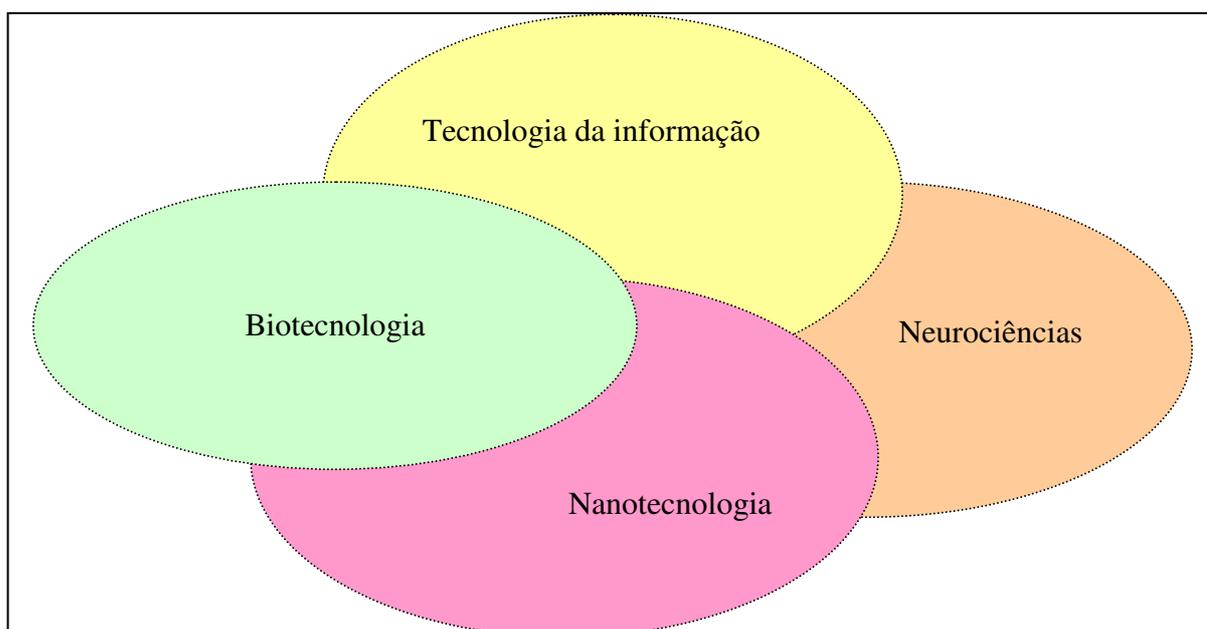
---

<sup>77</sup> É sintomático que o próprio Dawkins recentemente tenha entrado em uma cruzada contra as religiões (ver DAWKINS, 2007). Ora, esta ainda resiste à identificação da natureza humana com o gene ou a qualquer redução que não tenha a humanidade como a expressão última do criador. Os movimentos religiosos também têm participado ativamente do debate sobre os impactos da biotecnologia, e representam um perigo latente ao darwinismo, teoria ao qual se filia Dawkins.

<sup>78</sup> Consórcio público que reuniu pesquisadores de mais de 18 países desde 1990 para o mapeamento total da sequência do código genético humano. Em seus inícios contou com a ajuda de James Watson na busca por fundos no congresso americano, fenômeno típico da recodificação entre sistemas.

<sup>79</sup> Porém, a binaridade bom/mal, típica da comunicação moral, na biologia será resignificada com o outro código Artificial/ natural.

alcunha de tecnologias convergentes (NBIC – sigla para nano-bio-info-cogno, as áreas convergentes)<sup>80</sup>. Tal regime de produção de conhecimento tem por finalidade, a partir de pesquisas relacionadas à interação do sistema vivo e artificial, projetar mecanismos para o aprimoramento da capacidade cognitiva, comunicativa e física humanas. O regime engloba quatro áreas de pesquisa que estariam convergindo na direção da “construção do novo homem”, a biotecnologia – sendo a genômica a área chave –, a nanotecnologia, a tecnologia da informação – que se desenvolveu profundamente no bojo do projeto genoma –, e a neurociência (ciências cognitivas). A ideia que perpassa estes subsistemas acoplados é a de que os desenvolvimentos atuais nestas áreas, criam uma perspectiva emergente que torna possível uma interface entre cérebro e máquina. Por exemplo, na produção de *chips* adaptáveis ao tecido humano para informar sobre temperatura e pressão, dispositivos cerebrais para comunicação sem barreiras linguísticas e máquinas artificiais nano-estruturadas para combate de doenças.



**Ilustração 1** Tecnologias convergentes

**Fonte:** Elaboração do autor

Tal regime reproduz, mais que qualquer outro, a marca do viés tecnológico da ciência, e a maioria dos relatórios nacionais a respeito, referem-se à produtividade, fundamentalmente isso significa “que queremos seres humanos mais eficientes e

<sup>80</sup> Para aprofundamento ver Cavalheiro (2008).

produtivos”, como expressou em um colóquio o pesquisador da USP (Universidade de São Paulo) Esper Abrão Cavalheiro (*Apud* MARCOLIN, 2008). Entre estes relatórios, um que se tornou famoso, o da Fundação Nacional de Ciência (*Nacional Science Foundation - NSF*), financiado também pelo Departamento de Comércio (*Department of Commerce - DC*) dos Estados Unidos, expõe claramente os objetivos da convergência: aprimorar o desempenho humano pela integração de tecnologias (*improvement of human performance through integration of technologies*). “Aprimoramento” e “desempenho” devem ser entendidos no contexto do acoplamento destas áreas com a economia e a política, já que o NSF (2002, p. 03) é taxativo na listagem das possibilidades convergentes destas tecnologias:

- 1- Produtividade social, em termos do bem-estar e crescimento econômico;
- 2- Segurança em desastres naturais e gerados pelo homem;
- 3- Desempenho e comunicação individual e grupal;
- 4- Aprendizado para toda a vida, vida saudável e gratificante;
- 5- Desenvolvimento tecnológico coerente, integrado com as atividades humanas;
- 6- Evolução humana, individual e cultural.

Estas novas empreitadas genéticas, incentivadas pela convergência com as outras três áreas, foi possível, fundamentalmente, pela concentração da biologia na área de biologia molecular, transformando o paradigma de “vida orgânica”, e assumindo em seu lugar a ordem químico-física da molécula do DNA, mais maleável, manipulável, e por isso mesmo mais afeita aos liames da tecnologia moderna. Deste modo, a convergência é possível devido aos desenvolvimentos moleculares em termos de uma compreensão física das moléculas celulares, o que torna possível tratar átomos inorgânicos e moléculas orgânicas nos mesmos termos, como sintetiza o NSF (2002, p. 11), “Na nano-escala, átomos e moléculas simples se conectam em estruturas complexas como o DNA, o subsistema da célula viva, ou na próxima geração de componentes microeletrônicos”.

Todos estes projetos envolvendo o genoma ainda são apenas previsões, o que leva a crer que algo na ciência necessita de previsões, muitas vezes jamais realizadas, o que corresponde à necessidade de autolegitimidade e financiamento, pressões externas ao sistema, frutos da sociedade funcionalmente diferenciada. Neste sentido, a atualização constante de expectativas tecnológicas explícitas em expressões como “mais produtividade”, “mais saúde” e “mais segurança” parece ser recorrente na ciência contemporânea, e são expressões relacionadas a sua forma estruturada pelo código do

funcionamento, à sua função de aperfeiçoamento e inovação constante. No entanto, a expressão “revolução genômica” parece estar relacionada ainda somente a esta dimensão autolegitimadora da ciência moderna, seus impactos tecnológicos não se fazem notar e se está ainda muito longe da efetivação de um verdadeiro paradigma biotecnológico em geral, e genômico, em particular. Claro está que houve uma mudança, na pesquisa, no relacionamento indústria, universidades e Estado, nos padrões de financiamentos, na formação dos contratos multi-institucionais. Porém, os resultados destes esforços ainda não se traduzem em inovações tecnológicas, principalmente na indústria farmacêutica<sup>81</sup>, Como o atestam Nightingale e Martin:

O modelo de mudança tecnológica da “revolução biotecnológica” não é sustentado pela evidência empírica. Ao contrário, a biotecnologia tem seguido um padrão histórico estabilizado de difusão tecnológica lenta e incremental. Ao afirmar isso, nós não estamos ignorando que tem havido uma mudança substancial nas ciências biológicas e na organização de P & D dentro das indústrias. Isto está obviamente acontecendo, contudo, a tradução desta ciência em novas tecnologias é muito mais difícil, custoso e consome muito mais tempo do que acreditam muitos planejadores políticos (NIGHTINGALE; MARTIN, 2004, p. 564).

A questão que aqui importa é que a genômica já se apresenta como paradigma científico, a despeito de sua incidência tecnológica. Tem reconfigurado a semântica da ciência e mudado seu padrão comunicativo, abandonando a antiga semântica da verdade, pela semântica da tecnologia. De alguma forma, nas áreas em que a genômica já se configura como um novo padrão tecnológico, caso das ciências agrícolas, está mais claro o uso de códigos de comunicação antes não vinculados diretamente à ciência, e, neste caso em particular, a biotecnologia, como acoplamento semântico entre *bios* e *techyné*. Todas as expectativas geradas pela era genômica parecem incidir, fundamentalmente, em reconstruções internas do subsistema da biotecnologia, e para a manutenção de sua própria reprodução necessita cada vez mais da renovação destas expectativas, para reproduzir

---

<sup>81</sup> No caso das biotecnologias agrícolas, é possível ver, mais claramente, como elas satisfazem aos critérios de uma “revolução genômica”, já que existem desenvolvidas e comercializadas diversas variedades transgênicas, frutos das pesquisas em biologia molecular, como a soja Roundup Ready da Monsanto, o milho BT da Dupont e o algodão Liberty da Beyer, ao mesmo tempo em que a criação de novas variedades transgênicas tm sido incentivada pelos Estados e empresas, como é o caso da soja transgênica brasileira recentemente desenvolvida pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). No entanto, a avaliação de sua eficiência em relação a variedades “clássicas” ainda é sobremaneira discutida, entre os próprios biólogos.

principalmente o acoplamento estrutural com a economia, Estado e direito. Os NBIC são a nova fase deste mecanismo autolegitimador e surgem, exatamente, no momento em que as “promessas do genoma” não foram ainda cumpridas. Como afirma Leite, citando Van Regenmortel (2006, p. 66), “a razão mais fundamental desses fracassos se encontra num excesso de confiança no poder explicativo de genes isolados”. Pode-se acrescentar que, sociologicamente, o fracasso é uma profecia não cumprida, embora os esforços para cumpri-la tiveram efeitos econômicos, jurídicos e científicos. Profetizar é um mecanismo intrínseco para a reprodução do sistema biotecnológico moderno.

## CAPÍTULO 3

### A organização da ciência e tecnologia modernas

*O que temos comprovado, em geral, acerca dos ordenamentos temporalmente limitados tem validade particular no que se refere aos projetos. A forma temporal de um projeto invade todos os âmbitos da investigação, todas as disciplinas do sistema da ciência, convertendo a investigação científica, em um grau anteriormente desconhecido, em algo dependente da organização.*

Niklas Luhmann (1996a, p. 244)

No capítulo anterior pode-se compreender o processo de sistematização da ciência no interior de uma sociedade que evoluía de uma sociedade estratificada para uma sociedade funcionalmente diferenciada. Neste processo viu-se o surgimento do código verdade/ não-verdade como estruturador das comunicações científicas e sua mudança semântica em função da importância que a técnica experimental passa a adquirir nos empreendimentos científicos: agora, a verdade teria seu conteúdo vinculado às conquistas técnicas, ao funcionamento da tecnologia. A biologia moderna é fruto deste processo e as possibilidades de manipulação da vida são liberadas de concepções mágicas por meio da transformação do significado da vida. Neste sentido, deve-se falar de verdade eficaz, verdade que funciona, como código do subsistema biológico.

Este capítulo busca avançar com tais investigações, porém agora em um outro nível de formação sistêmico, que é a organização. Além de ciência sistematizada em torno de um código específico, a ciência moderna será organizada em torno de decisões organizacionais, o que trará consequências para o sistema como um todo, e para a sua própria reprodução, quer dizer, para a produção do conhecimento. No plano dos acoplamentos estruturais entre sistemas, as organizações aparecem disponibilizando sua complexidade em forma de decisões, produzindo arranjos institucionais emergentes e estruturando um determinado regime de produção historicamente condicionado pela ciclicidade das perturbações, entre estes sistemas organizacionais. Firmas de biotecnologia, Ministério de Ciência e Tecnologia, agências de vigilância sanitária e comissões técnicas

de biotecnologia, universidades e departamentos de pesquisa, incubadoras de empresa, todas estas organizações, em sistemas distintos, vão se acoplar em um complexo de perturbações cíclicas, produzindo uma ordem coevolutiva. Esta ordem é o resultado, em cada sistema, das perturbações em um determinado período de tempo: Política de biotecnologia, Lei de biossegurança, firmas de biotecnologia, linhas de pesquisa. Compreender a organização da sociedade e do sistema da ciência, e os arranjos que emergem entre sistemas sociais no regime de produção do conhecimento, é o objetivo do capítulo.

Com base nesta ordem coevolutiva, as decisões externas têm adquirido um peso relativamente maior na percepção científica e influído nas decisões internas, contribuindo fundamentalmente para a mudança do código primário do sistema. Os financiamentos econômicos, as políticas de ciência e tecnologia (C & T) e as legislações de biossegurança têm emergido como nunca na lógica reprodutiva, por meio de decisões, das organizações científicas, levando-as a novas expectativas decisionais como “aplicar conhecimento” e “inovar”. E recentemente isto é mais claramente observado na biotecnologia moderna, em função das características sociais, econômicas e morais de seus impactos tecnológicos. A organização é mais uma característica do sistema biotecnológico moderno e, neste sentido, pode-se observar que as decisões científicas, perturbadas por decisões econômicas e políticas, têm engendrado uma lógica reprodutiva baseada em novas técnicas e tecnologias relativas à vida. Deste modo, servindo de perturbação também para a égide da verdade tecnológica, do funcionamento.

Ademais, o capítulo discutirá as consequências da organização da sociedade e da ciência para o critério de inclusão/exclusão de membros, relacionando tal critério à exigência de novas *expertises* e à definição da autoridade cognitiva no sistema científico. Finalmente, discutir-se-á a relação ciência e sociedade, na sociedade funcionalmente diferenciada, focalizando na construção do risco moderno, e as consequências dessa construção no que tange à biossegurança de organismos vivos.

### 3.1 Diferenciação ciência/ sociedade na Inglaterra do século XVII

Pode-se ver nos tópicos anteriores que a forma como cada época produziu conhecimento se apresenta diferenciada no tempo e no espaço, principalmente no que diz respeito à produção em contextos sociais variados. Assim, ao comparar os três séculos do

“primeiro Renascimento europeu” (GANDILLAC, 1995), com o “nascimento da ciência na Inglaterra do século XVII” (MERTON, 1985) e com a “tecnociência” (LATOURE, 2001) contemporânea, vê-se que muita coisa mudou em termos de organização da pesquisa, publicações, controles externos, controle por pares, financiamentos, relação com o estado, inclusão/exclusão de membros. Atualmente, há um relativo consenso na sociologia de que a produção do conhecimento científico, em fins do último século, passou por transformações inéditas. Parece que não há dúvidas quanto ao fato de se estar no limiar de formas diferentes de pesquisa científica. De maneira geral, estas formas se referem às transformações sociais que ocorrem há cerca de 400 anos e vem se configurando como aquilo que Parsons, valendo-se de Weber, chamou de “tipo moderno de sociedade” (PARSONS, 1974). A tese de Parsons e de Weber argumenta pela singularidade do sistema social ocidental que desenvolveu formas sem iguais pela combinação de esferas sociais tais como as belas artes, os sistemas racionais de direito, a administração burocrática, o estado moderno, o “capitalismo burguês racional” e, não menos importante, uma esfera cuja função de buscar o conhecimento verdadeiro, passa a fazer uso do método experimental: a ciência ocidental.

Observando estas esferas, ou sistemas sociais, pode-se interpretar todas as transformações ocorridas na forma de produção de conhecimento científico como decorrentes de um arranjo complexo entre elas, um arranjo que não se produz de forma unilateral, mas em um processo de retroalimentação (*feedback*) recíproco, que conduz a transformações mútuas pela formação de regimes de produção de conhecimento e tecnologia específicos. O *tour-de-force* mertoniano, seu estudo da ciência inglesa do século XVII, baseia-se precisamente nesta observação e afirma, para além da unicausalidade, a interdependência da ciência e outras esferas institucionais da Inglaterra daquele período<sup>82</sup> (MERTON, 1985, p. 247).

Zilsel (2000), da mesma forma, refere-se ao nascimento da ciência moderna como uma conjunção de esferas diferentes e formas de organização da sociedade europeia inéditas. Não sem razão, refere-se ao período de transição feudal como uma época de profundas transformações que, de um modo ou de outro, propiciaram o aparecimento da ciência experimental. Porém, a forma de organização da sociedade, até que esta forma de produção de conhecimento emergisse, separava acadêmicos (*Scholars*), humanistas e

---

<sup>82</sup> Parsons (1974, p. 88) refere-se a este trabalho de Merton acentuando a importância do aspecto cultural secular da Inglaterra do período para o desenvolvimento da cultura cognitiva e racional da filosofia e da ciência.

artesãos, cada qual fazendo uso de um conjunto próprio de instrumentos investigativos, do século XIV ao XVI. Foi só mediante um processo de aproximação – o qual aconteceu no intercurso da mudança estrutural de uma forma estratificada de organização da sociedade para uma forma funcionalmente diferenciada – entre métodos e técnicas de produção do conhecimento específico dos estratos acima, que algo novo pôde se constituir com um conjunto de significados específicos, a saber, a forma que se conhece como ciência moderna.

Nesta forma emergente de investigação – a ciência moderna – aparecem variadas atividades intelectuais que eram praticadas no tardio medievo. Os acadêmicos eram treinados no racionalismo escolástico, que diferia daquele praticado na economia monetária; os humanistas eram capacitados para a tarefa da administração pública, recebendo treinamento de línguas, cálculo de finanças e política, “ainda que o humanismo procedesse racionalmente, seus métodos diferiam tanto do escolástico quanto da racionalidade científica moderna” (ZILSEL, 2000, p. 939); aos artesãos cabia a invenção e foram pioneiros nas observações empíricas, experimentação e pesquisa causal. Ambos compreendiam esferas diferenciadas, pode-se dizer, estratos de classes diversas hierarquizadas, e com o surgimento de uma sociedade diferenciada funcionalmente, heterárquica, a ciência passa a compreender estes métodos e técnicas.

Esta articulação apresenta-se de forma bastante evidente na “nova Atlântida” de Francis Bacon (publicado em 1627), ali já se podia verificar uma semântica diferenciada da forma de conhecer anterior. Nela estava escrito o controle técnico da natureza através do empreendimento científico, que envolvia observação e experimentos controlados. É um documento, de um nobre universitário, afeito aos métodos experimentais da ciência moderna, e que capta, de forma inédita, as potencialidades desta nova forma de conhecer. Esta forma de produção de conhecimento está exposta na interação entre Robert Boyle e seu técnico Papin, a quem Boyle reconheceu grande parte de suas conclusões científicas, como indicado no capítulo anterior. Assim, “a ascensão dos métodos dos trabalhadores manuais para a posição dos *Scholars*, treinados academicamente no fim do século XVI, é o evento decisivo para a gênese da ciência” (ZILSEL, 2000, p. 945).

Concomitantemente, uma nova forma de organização da pesquisa emergia, para fazer valer a potencialidade técnica que esta nova possibilidade cognitiva aventava. Esta forma contemplava aspectos inéditos, mesmo que ainda incipientes, de trabalho – agora coletivo –, de método – experimental – e de financiamento – um leque variado, mas,

resumido basicamente ao mecenato. E seu *locus*, dada a proto-profissionalização da esfera, baseou-se em laboratórios instalados em castelos de nobres afeitos a patrocínios e à pesquisa, e às academias científicas, difundidas a partir da Itália, estas, uma forma superior de organização (BAIARDI, 1996, p. 86). Estas se desenvolveram a partir de círculos intelectuais humanistas no Século XV e ambicionavam o distanciamento em relação à forma da organização das universidades medievais. As academias estiveram tuteladas por banqueiros e ricos comerciantes que, junto com intelectuais insatisfeitos com o conhecimento vigente, tornaram possível a investigação sem interferência corporativa, já que não dependiam de benefícios eclesiásticos (BEN-DAVID, 1974, p. 89). Marco desta fase de organização da pesquisa foi a *Accademia dei Lincei*, em Roma, cujos membros, meio século mais tarde, fundariam outro marco na organização da pesquisa, a *Accademia dei Cimento*, em Florença, dado seu êxito na condução da pesquisa experimental e pelo trabalho em equipe (BAIARDI, 1996, p. 91).

As conquistas para o conhecimento legadas por este período histórico têm como mais importante paralelo a forma que a organização da pesquisa alcançou, senão de forma acabada, pelo menos como uma indicação de que a ordem social emergente estruturava uma ordem institucional, científica, nova. O acoplamento estrutural entre sociedade e organização científica manifestou-se, principalmente, na perda de liderança da ciência italiana para as academias francesas e inglesas: “Faltava sobretudo [à Itália] uma força histórica que estava surgindo nas sociedades inglesa e francesa, e que induziu as monarquias daqueles países a sustentar a nova ciência” (BAIARDI, 1996, p. 97). Esta “força histórica” não tem uma ponta de lança específica, mas se conjuram para sua concretização fatores de ordens diversas como a expansão do comércio inglês com a contribuição de sua matemática e astronomia<sup>83</sup>, uma pluralização cultural e de interesse na sociedade, a condição religiosa protestante, que não possuía uma autoridade religiosa universalmente constituída, o que propiciava um campo hermenêutico individual apartado da autoridade clerical<sup>84</sup>. Assim,

---

<sup>83</sup> Destacam-se na ciência inglesa matemáticos como Recorde, Biggs e Dee, este último conselheiro de grandes expedições, e astrônomos como Digges. Todos eles foram fundamentais para as navegações de colonização do novo mundo (BEN-DAVID, 1974, p. 98).

<sup>84</sup> A execução de Bruno e a condenação de Galileu é uma situação exemplar da relação entre estratificação e ciência. Os fatos ilustram a relação vertical de autoridade, típica de uma sociedade estratificada. Embora exemplos como estes ocorressem posteriormente, o fechamento operacional da ciência, processo levado a cabo em uma sociedade diferenciada por funções, lega a autoridade aos pares, a verdade passa a depender da dinâmica interna do próprio sistema.

A ideia de que a ciência e a tecnologia (as “artes práticas”) poderia ser um melhor modo de educação e uma cultura intelectual e moral mais aperfeiçoada era coerente com os interesses e as interpretações das classes médias mais móveis. (...) o protestantismo apresentava a legitimação de uma nova visão utópica do mundo em que a ciência, o experimento e a experiência interior deveriam formar o núcleo de uma nova cultura, ainda que a relação lógica entre as três pudesse ser construída de maneira equívoca (BEN-DAVID, 1974, p. 102).

Todos estes fatores cobravam força na institucionalização da ciência inglesa no século XVII, organizada em torno de academias e universidades autônomas, na definição de métodos e na avaliação do conhecimento, portanto, fechada por seus processos característicos. Este fechamento manifesta-se, pelo menos enquanto imagem latente, na narrativa da “nova Atlântida”, de Bacon, especificamente na figura da “Casa de Salomão” ou “Colégio dos Trabalhos de Seis Dias”, “um colégio instituído para a interpretação da natureza e produção de grandes e maravilhosas obras para o benefício do homem” (BACON, 1979, p. 235). Nesta alegoria o imaginário da autonomia da organização científica era por demais evidente. A ciência buscava se fechar de forma organizacional.

Contudo, o fechamento operacional não pressupõe uma existência incondicional, entendendo-se, por isso, uma existência sobre os outros sistemas sociais. O que se quer dizer é que a forma como a ciência se organiza na sociedade diferenciada por funções, pressupõe um sistema de *status* que lhe é próprio, métodos investigativos característicos, um cânone comunicativo peculiar e um conjunto de regras organizacionais, tudo isto deve sua reprodução ao próprio funcionamento do sistema. A dinâmica social impele uma série de condicionantes sobre a configuração desta dinâmica científica. Esta forma se modifica com a alteração da forma da sociedade, isto quer dizer que a gênese da moderna ciência se inicia em uma sociedade estratificada que condiciona seu desenvolvimento de modo hierárquico, mas a ciência, como se conhece atualmente, interage com outros sistemas funcionais, existentes em uma sociedade fragmentada por funções, tendo a ciência uma função resultante deste processo histórico que é o controle do código verdade/não-verdade (funciona/não funciona).

É, sob esta forma diferenciada funcionalmente da sociedade que a ciência se reproduz na contemporaneidade. Atualmente, uma série de estudos tem apresentado descrições da forma atual de produção de conhecimento científico e tecnológico, nas quais emergem, ainda que implicitamente, questões que aludem ao fechamento operacional da ciência e à constituição de uma sociedade heterárquica e complexa. São estas as

características mais proeminentes nos modelos propostos para se entender como a relação ciência e sociedade se reproduz atualmente, como se verá a frente. Com o intuito de captar as autodescrições da ciência mais atuais, observar-se-á, nos subcapítulos à frente, três modelos propostos, tendo como referência o âmbito da organização da sociedade, sua dinâmica baseada em decisões. Assume-se que estes modelos ressaltam a complexidade societal moderna e os mecanismos engendrados, internamente, pelos sistemas para dar conta da mesma. Observar a reflexividade da ciência, ou seja, a forma como a ciência se observa atualmente, é apresentar a forma fática sobre a qual se reproduz e cria contextos para a reprodução de sua função.

### 3.2 A ciência da organização da ciência: a produção do conhecimento científico.

A provisão temática disponível na sociedade, seu patrimônio conceitual, sua semântica, apresenta a forma como esta sociedade tem se orientado no intercuro de sua reprodução. A semântica autoconstruída pela sociedade, em seus mais diversos sistemas funcionais, revela macro-orientações que estruturam os significados dos fenômenos sociais e conseqüentemente as ações sociais. A sociologia, como subsistema da ciência e da sociedade, exibe como resultado de suas operações formas conceituais que dão significados a determinados fenômenos sociais. Neste sentido, pode-se dizer que a análise sociológica é uma autoanálise da sociedade na sociedade, pode-se dizer, é um âmbito diferenciado da reflexividade da sociedade. Por isso, há razões suficientes para se crer na importância alcançada pelo âmbito técnico-científico na reprodução da sociedade, já que a auto-análise da sociedade, por meio da sociologia, tem sublinhado a importância dos âmbitos técnico e científico na reprodução dos processos sociais.

Sob várias alcunhas parciais ligadas à ciência e à tecnologia, a construção semântica da sociedade tem expandido seu referencial autoexplicativo com o uso de expressões como “sociedade do risco” (BECK, 2002; DOUGLAS; WILDAVSKY, 1983), “sociedade do conhecimento” (MACIEL, 2001; KNORR-CETINA, 1999) e “capitalismo do conhecimento” (MAY, 2005). Estas descrições centralizam a descrição da sociedade contemporânea nos riscos científicos e tecnológicos e no conhecimento científico. Mesmo análises de outros sistemas dão importância ao conhecimento científico e tecnológico para a reprodução dos mesmos, como na expressão “economia do conhecimento” (POWELL;

SNELLMANN, 2004). A reflexividade da sociedade, conseqüentemente, leva à construção de modelos analíticos que buscam dar conta desta centralidade do conhecimento científico e tecnológico para a reprodução da sociedade, produzindo, em função da auto-observação, modelos para a construção de políticas públicas e atuação das firmas tecnológicas. Passa-se da fase do diagnóstico para a fase da terapia, ou seja, “produção de informação mediante informação ligada a um contexto, e por isso se dá de maneira nova; ademais é um processo de estímulo por impulso que muda os sistemas que lhe serve como meio e que reflete isto” (LUHMANN, 1996a, p. 458).

Shinn (2002) tem enfatizado a importância da ciência e da tecnologia, relacionando-a, principalmente à crise energética da década de 1970 e a desaceleração econômica seqüente. Com a crise instalada, coube aos governos e empresários propostas para superá-la e estas estiveram relacionadas, principalmente, à produção de conhecimento científico. Com isto, um novo conjunto de políticas científicas e tecnológicas, expectativas industriais e sociais e uma nova forma de produção do conhecimento científico, foi proposta nos mais variados âmbitos sociais. Os estudos dessa transformação foram importantes para a própria promoção da mudança, ao superar a fase de diagnose em direção à terapia propriamente dita. Dois desses estudos lograram um lugar de destaque na percepção de que uma transformação na produção do conhecimento estava se processando, a saber, a publicação de Michael Gibbons *et al.*, de 1994, “A nova produção do conhecimento”, conhecido como modo 2, e um conjunto de estudos fragmentados de Loet Leydesdorff e Henry Etzkowitz consagrado como “hélice tripla”, publicados, esporadicamente, a partir de 1995.

Questões epistemológicas divergentes emergem com contornos nítidos quando se averigua os dois modelos. Teoricamente, ambos não sistematizaram suficientemente suas perspectivas em torno de escolas definidas, não há uso de bibliografias canônicas no sentido estrito, ou seja, como macro-orientações investigativas. No máximo se pode dizer que a hélice tripla tem uma perspectiva neo-evolucionista evidente, com uso constante da teoria da autopoiesis de Maturana e Varela, bem como da perspectiva sistêmica de Niklas Luhmann. Outra questão importante diz respeito aos estudos empíricos dos dois modelos. Enquanto o modo 2, de Gibbons *et al.* (1994), se resumiu basicamente à argumentação pioneira de 1994, com algumas indicações empíricas no corpo do texto, e mais nada<sup>85</sup>, os

---

<sup>85</sup> Em 2001 Nowotny, Scott e Gibbons publicaram “Re-thinking Science”, um estudo ainda bem geral das transformações no modo de produção sem estudos empíricos sistemáticos.

estudos empíricos da hélice tripla apareceram em revistas importantes logo após as primeiras publicações de Leydesdorff e Etzkowitz, com destaque para a edição especial de 2000 de *Research Policy*, toda dedicada a estes estudos. Segundo Shinn (2002), estas diferenças, principalmente a incipiência de estudos empíricos no caso do modo 2, vão definir implicitamente as duas perspectivas: de forma normativa (o modo 2) e de forma analítica (hélice tripla).

O que importa é que tais perspectivas emergiram como descrições da relação ciência e sociedade, buscando captar aspectos inéditos da produção de conhecimento contemporânea. Deste modo, servem de informação para compreender, desde uma perspectiva de segunda ordem, como a ciência tem observado seus próprios processos e como a ciência se relaciona com a sociedade contemporânea, complexa e heterárquica. O outro modelo a ser discutido, na sequência do segundo (Tópico 3.2.3), diz respeito à proposta neo-schumpeteriana dos paradigmas tecnológicos, outra auto-observação da sociedade tendo como base agora a construção do sistema econômico através do impacto das transformações tecnológicas.

### 3.2.1 A produção de conhecimento em modo 2

De acordo com os autores de “A nova produção do conhecimento”, há um tempo vem se desenvolvendo um processo de mudança na produção de conhecimento na sociedade contemporânea. Isto quer dizer que a maneira mais familiar de fazer pesquisa, modo 1, está sendo substituída por um novo modo, mesmo que ainda difuso, sem contornos evidentes, a saber, o modo 2. Àquele correspondiam operações processadas no interior de limites disciplinares, com fronteiras claramente definidas, operando dentro dos limites acadêmicos e das descobertas científicas, ao passo que este se define dentro do contexto de sua aplicação, o que envolve uma dinâmica mais complexa de vertentes disciplinares díspares, refletindo uma estrutura transdisciplinar. No modo 1, a solução de problemas limita-se ao contexto da pesquisa básica e acadêmica e não necessariamente se aplicam os resultados, enquanto que no seguinte modo há pretensão de aplicação já na proposta, e isto envolve acomodação de interesses de vários atores, que não são somente aqueles que atuam no mercado. Isto faz a natureza deste conhecimento ser mais socialmente distribuída e de forma horizontal, o que quer dizer, “aumento da importância do foro híbrido – grupos constituídos através de relações de especialistas e não-

especialistas, como organizações não-governamentais (ONG'S) e empresários – na configuração do conhecimento” (GIBBONS *et al.*, 1994, p. 156).

Mesmo as ciências aplicadas no estilo do modo 1, como as engenharias, se defrontam com um contexto mais complexo quando são praticadas no modo 2, o que envolve a superação da mera incidência acadêmica, e o que exige responder, agora, à demandas de outras ordens. Groenewegen (2002, p. 479) aponta três fatores fundamentais para o entendimento desta mudança na pesquisa acadêmica, especificamente, o estabelecimento de relações mais densas entre organizações na produção do conhecimento científico: um fator que diz respeito ao avanço na instrumentalização da pesquisa e a concomitante necessidade de maiores financiamentos externos; outro fator diz respeito às novas políticas de ciência e tecnologia que criaram novas demandas, por exemplo, inovação e aplicação; e, finalmente, um último fator que diz respeito a rearranjos dos próprios cientistas na promoção científica de objetivos externos.

Este processo – solução de problemas e acomodação de interesse em função do fórum híbrido – vai demandar procedimentos articuladores de expectativas sistêmicas diferenciadas, relativos aos interesses instrumentais e aos objetivos. Neste sentido, o interesse científico fica articulado com interesses econômicos, por exemplo, tendo agora que se enquadrar nos limites que o projeto estipula: limites temporais, financeiros, legais. Ademais, emerge uma lógica entre organizações que necessita de tradução constante das expectativas díspares, já que estas operam fechadas. Decorrem, deste cenário, diferenciações organizacionais de várias ordens: de lugares potenciais onde se produz conhecimento (universidades, institutos, centros de pesquisa, agências governamentais, incubadoras, força-tarefa, consultorias, entre outros), articulação e diferenciação simultânea desses lugares através de várias formas de redes de comunicação (eletronicamente, organizativamente, socialmente), reconfigurando subcampos de pesquisa. “O modo 2 cria um novo ambiente no qual o conhecimento flui mais facilmente através de fronteiras disciplinares, recursos humanos mais móveis e organização de pesquisa mais flexível e aberta” (GIBBONS *et al.*, 1994, p.20).

Assim, o contexto da aplicação corresponde às várias expectativas e vários interesses e esta variedade quebra a característica hierárquica do modo 1. A relação transversal entre ciência e sociedade sucumbe à orientação horizontalizada da nova prática científica. Nesta complexidade de formas, o consenso é condicionado pelo próprio contexto da aplicação, ou seja, ele se dá conforme a interação de diferentes habilidades e

especialidades, em uma estrutura, como dito acima, transdisciplinar. O modo 2 então, ao incorporar uma série de perspectivas advindas de esferas diferentes e de distintas disciplinas recai em uma estrutura produtora de conhecimento mais responsável<sup>86</sup>. Presta-se contas não mais a restritas comunidades de pesquisadores, aos próprios pares, esta nova produção do conhecimento envolve um amplo espectro de interesses envolvidos, de firmas a laboratórios, de associação de consumidores a governos, das empresas às agências regulatórias, e, neste sentido, produz avaliações mais estritas e reflexivas de “boa pesquisa”.

Ao contrário do que se poderia esperar, trabalhar no contexto da aplicação aumenta a sensibilidade de cientistas e tecnólogos para as amplas implicações do que eles estão fazendo. (...) Isto é expresso parcialmente em termos da necessidade de maior controle social, mas significa também que os próprios envolvidos não podem funcionar efetivamente sem refletir – tentando operar a partir do ponto de – todos os atores envolvidos (GIBBONS *et al.*, 1994, p. 07).

Como resultado o controle de qualidade não é avaliado através do modelo tradicional de “revisão por pares”, este passa a se resumir a uma perspectiva dentro de um amplo espectro de atores envolvidos na avaliação, cada qual com seus critérios de julgamento<sup>87</sup>. Isto envolve um jogo com o futuro, já que no contexto de aplicação, as consequências futuras, em cada âmbito, são levadas em conta: “a solução, se encontrada, será competitiva no mercado?, qual será o custo efetivo?, será socialmente aceitável?” (GIBBONS *et al.*, 1994, p. 08). Resumidamente, argumentam os atores que o conhecimento científico, na atualidade, está emergindo no contexto de aplicação, sua institucionalização não é mais primariamente na universidade, envolve diferentes perspectivas de diferentes atores em uma dinâmica avaliativa e epistêmica não-hierárquica, assim, incorpora outros níveis avaliativos, o que tangencia níveis mais profundos de “boa ciência”. Estas mudanças correspondem exatamente à estrutura de uma sociedade não-hierárquica, em que há, em cada evento, a necessidade da reprodução de seus sistemas parciais, como a política, a ciência, o direito, entre outros. Na ciência, que se reproduz em uma tal sociedade, a produção do conhecimento perturba outros sistemas parciais do entorno que respondem com mais perturbação, criando vínculos estruturais cada vez mais

---

<sup>86</sup> A tradução de “accountability” enfrenta muitas dificuldades na língua portuguesa, mas seu sentido pode ser definido aqui como “responsável”, “monitorado”, no sentido de prestar contas.

<sup>87</sup> Sobre controle de qualidade ver Hemlin e Rasmussem, 2006; Fujigaki e Leydesdorff, 2000.

complexos, os regimes de produção de conhecimento. Como consequência destas perturbações cíclicas, têm-se mudanças no processo de observação do sistema científico e, portanto, mudanças na estrutura da ciência.

### 3.2.2 A produção de conhecimento em hélice tripla

Ainda que o cenário seja o mesmo, o modelo de hélice tripla de Leydesdorff e Etzkowitz assume premissas diferentes quanto à configuração da produção do conhecimento científico. Parte desta perspectiva advém de uma leitura de Leydesdorff da obra de Niklas Luhmann<sup>88</sup>, da qual assume a perspectiva sistêmica e evolucionista, o que faz com que o autor trate as instâncias produtoras de conhecimento do modo 2, caracterizadas acima segundo uma estratégia “não-diferenciadora” por Gibbons *et al.*, segundo uma orientação “neo-diferenciadora” (“neo-differentiation strategy”; SHINN, 2002, p. 605). Deve se notar que o caso da supracitada dificuldade teórica do modo 2, pode ser um sintoma da própria falência dos modelos teóricos tradicionais para dar conta de uma sociedade complexa; na inexistência destes, opta-se pelo “normativismo” característico do texto. Nota-se o contrário na perspectiva da hélice tripla. O cuidado teórico, advindo da orientação por uma teoria complexa da sociedade, ilustra o texto com uma riqueza argumentativa superior.

O modelo de hélice tripla aponta continuidades no papel que instituições participantes na produção de conhecimento cristalizaram historicamente. O foco da análise não é tanto o papel que elas desempenham, mas a relação entre, basicamente, três dessas instituições, a saber, a universidade, a indústria e o governo. No processo de estabelecimento da produção do conhecimento científico como uma esfera identificável, entre outras, pode-se perceber como estas três instituições foram fundamentais para a criação de formas cada vez mais complexas de conhecimento, tecnologia e inovação. Como se mostrou neste capítulo, a ciência moderna carrega em sua gênese três formas epistêmicas diferentes, quais sejam, acadêmicos, humanistas e artesãos. A articulação entre elas originou o método científico, bem como os processos subjacentes a este sistema, como o impulso à aplicabilidade ou os valores característicos. A modernidade rearranjou

---

<sup>88</sup> Leydesdorff publicou diversos estudos teóricos sobre Luhmann. Estes estudos já eram direcionados para as problemáticas ligadas à hélice tripla, como evolução, comunicação e acoplamento estrutural entre sistemas. Como exemplo ver Leydesdorff, 2000.

historicamente esta articulação, sendo a hélice tripla a forma emergente contemporânea da produção de conhecimento e inovação, a partir da articulação entre universidade, indústria e governo.

Pode-se pensar em três modelos a partir da relação institucional básica universidade-indústria-governo na formação de sistemas de inovação. (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000, p. 111) Uma hélice tripla 1, definida pelo abarcamento e direcionamento da relação com academia e indústria pelo Estado, verificada na União Soviética, no leste europeu e em alguns países da América Latina<sup>89</sup> - seria o caso brasileiro no governo militar; uma hélice tripla 2, de matriz político-institucional de *laissez-faire*, tipicamente americana, em que as três esferas estão separadas em funções definidas; e uma hélice tripla 3, com sobreposição entre esferas, cada uma assumindo o papel da outra, criando organizações híbridas nas interfaces, através de redes de comunicação. O que importa ressaltar é que a relevância de cada esfera é salvaguardada no processo, conservando papéis tradicionais, ao mesmo tempo em que, na dinâmica com os outros âmbitos, cria novas formas de produção de conhecimento, formas emergentes como incubadoras e laboratórios industriais, cuja dinâmica não pode ser reduzida à dinâmica de nenhuma das esferas envolvidas.

Etzkowitz (2003) resume as premissas da hélice tripla em proposições sintéticas, que, de uma forma ou de outra, apresentam o debate até ali. Os arranjos e redes entre as esferas institucionais da hélice tripla são as fontes da inovação atualmente. A inovação é um fenômeno mais amplo que envolve arranjos emergentes sobre as esferas isoladas. Mas, retroativamente, cada esfera muda seu processo operacional, mantendo a função específica - processo conhecido como estabilidade dinâmica na teoria dos sistemas<sup>90</sup> -, na medida em que aumenta a interação entre pesquisa acadêmica, avanço industrial e políticas governamentais de desenvolvimento econômico.

As inovações organizacionais emergem desse processamento em rede, tornando-se tão importantes quanto o patrimônio físico envolvido na pesquisa. Surgem incubadoras e parques tecnológicos com uma dinâmica inovadora capaz de promover intercâmbios de experiências, colaboração, e, até mesmo, formação de novas disciplinas. Neste sentido, a inovação não segue um modelo linear tradicional. Agora, através dessas redes comunicativas, o processo de produção do conhecimento é permanentemente assistido

---

<sup>89</sup> ver Morel, 1979b.

<sup>90</sup> ver Luhmann, 1996b.

pelos participantes, o que muda inclusive o controle de qualidade, os recursos implicados e a avaliação de resultados. Faz parte desta dinâmica, conseqüentemente, a “capitalização do conhecimento” concomitantemente à “cognitização do capital” (ETZKOWITZ, 2003, p. 297). Isto aponta para o fenômeno conhecido como “privatização da pesquisa”, como sugerem Mirowski e Van Horn (2005) para o caso da indústria farmacêutica pós-anos 80, com a criação do “Contract Research Organization” (CRO).

Novos mecanismos emergem para este propósito, como as incubadoras de riscos empresariais, e outros já existentes, ampliam seus mecanismos, como os sistemas de patentes e as regras sobre direito de propriedade<sup>91</sup>. As formas de capital se complexificam, e elas são intercambiáveis na mesma esfera e entre elas<sup>92</sup>. Nesta nova dinâmica estão imbricados capital financeiro, social, intelectual, e novas formas estão surgindo na medida em que emergem novos âmbitos de criação do conhecimento. A sociedade global intensifica o intercâmbio de informação e as colaborações globais emergem sem barreiras territoriais ou linguísticas, com acordos sobre patentes e propriedade intelectual decorrentes dos processos inovadores produzidos em conjunto. As estratégias de desenvolvimento de países e regiões passam a se basear na promoção de nichos de conhecimento e de desenvolvimento tecnológicos (ETZKOWITZ, 2003, p. 298). As universidades passam a funcionar como centros estratégicos na produção de desenvolvimento regional, atraindo empresas para perto com suporte governamental.

Mais recentemente, Etzkowitz (2005) tratou da “universidade empreendedora” ou “ciência empreendedora”, ou seja, do tipo de universidade que assume o papel de instituição inovadora, para além de seu papel de ensino ou pesquisa, o que chamou de “segunda revolução acadêmica”. Tal revolução ocorre em decorrência da evolução das instituições envolvidas em pesquisa e desenvolvimento em uma lógica de hélice tripla. Ele divide a formação da universidade empreendedora em três fases distintas, quais sejam, uma primeira caracterizada pela existência de grupos de pesquisa como *quasi*-firmas, cuja existência dá-se em um sistema de financiamento de pesquisas competitivas; a outra fase é caracterizada pela participação acadêmica na transferência de tecnologia para empresas, através de mecanismos intermediários para tal propósito; e finalmente, uma última fase, em que os acadêmicos se envolvem em atividades empreendedoras e formam, também, firmas.

---

<sup>91</sup> Ver Chesnay, 1996.

<sup>92</sup> Ver Bourdieu, 1983.

De algum modo, estas fases dizem respeito a um *continuum* entre grupos de pesquisa acadêmicos e firmas universitárias.

Decorre deste processo de produção de conhecimento uma mudança substancial no que diz respeito aos processos de inovação. Há um deslocamento do que se convencionou chamar de “fronteira sem fim” a partir do relatório Bush, ou seja, a imagem de uma ciência em que a pesquisa básica era traduzida em uso, em longo prazo, para uma “transição sem fim”, em que a pesquisa básica se liga à aplicada, através de uma série de processos intermediários, não necessariamente de forma linear (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000, p. 110). Isto muda drasticamente a auto-observação da ciência, da autonomia científica aos interesses externos, do direcionamento de recursos através do mecanismo de “revisão por pares”, mas também dos próprios valores internos, que, segundo Hess (1997) responderia, desta vez, por essa nova dinâmica da pesquisa: os valores e normas atuais estariam então emergindo nas interfaces de uma hélice tripla. Para Benner e Sandström (2000) estas mudanças nas normas, especificamente, nas normas de avaliação do mérito científico, estão relacionadas às mudanças nos mecanismos de financiamentos de pesquisas, que altera concomitantemente a estrutura de reconhecimento do mérito: agora o potencial comercial e a relevância social são fundamentais nas normas de avaliação. Deste modo, mais uma vez, há uma percepção de que o processo de produção do conhecimento científico na sociedade moderna contemporânea, convive com uma complexidade convertida sempre em irritações sistêmica no sistema científico, causando diferenciações internas e novas perturbações externas.

### 3.2.3 Para a crítica dos usos de “paradigma”

A importância da tecnologia, na sociedade moderna, repercute em diversos sistemas sociais e exige deles respostas que acabam repercutindo em seus próprios mecanismos reprodutores. Como se viu nos capítulos anteriores, o sistema científico é cada vez mais afetado por mudanças tecnológicas. O papel da mudança técnica no processo de desenvolvimento econômico, vem sendo também discutido há muito tempo no interior da teoria econômica, opondo aqueles teóricos vinculados a uma teoria neoclássica, que ressaltam a tendência ao equilíbrio dos mercados e o mecanismo de preços como os principais instrumentos da concorrência entre as empresas, àqueles de postura mais

heterodoxa, da tradição neo-schumpeteriana, evolucionistas, que destacam a inovação tecnológica como

principal determinante dos saltos de produtividade que vêm caracterizando o desenvolvimento do sistema econômico, e atribuem à ação das empresas privadas, em sua busca por lucro, a função de principal agente propulsor dessa inovação” (SICSÚ; ROSENTHAL, 2006, p. 10).

Estes últimos autores, questionaram a ortodoxia econômica que confiava às forças do mercado a determinação do progresso técnico, sua forma e natureza específica, e que se concentravam em torno de teorias do tipo “puxado-pela-demanda” (*demand-pull theories*) ou do tipo “pressionado-pela-tecnologia” (*technology-push theories*), que creditavam à autonomia relativa dos conhecimentos científicos e ao empreendedorismo da busca de aplicações práticas, as inovações na atividade produtiva. De certa forma, esta nova tradição argumenta que estas posturas radicalizadas em torno da oferta de tecnologia ou demanda do mercado são insatisfatórias e reducionistas para compreender os complexos mecanismos de *feedback*, que se verificam atualmente entre economia-ciência-tecnologia.

Não há, para os neo-evolucionistas, uma cadeia linear de transformação que parte da ciência em direção a sua aplicação, assim como não há um ciclo virtuoso da demanda de novas tecnologias pelo mercado e oferta pelas esferas tecnocientíficas; não há também o contrário, um ciclo da oferta da tecnologia e seu uso no mercado. Deste modo, é necessário diferenciar âmbitos sociais distintos para que o processo de mudança tecnológica seja satisfatoriamente descrito de uma forma coevolutiva (CORIAT; DOSI, 2002). Esta estratégia “diferenciacionista” não é nova na economia, pode-se observá-la no trabalho de Mansfield (1968) sobre mudança tecnológica. O autor traça uma diferença entre mudança técnica e tecnológica, relacionando a primeira à mudança no caráter do equipamento, produtos e organização que estão no momento sendo empregados, enquanto a segunda é uma mudança no conhecimento. Deste modo, “para uma mudança tecnológica ser usada, exige-se muito mais que a existência da informação”, já que ela depende do uso (MANSFIELD, 1968, p. 11). Ele diferencia também mudança técnica e avanço científico, relacionando ciência pura ao entendimento, e tecnologia ao uso.

Mudanças tecnológicas frequentemente ocorrem como resultado de invenções que não dependem de novos princípios científicos. Assim, de acordo com os historiadores, pouco uso prático foi feito do conhecimento científico até meados do século XIX, quando os métodos

de pesquisa foram primeiro usados de uma forma sistemática para desenvolver novos produtos no campo da química. As invenções que forneceram a base para a revolução industrial foram inventadas por homens práticos e baseadas na observação, arte e senso comum. (...) No presente, é ainda verdadeiro, que muitas mudanças na tecnologia não requerem novos princípios científicos (MANSFIELD, 1968, p. 11).

De fato, os historiadores têm ressaltado dinâmicas idiossincráticas relacionadas a âmbitos específicos, que de alguma forma ou de outra, participaram na construção de sistemas tecnológicos, como foi o caso no início da produção industrial na Europa. A indústria têxtil inglesa, indústria fundamental no avanço técnico da modernidade, exigia pouco conhecimento científico, tecnológico ou qualificação técnica, embora tais elementos já estivessem presentes por aquela época (HOBSBAWM, 2003). As razões para tanto são assinaladas ao analisar todo o contexto, relacionando as técnicas e tecnologias existentes ao seu ambiente de seleção e difusão.

Os primórdios da revolução industrial foram um tanto primitivos, tecnicamente, não porque não houvesse à disposição melhor ciência e tecnologia mais avançada, porque as pessoas não se interessavam por elas ou porque não pudessem ser persuadidas a usá-las. Ela foi simples, de modo geral, porque a aplicação de ideias e dispositivos simples, ideias muitas vezes conhecidas havia séculos, muitas vezes pouco dispendiosas, eram capazes de produzir resultados espetaculares (HOBSBAWM, 2003, p. 57).

As tentativas de explicação desta dinâmica entre avanço tecnológico, sua implementação e difusão no processo de evolução econômico e organizacional é o objetivo, então, da explicação evolucionária. Isto, como dito acima, porque o progresso técnico é uma dimensão fundamental a se considerar quando se analisa o desempenho recente de determinadas economias nacionais. Como afirma Dosi (2006, p. 17), “o relacionamento entre crescimento econômico e mudança, de um lado, e progresso técnico de outro é evidente, e um fato bem reconhecido no pensamento econômico”. Quais são então os elementos envolvidos na mudança tecnológica? Como a tecnologia participa do processo econômico e vice versa? Por que algumas tecnologias são selecionadas e outras abandonadas? Para estas perguntas, a teoria evolucionária formulou uma série de respostas que teve impacto na compreensão da natureza da ciência e da tecnologia, na política pública de C & T e na própria economia. O diagnóstico neo-evolucionista veio também a ocupar, como os outros modelos acima, uma importante dimensão na auto-observação de

outros sistemas sociais, principalmente, o político e econômico, e influenciou a auto-compreensão do sistema societal moderno.

Uma teoria evolucionária apresenta, como afirmam Dosi e Nelson (1994), uma perspectiva dinâmica e não-equilibrada do processo econômico. Neste sentido, ela insere o fator tempo na explicação de algum processo. Isto vai estar presente no conceito de rotinas tecnológicas – ou seja, a referência na organização da habilidade no nível individual – “modos de fazer coisas e modos de determinar o que deve ser feito” (VAN DEN BELT; RIP, 1989, p. 136). Ademais, as rotinas são as estruturas genéticas das organizações e, tal como os elementos genéticos da biologia<sup>93</sup>, sofrem indiretamente pressões ambientais, no caso da organização, no nível da competição entre firmas. Becker (2003), mais recentemente, apresentou algumas características das rotinas após 20 anos de uso conceitual: padronização, repetitivo/persistente, natureza coletiva, não-deliberativa/alto-atuante, depende do contexto, *embeddedness*/especificidade, *path dependence*, coordenação e controle, economiza em recursos cognitivos, reduz incerteza. Há o julgamento, pelo mercado, da rotina disponível, em termos de sua viabilidade, e também pelos elementos institucionais e governamentais envolvidos; nestes níveis operam os mecanismos de seleção de rotinas disponíveis. Deve-se acrescentar que esta dinâmica evolutiva apresentará um elemento mutante, ou seja, a inovação tecnológica – como gerador de mudança nas rotinas e na economia – que surge exatamente da existência de rotinas de busca no interior da firma.

Tecnologias alternativas são incorporadas pelas organizações, tipicamente firmas – cuja competitividade relativa (“fitness”) é mediada pelo seu padrão comportamental – por exemplo, suas regras decisórias concernentes a investimentos, pesquisa e desenvolvimento, preços, excedentes, diversificação, etc. (DOSI; NELSON, 1994, p. 156).

Neste sentido, esta abordagem assume uma perspectiva evolucionária próxima da teoria dos sistemas, observando o fenômeno econômico com a diferenciação sistema/ambiente, utilizando os elementos evolutivos seleção/variação/evolução, descrevendo o fenômeno de forma complexa e não linear, porém assumindo a dimensão organizacional dos sistemas sociais. Assim, o que está em evidência aqui são os padrões decisórios da unidade “firma”, seus critérios de busca e seleção presentes em suas rotinas e sua relação

---

<sup>93</sup> Embora ressalte o fundo darwinista em sua abordagem, há controvérsias à respeito de ser o modelo evolucionário proposto realmente darwinista. Para esta discussão ver Van Den Belt; Rip, 1989.

com um entorno econômico caracterizado pela concorrência com outras firmas. Neste ambiente evolucionário, a tecnologia adquire uma dimensão fundamental, especificamente, o ambiente tecnológico, descrito em termos das condições de oportunidade e apropriabilidade, condições que afetam mais decisivamente a dinâmica da inovação e do mercado (BRESCHI *et al.*, 2000).

### 3.2.3.1 Paradigmas tecnológicos e científicos; ciência e tecnologia: atualização do modelo linear?

O passo adiante é dado, então, para se entender o processo posterior a padronização de rotinas, e de como e o que deve ser feito no interior das firmas. Como consequência os evolucionários apresentam o conceito de paradigmas tecnológicos. Paradigma tecnológico é um conceito que recorre, obviamente, a seu conceito co-irmão derivado da epistemologia das ciências de Thomas Kuhn (1995). Enquanto este enfatizava a dinâmica de reprodução e dissolução de determinados paradigmas científicos na história da ciência, aquele busca exatamente definir a gênese e a dinâmica de determinado padrão de conhecimento tecnológico (DOSI, 2006)<sup>94</sup>. A ideia de paradigma em Kuhn pode ser definida como “uma parte exemplar do trabalho científico que cria uma tradição de pesquisa em alguma área especializada da atividade científica” (BLOOR, 1991, p. 57). Envolve fundamentalmente fornecer um guia para o método e experimentação, uma base concreta de procedimentos científicos que permite ademais um ponto de vista sobre a solução de quebra-cabeças importantes, tal é a forma a que a ciência se apresenta em seu processo “normal”, uma rotina convergente de pesquisa, consensual. Neste estágio do processo paradigmático, os conflitos são arrefecidos e a confiança naquele conjunto de regras práticas é reforçada em cada experimento. A crise sucede, exatamente, desta perda de confiança que advém de uma anomalia, uma falha paradigmática na resolução do quebra-cabeça. A comunidade, então, busca novos modelos, e isto representa um período de extrema competição, o qual Kuhn chama de ciência revolucionária, e que acabará com a aceitação do novo modelo paradigmático.

---

<sup>94</sup> Interessante notar que ambos, Kuhn e Dosi, pertencem, em relação a suas específicas áreas, a setores não ortodoxos de pensamento. Ambos compartilham de pressupostos “heréticos” no interior de seus campos paradigmáticos. Enquanto Kuhn se enveredou por uma disputa contra o *establishment* do positivismo lógico, Dosi se debruçou nas discussões neo-clássicas que concebe a tecnologia e a inovação como elementos exógenos ao modelo econômico.

Nota-se, acima, um modelo que envolve consenso e competição, normalidade e crise, desvio e regra. Dosi (2006) tentará adaptar estes elementos para explicar a dinâmica econômica, tendo no conceito de paradigma tecnológico, o elemento chave. Paradigmas tecnológicos são definidos como um padrão de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseado em princípios derivados das ciências naturais e em tecnologias materiais selecionadas (DOSI, 2006)<sup>95</sup>. Portanto, o que se destaca é a seleção, como operação própria da prática tecnológica, de seu processo e desenvolvimento. Neste sentido, quando há invenções físicas incorporadas, o empreendimento de desenvolvimento de tecnologia se resume às atividades de resolução de problemas, ou quebra-cabeça tecnológico, para usar um linguajar Kuhniano, cuja solução já se encontra selecionada no padrão tecnológico adotado. Em resumo, é uma determinada maneira de solucionar problemas em função do conhecimento e materiais conhecidos.

As analogias continuam na definição das trajetórias tecnológicas, que são relacionadas com o período, no modelo de Kuhn, denominado “ciência normal”, que é, no caso da tecnologia, o padrão normal, paradigmático, de resolução de problemas tecnológicos<sup>96</sup>. Este padrão já tem definido, devido à sua história, caminhos a evitar e outros a perseguir. Neste ponto reside a orientação para o processo de seleção de soluções, conhecimentos e materiais a se levar em conta. Portanto, existe um caminho conceitual circular evidente, do paradigma tecnológico à trajetória tecnológica, e vice versa. Ademais, sendo este processo de soluções dependente do caminho anterior seguido (*path-dependence*), tal processo cristaliza expectativas em relação às possibilidades factíveis, obscurecendo outras, limitando a racionalidade<sup>97</sup>. Assim, um paradigma tecnológico apresenta uma sistematicidade que relaciona cada elemento que o compõe, desde o conhecimento básico empregado até o padrão de seleção reproduzido.

---

<sup>95</sup> Dosi (2006) define tecnologia, da qual ressalta o aspecto, “concreto”, “prático” e “aplicável”, “como um conjunto de parte de conhecimento, diretamente ‘prático’ (relacionado a projetos e problemas concretos) e ‘teórico’ (porém aplicável, embora não necessariamente aplicável imediatamente), *Know-How*, métodos, procedimentos, experiência de sucesso e falha e também, claro, invenções físicas e equipamentos” (DOSI, 2006, p. 21-22).

<sup>96</sup> Barnes (1982, p. 10-11) define ciência normal como a chave do empreendimento científico, a maneira como o conhecimento é desenvolvido e acumulado no tempo, não é uma atividade inovativa, no sentido revolucionário, “é muito mais uma rotina relacionada a uma dada forma de vida, que emprega procedimentos padrões ao longo de trajetórias indicadas e que assume, como verdadeiro, o conhecimento existente.”

<sup>97</sup> A teoria dos sistemas desenvolve esta questão em um sentido lógico, referindo ao fato de que os sistemas sociais se baseiam em seus próprios elementos constituintes para observar, portanto o sistema é “cego” em relação a possibilidades de observação que estão fora de seus próprios processos constituintes.

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

Da mesma forma que ocorre com paradigmas científicos, os tecnológicos têm a sua gênese relacionada à seleção entre um número grande deles, competindo em determinado momento do tempo, cuja vitória representa um início de uma nova trajetória tecnológica e, portanto, de um novo patamar de desenvolvimento econômico. No entanto, tanto Dosi (2006) quanto Kuhn (1995) se perguntam, cada qual a sua maneira, quais os elementos que influenciam a seleção? Qual o processo que leva à substituição de um paradigma por outro? Kuhn, em relação aos paradigmas científicos, apresenta uma posição radical, sociológica pode-se dizer, ao fazer uso do termo “conversão” (KUHN, 1995, p. 184): “como conseguem (os precursores) e o que devem fazer para converter todos os membros de sua profissão à sua maneira de ver a ciência e o mundo?”. A pergunta não faria sentido se Kuhn aceitasse, tacitamente, a ideia verificacionista do empirismo lógico, a ideia da adequação da teoria às provas, o que não é o caso, já que na competição entre paradigmas, inclusive a veracidade das provas está em evidência, o que leva a uma total “incomensurabilidade” entre perspectivas paradigmáticas em disputa. Neste sentido, o argumento lógico-racional também não teria efeito na solução da querela. Persuasão, portanto, e conquista de adeptos é a resposta à mudança paradigmática, como defendida por Kuhn (1995, p. 198), “para que o paradigma possa triunfar é necessário que ele conquiste alguns adeptos iniciais”. Isto, de algum modo, estaria ligado, também, às primeiras versões da economia a respeito do empresário inovador e às consequências para a mudança econômica, desenvolvidas por J. Schumpeter. De alguma forma existe a similaridade nesta dinâmica inovadora entre as duas versões de paradigma, a despeito de a unidade analítica ser o indivíduo ou a firma. Dosi (2006, p. 23) apresenta uma hipótese afirmando que “ao longo da cadeia ciência-tecnologia-produção, as forças econômicas aliadas a fatores institucionais e sociais, operam como um mecanismo seletivo”. Deste

modo, haveria uma miríade de elementos em interação, cujo resultado levaria ao estabelecimento de um novo paradigma e de uma nova trajetória tecnológica.

Dentro de um amplo conjunto de possibilidades de direções do desenvolvimento, notadamente aprovado pela ciência, um primeiro nível de seleção (ao menos dentro da esmagadora maioria das atividades de pesquisa do setor empresarial) opera com questões mais gerais do tipo: “pode-se conceber alguma aplicação prática?”; “existiria alguma possibilidade dessa aplicação ser comercializável?”, etc. Do nível mais básico da *big science* à produção (caminho que é muito mais fácil de conceber como um *continuum*, ao contrário de um conjunto de passos estritamente definidos) a *determinatividade* da seleção aumenta: em uma ponta nós temos a atividade de resolver problemas definidos pelo paradigma científico *strictu sensu*, na outra, nós temos uma tecnologia porque é especificamente (economicamente) finalizada, as atividades visadas no “progresso técnico” tem ainda muitos procedimentos e aspectos similares à “ciência”, distintivamente a atividade de resolver problemas ao longo do percurso definido pela natureza do paradigma. O critério econômico, agindo como seletor, define cada vez mais precisamente o caminho atual seguido dentro de um conjunto muito maior de possibilidades (DOSI, 2006, p. 23).

Há, no entanto, um problema nesta abordagem, relacionado na citação anterior, que diz respeito à forma como Dosi trata a relação entre ciência e tecnologia. Sua perspectiva defende um *continuum* para a inovação e estabelecimento de um paradigma tecnológico, que tem como *locus* originário a ciência e segue até a tecnologia. Ou seja, tecnologias são baseadas em princípios “derivados das ciências naturais”. Tal passo, não está de acordo com a literatura corrente sobre a relação entre ciência e tecnologia, especificamente aquela relacionada às pesquisas na construção social da tecnologia (BIJKER *et al*, 1989) ou ainda ao modelo de Gibbons *et al*. (1994), sobre a nova construção do conhecimento. O que se enfatiza, mais contemporaneamente, é que o próprio conhecimento científico tem sido gerado em seu contexto de aplicação, portanto não há mais uma relação verticalizada entre estes dois âmbitos envolvidos na inovação tecnológica. O que parece é que Dosi reproduz o modelo linear de inovação de W. Bush. Barnes (1982), apresenta um modelo que sintetiza as críticas ao modelo linear e propõe uma forma nova de se observar o relacionamento entre ciência e tecnologia.

**Quadro 4** Concepções sobre o relacionamento entre ciência (C) e tecnologia (T)

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

Fonte: Barnes (1982).

O que o modelo de Barnes nos mostra, e que vai servir para orientar outros trabalhos que buscam entender o relacionamento contemporâneo entre ciência e tecnologia, é que tal relação não é mais hierárquica, não há um *locus* de onde a iniciativa tecnológica parta. Atualmente, a própria atividade de inovação tecnológica serve de substrato para si mesma e suas potencialidades não são mais restritas ao estado da ciência: elas se apresentam como resultado interativo do processo tecnocientífico horizontalizado, uma consequência no plano do sistema parcial da ciência e tecnologia da diferenciação funcional da sociedade moderna. Neste sentido, qualquer abordagem que busque um

“caminho natural para a inovação” simplificaria o processo, reproduzindo modelos hoje pouco analíticos. Como veremos a frente, esta “horizontalização” do processo de inovação tecnológica, tem como resultado a polissemia dos interesses vinculados à estabilização dos artefatos tecnológicos.

O modelo de Barnes (1982) é a crítica, hoje já intrínseca aos novos modelos que buscam dar conta da relação entre ciência (tecnologia)/sociedade, à concepção linear da inovação tecnológica, que o conceito de paradigma tecnológico reproduz. Deste modo, ciência e tecnologia, como nunca, se imbricam na definição das finalidades e avaliação do projeto tecnocientífico. Ao pressupor vários âmbitos distintos envolvidos na dinâmica de aceitação do paradigma, os critérios de seleção deveriam ser ampliados e relacionados às dinâmicas intrínsecas a cada um deles. Obviamente estes critérios não se baseiam na eficiência do resultado e nem somente em critérios econômicos. Isto, porém, de nenhuma maneira, invalida a proposição evolucionária de que a mudança tecnológica é um elemento de mutação da dinâmica econômica, a despeito da necessidade de uma melhor conceituação do processo tecnológico e de seu imbricamento com a esfera econômica. A questão principal, portanto, deveria ser como uma determinada tecnologia adentra e modifica dinâmicas específicas de esferas sociais distintas na sociedade, ou seja, como algumas inovações tecnológicas são reconhecidas e adotadas como exemplares de “boa” tecnologia. Neste sentido, algumas abordagens poderiam incrementar a abordagem evolucionária dando ênfase, fundamentalmente, na construção social da tecnologia.

### 3.2.3.2 A emergência da tecnologia em uma sociedade complexa e os interesses do sistema econômico.

O modelo apresentado na tabela acima teve muita influência no plano teórico, servindo de fundamento para uma nova perspectiva em relação ao lugar da ciência e da tecnologia no processo de inovação econômica e de mudança evolucionária, principalmente nos modelos da hélice tripla e modo 2. Em síntese estava a seguinte perspectiva:

Nós estamos muito menos propensos hoje a pensar em termos que subordinam a tecnologia à ciência e tem o primeiro estruturando as implicações do último. Ao contrário, nós reconhecemos ciência e tecnologia em paralelo. Os grupos de praticantes (*practitioners*) criativamente estendem e desenvolvem sua cultura existente, mas

também capturam e exploram parte da cultura do outro - cultura que tende a ser transferida predominantemente pela mobilidade pessoal. Tecnologia e ciência poderiam sobreviver como formas independentes de atividades institucionalizadas, mas elas estão de fato enredadas em um relacionamento simbiótico – fraco, interação mutuamente benéfica (...) (BARNES, 1982, p. 166).

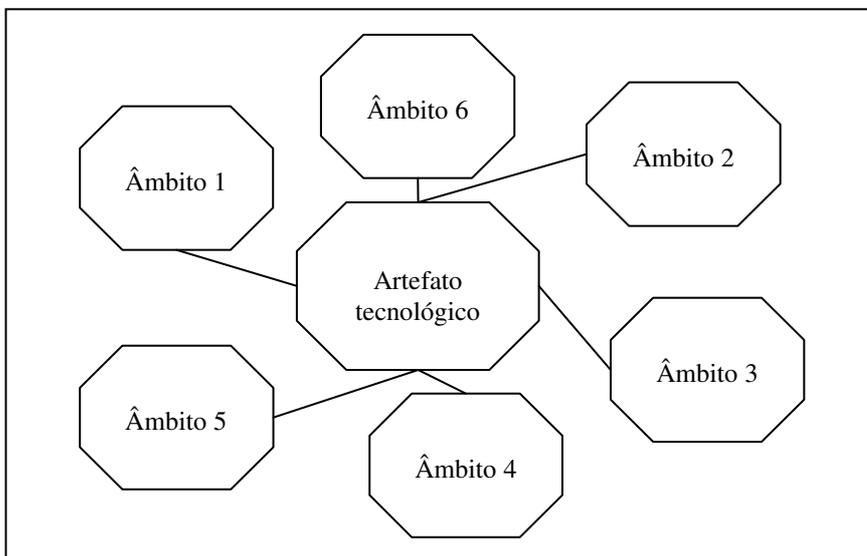
Ou seja, a questão a se investigar para se entender a relação entre ciência e tecnologia e depois a relação destes âmbitos com a economia, é a cultura que estes âmbitos reproduzem, quer dizer, as “atividades institucionalizadas” que respondem nestas dinâmicas pelos objetivos, estratégias e orientações, que, no caso das firmas, é o caminho seguido, em um determinado setor da economia, para estruturar seu conhecimento e seus critérios de busca e seleção. Assim, um determinado paradigma tecnológico não se apresenta da mesma forma em âmbitos distintos e nem os efeitos do paradigma no plano tecnocientífico é o mesmo no plano da dinâmica econômica<sup>98</sup>. Portanto, tem-se que especificar a dinâmica tecnológica, entendendo-a como idiossincrática em cada um destes âmbitos, inclusive para o econômico.

São por demais conhecidos alguns fenômenos da estabilização dos artefatos tecnológicos na história da tecnologia, e, geralmente, tratou-se a estabilização como um fenômeno condicionado pelo sucesso. Novamente, existiria uma cadeia processual linear que iria da pesquisa básica ao uso da tecnologia de forma relativamente estável, sem se levar em conta fenômenos de ordem econômica e social. Para se contrapor a este modelo, a sociologia tem apresentado o fenômeno tecnológico de maneira “multidirecional”. O que se assume aqui, em contraposição ao outro, é que não haveria somente uma direção para o fenômeno tecnológico, ou seja, haveria outras possibilidades de sucesso (PINCH; BIJKER, 1989, p. 28). Estas possibilidades são expressas com os conceitos de variação e seleção, como na economia evolucionária, e estes, por sua vez, são respaldados por uma concepção de tecnologia que leva em conta sua “flexibilidade interpretativa”, portanto, assumindo a contingência do processo de seleção e variação. A interpretação, por sua vez, é um processo vinculado à miríade de instituições, organizações e grupos que se engajam no processo de construção e agregação de tecnologia, ou seja, interpretá-la e incorporá-la, segundo os significados internamente compartilhados. Isto exclui a possibilidade de um significado extensivo da tecnologia, ou seja, que supere a barreira semântica que dá “autonomia interpretativa” a estes âmbitos sociais. Isto não exclui, no entanto, a existência

---

<sup>98</sup> Para uma crítica desta perspectiva, ver Pinch e Bijker (1989).

de âmbitos internos que difiram quanto à validade da interpretação assumida, o que corriqueiramente leva a “conflitos interpretativos” no interior dos mesmos<sup>99</sup>. Como segue :



**Ilustração 2** Interesses em torno das tecnologias

**Fonte:** Elaboração do autor a partir de PINCH e BIJKER (1989)

Estes conflitos são de extrema importância para a estabilização do artefato e do processo tecnológico. Eles estarão ligados à solução de problemas relacionados à tecnologia, mais que isto, estarão ligados à seleção de técnicas e métodos de pesquisa, no caso de departamentos de P & D, ao montante de investimentos, no caso das firmas, às possibilidades de danos ambientais, no caso dos grupos de protesto, à adequação jurídica no caso dos escritórios de patentes, e assim por diante, enquanto existirem grupos que circulem em torno de tal “problema tecnológico”. Muitas vezes, a solução (em termos evolucionários: a seleção) não é pela “eficiência”, pelo “legal”, pelo “seguro”, pelo “lucrativo”, mas vai corresponder ao desnível de poder entre os grupos no interior destes âmbitos. Esta maneira de conceber o processo de inovação tecnológica leva, portanto, em conta um número variado de interpretações em torno do problema tecnológico, e por isso, antes de utilizar na análise uma compreensão naturalizante da tecnologia, deve-se ter em conta que seu fechamento só foi possível em decorrência de um processo complexo de

---

<sup>99</sup> Vários são os exemplos empíricos, a votação da lei de Biossegurança (Lei 11.105, de 24 de março de 2005) no Brasil deixou patente ambientes de disputas em torno das novas biotecnologias, seja em ONG’S vinculadas ao tema, em empresas interessadas ou mesmo no âmbito da corte jurídica.

solução de problemas, que ademais envolve, inclusive, o âmbito moral da sociedade<sup>100</sup>. Isto faz com que se trate a inovação tecnológica como um fenômeno social emergente, que não pode ser reduzido a nenhuma das partes que participaram de seu fechamento, mas deve ser considerado em função de todas elas. Mais um vez, a inovação tecnológica deve ser tratada como um fenômeno da sociedade complexa, heterárquica, em que cada evento responde a uma série de expectativas sistêmicas distintas.

Indo além nesta concepção, é necessário então entender o processo de interpretação, já que a ele se vinculará o binômio variação/ seleção. Para isto, utilizar-se-á o conceito de arenas transcienceíficas. Tal conceito é uma proposição de Karin Knorr-Cetina e surge em função de seus estudos etnográficos em laboratório, buscando entender como um fato tecnológico é construído, ou seja, como se fecha a “caixa-preta da tecnologia”. Ademais, o conceito sugere, que muito mais que uma adoção “paradigmática” ou um “método para resolver problemas”, o artefato tecnológico sofre, em cada contexto diferente, uma reconstrução contextual, portanto, recorrentemente a heurística do paradigma é constantemente resignificada, enfim, existem em toda a trajetória tecnológica mudanças substanciais devido à “flexibilidade interpretativa” do paradigma. Nas palavras da autora:

Como consequência, dizer que as construções científicas se mostram como situadas em campos transcienceíficos não é sustentar que os interesses de cada parte envolvida simplesmente determinam – via relações de recursos – as seleções de laboratório. (...) Em nossa reinterpretação, isso significa que o grau de indeterminação – e com ele o grau de consistência das seleções de laboratório e as conexões transcienceíficas da investigação – é resultado dos esforços ativos de quem intervêm no tema (KNORR-CETINA, 2005, p. 222).

Esses esforços ativos que intervêm vão se concentrar não na essência da tecnologia, mas na forma como a tecnologia, como construção tecnocienceífica, se transforma em elemento na sua rede de significados. Sua forma, dir-se-ia, sua essência, portanto, é resignificada ativamente em sua trajetória tecnológica<sup>101</sup>. Neste sentido, não se trata de

---

<sup>100</sup> Como ficou óbvio na discussão sobre o uso de técnicas de DNA na definição de paternidade e no uso de células-tronco em pesquisa biomédica (ver ALLEBRANDT; MACEDO, 2007).

<sup>101</sup> Esta perspectiva vai ao encontro de todas aquelas que negam o determinismo tecnológico, ou seja, de que a tecnologia apresenta uma natureza essencial e imutável, respondendo pela razão instrumental e eficiência. Ao contrário, o que se assume aqui é que a tecnologia é negociável e permeável à configuração da sociedade (ver FEENBERG, 1999).

abandonar a hipótese evolucionária de que a inovação tecnológica é a principal fonte da mudança econômica, trata-se tão somente de evitar a naturalização do artefato tecnológico pronto, acabado, e fornecer uma nova base para se entender um aspecto da tecnologia que diz respeito ao seu *significado* para grupos interessados. As firmas são um dos grupos que participam na forma provisória que a tecnologia assume em cada estágio de sua trajetória.

Deste modo, a estabilização do artefato por meio de seleções sucessivas executadas pelos grupos interessados, vai envolver em cada estágio “mudanças paradigmáticas” tornando difícil imaginar, deste modo, que se possa, no nível do significado da tecnologia, conceber algo como “estável no tempo”, como paradigmático. Isto mina as pretensões evolucionárias em um aspecto, qual seja, aquele relacionado à “trajetória natural” do progresso técnico, como em Nelson e Winter (2005)<sup>102</sup>, e reproduzido por Dosi (2006) através do processo de estabilização da tecnologia e do início da nova trajetória tecnológica. A pluralidade de fatores sociais envolvidos, faz com que qualquer trajetória tecnológica seja irregular o bastante para não concebê-la em uma unidade discreta, como o conceito de paradigma em Kuhn sugere, do qual Dosi faz analogia.

A complexidade construída pela sociedade moderna funcionalmente diferenciada faz com que se leve em conta uma pluralidade de questões na análise dos fenômenos relativos à dinâmica do conhecimento e tecnologia. Já que a sociedade atual assume-se muitas vezes como “sociedade tecnológica” e “sociedade do conhecimento” os modelos acima apresentam, mesmo que implicitamente, esta ordem complexa incidindo na construção do sistema científico e tecnológico. Por isso a tendência mais contemporânea de conceber o conhecimento e a tecnologia como fenômenos complexos, oriundos de acoplamentos estruturais, cada vez mais complexos, concomitantemente. Assim, são várias as expectativas estruturadas nos sistemas e subsistemas que, de uma forma ou outra, participam da construção do conhecimento tecnocientífico: desde as expectativas das firmas de sucesso na concorrência econômica por meio das inovações tecnológicas, até as expectativas das organizações científicas do apoio tecnológico, na construção da verdade eficaz.

---

<sup>102</sup> Para uma análise pormenorizada da proposta de Nelson e Winter ver especialmente Becker, 2003.

### 3.3 Acoplamentos estruturais e organização

Os fenômenos acima apresentados na mudança de produção do conhecimento e da relação entre ciência e tecnologia, têm no processo de organização da sociedade um dos seus vetores explicativos. Quanto ao processo de formação dos sistemas sociais pode-se diferenciar a sociedade em interação, sistemas sociais e organização. Interação (comunicação presencial) e sociedade estão presentes, como diferença, em todas as sociedades, ao passo que organização ou sistema social organizado é uma possibilidade de algumas sociedades (LUHMANN, 1998, p. 363). Neste sentido, a organização é uma aquisição evolutiva que, tanto quanto a interação e sistema social, resolve o problema da dupla contingência pela vinculação de membros e se reproduz por meio de decisões (LUHMANN; DE GEORGI, 1993). Na sociedade moderna a maioria das organizações se forma a partir dos sistemas funcionais e estes passam a operar por meio de decisões que assumem o primado da reprodução funcional, embora a organização não tome a totalidade das operações sistêmicas – há educação fora das escolas, conhecimento fora do laboratório e inovação fora da empresa –, “a unidade do meio (verdade, poder, dinheiro, etc...) jamais, e em nenhum lugar, é a unidade de uma organização” (LUHMANN, 1996a, p. 474). Podem-se distinguir na sociedade moderna organizações econômicas, organizações do Estado, organizações escolares, organizações científicas, entre outras.

Na sociedade moderna a tendência à organização dos sistemas sociais é notória e condiciona a forma da sociedade a uma diferenciação entre membro e não membro, ou seja, caracterizando determinados sistemas por critérios de inclusão/ exclusão: quem é cientista, engenheiro, quem é o político, o empresário e o sacerdote, estes papéis cada vez mais se confundem com a realidade dos sistemas organizados. Da mesma maneira há a organização das ações em torno de rotinas organizacionais e tomadas de decisões diferenciadas que levam os sistemas a níveis maiores de burocratização, que enrijece o sistema científico, por exemplo, em torno de determinadas teorias e métodos. A organização, como sistema, é, deste modo, também provida, como o sistema social e de interação, de mecanismos seletivos e de preferências próprios, o que fornece uma base motivacional para o agir relativa às decisões, e “isto tem como consequência que os valores do código verdadeiro/ não-verdadeiro em grande parte ficam excluídos como motivação” (LUHMANN, 1996a, p. 475). Deste modo, ciência moderna tem como motivação, principalmente quando se fala em biotecnologia organizada em firmas e

laboratórios públicos, o código funciona/não funciona. Inclusive os critérios de inclusão/exclusão da ciência, no que toca a *expertise* do cientista envolvido, objetivos da pesquisa, instrumentos experimentais, ficam condicionados à esta codificação de ordem tecnológica.

Todo este processo evolutivo em direção à organização traz consequências fundamentais para a reprodução da sociedade, que no âmbito da relação de seus subsistemas sociais aproximam decisões díspares de sistemas distintos, produzindo âmbitos emergentes, acoplamentos estruturais organizados pelas decisões que reproduzem decisões. No caso da ciência organizada têm-se universidades, institutos de pesquisa, centros de pesquisas, empresas de base tecnológica, departamentos de pesquisa e desenvolvimento, entre outras formas de organizar a produção científica e tecnológica. Estas organizações emergentes incluem, hoje em dia, como membros, uma série complexa de agentes que se orienta, primariamente, a partir do motivo que os unem, embora selecionem também com base no código do sistema a que estão vinculados. Na discussão do Modo 2 de produção de conhecimento, a característica fundamental apontada nas organizações é a formação de equipes de solução de problemas (*problem solving team*) de natureza transdisciplinar cujo critério de inclusão é mais elástico que aquele da ciência praticada em Modo 1. Isto é o que Chompalov e Shrum (1999) chamam de colaborações multi-institucionais (*multi-institutional collaborations*), definidas como projetos de pesquisa que envolvem três ou mais organizações. A miríade de agentes envolvidos em empreitadas de produção de conhecimento inovador é incluída na organização multistitucional por suas capacidades potencialmente úteis para a consecução do resultado e pelo reconhecimento da confiabilidade (CHOMPALOV; SHRUM, 1999).

Estas características são determinadas de fora, pelo sistema ao qual se vincula: a ciência, a política, a economia, ao direito. A inclusão dá-se, neste sentido, como acoplamento estrutural dos objetivos da pesquisa organizada com os elementos sistêmicos específicos. Deste modo, setores de P & D em empresas são acoplamentos estruturais entre a ciência e a economia: tanto a economia como a ciência dispõe sua complexidade cruzando os respectivos códigos simbolicamente generalizados, no contexto específico da produção do conhecimento ou artefato técnico<sup>103</sup>. Na sociedade moderna há uma tendência à confluência de objetivos entre ciência e economia, imprimindo a marca do ganho econômico àquilo que é verdadeiro. Quando estes códigos sistêmicos permanecem

---

<sup>103</sup> Collins; Pinch (2003) apresentam muitos relatos na história da ciência sobre estas interferências; Ver também Mirowski; Van Horn (2005) sobre a relação de empresários com a Food and Drug Administration (FDA) americana.

acoplados, mas fechados sobre a dinâmica específica de seus sistemas, problemas de interferência não ganham destaque, porém, quando a lógica econômica interfere diretamente na ciência, obliterando os processos que lhe são próprios, aí sim emergem problemas no acoplamento. As organizações de pesquisa modernas têm-se apresentado desta forma como fenômenos emergentes irreduzíveis a qualquer uma das organizações envolvidas, e, sendo assim, o resultado, como lembra a teoria das redes sociotécnicas, só pode ser entendido como resultante do somatório das organizações envolvidas.

Organizada, a pesquisa científica como âmbito emergente, fica condicionada também à modalidades de gestão, com planejamentos estratégicos que observam imperativos econômicos e jurídicos externos. Neste contexto, as decisões a respeito de prazo, das regras jurídicas, co-autoria e compartilhamento de recursos, assumem uma dimensão importante na produção do conhecimento em organizações. Tem-se que lidar constantemente com limites jurídicos e escassez de recursos que interferem, sobremaneira, nos resultados científicos e na própria atividade do cientista (LUHMANN, 1996a).

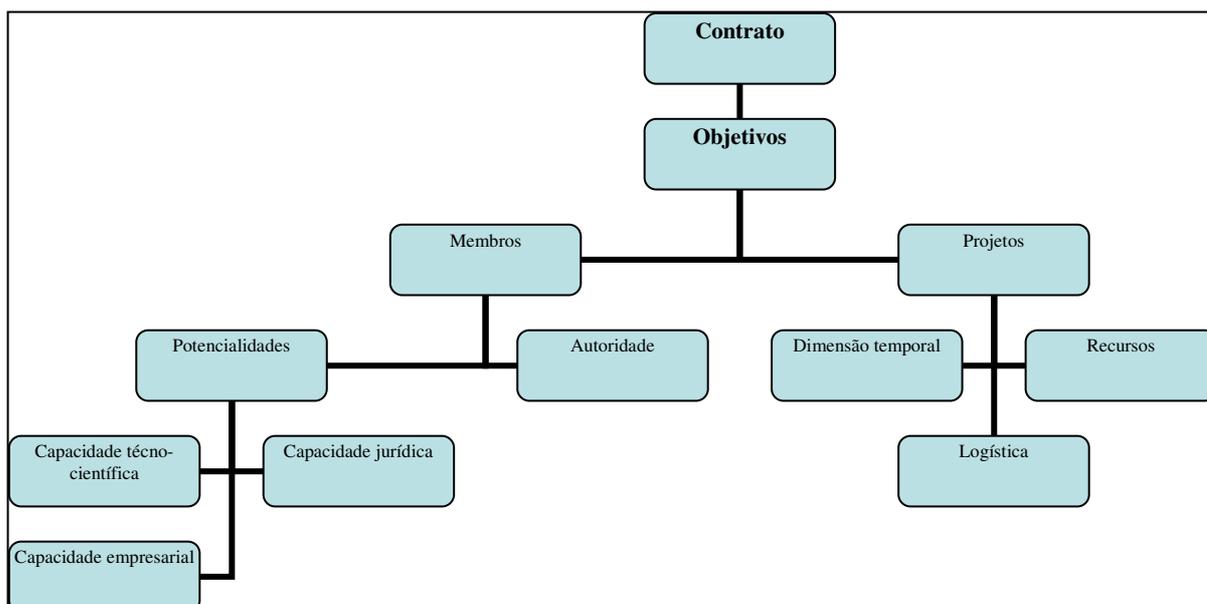
Cientistas envolvidos em colaborações de pesquisa inter-organizacionais são frequentemente expostos a altos níveis de stress por conta de uma variedade de razões: demandas tecnológicas complexas, arranjos sociais cambiantes, necessidade de coordenar grupos geograficamente dispersos, choque de interesses, ambigüidade na distribuição de autoridade, pressão para corresponder às expectativas das agências de financiamento e os prazos curtos (CHOMPALOV; SHRUM, 1999, p. 342).

Neste cenário de organização da pesquisa em contexto heterogêneo, a complexidade dos interesses, expectativas e capacidades envolvidos pode dissolver a possibilidade de integração em torno de objetivos comuns. Publicar artigos, objetivo do cientista, não está presente no horizonte de expectativas do advogado, do empresário ou ainda, do técnico. Esta complexidade de interesses no nível dos sistemas sociais é reduzida no nível da organização quando a inclusão de membros se efetua por meio do contrato de pesquisa. O contrato fixa as expectativas, ainda que o empreendimento científico seja arriscado, estrutura as condições, cria os motivos, enfim, seleciona meios e fins sobre os quais a pesquisa se realizará. Sem este mecanismo organizacional de diminuição de complexidade, poder-se-ia deparar com uma “Torre de Babel” em que, não necessariamente, um artigo publicado contemplaria todas as partes envolvidas. O contrato

distribui afazeres, prazos, recursos específicos, fixa objetivos, faz um corte no mundo, dividindo-o em quem está e não na pesquisa, o que se fará ou não, o que se obterá ou não.

A inclusão busca determinar quem pode comunicar, o que pode comunicar e a autoridade, e da mesma forma que a reputação, depende de condições internas ao sistema. Entre outras coisas, isto significa que a inclusão se individualiza em um alto grau e que não pode solidificar-se em uma espécie de herança transmitida oralmente nas famílias (LUHMANN, 1996a, p. 250).

Na sociedade contemporânea, ciência organizada, assim, necessita no contrato de um elemento que possa integrar as diversas organizações que servem de base à organização que emerge com as colaborações multi-institucionais. Segundo alguns autores este elemento se concentra no objetivo, na busca por inovação tecnológica. Neste sentido, tais grupos se organizam em comunidades de prática e “os julgamentos desta comunidade formam um poderoso mecanismo de seleção de problemas, métodos, pessoas e resultados” (GIBBONS *et al.*, 1994, p. 32). Este mecanismo seletivo, neste tipo de organização emergente, só pode ser entendido se descrito também de forma emergente, como a resultante dos critérios de seleção dos agentes envolvidos. Estas resultantes têm se concentrado ao redor da resolução de problemas tecnológicos e as expectativas emergentes distribuem-se desde a produção de eficiência, comercialização das inovações e competitividade empresarial. A ilustração abaixo apresenta alguns elementos destes contratos.



**Ilustração 3 Elementos do contrato multinstitucional.**

**Fonte:** Elaboração do autor.

Novos níveis de organização sistêmicos, portanto, têm incidido sobremaneira na forma que a pesquisa científica e tecnológica tem sido conduzida. A organização reproduz critérios de seleção específicos, emergentes em uma sociedade multifuncional, que cruza os demais critérios de seleção específicos de cada sistema. Assim, as decisões em comunidades de prática tecnológica, envolvem critérios seletivos científicos, econômicos, jurídicos, para incluir/excluir membros, definir objetivos, papéis, entre outros. O contrato de pesquisa resultante diminui a complexidade, produzindo limites operativos que servirão de guias para os processos ulteriores.

No entanto, não se pode tratar este arranjo multinstitucional formado em torno das comunidades de práticas em termos de processamento equanimente distribuído, como sugere alguns autores<sup>104</sup>. Há a predominância de determinados critérios de seleção sobre outros, “os gestores e *policy-makers* precisam atuar, continuamente, para dar coerência e integração às diferentes áreas de pesquisa, desenvolvimento e difusão tecnológica” (ANDRADE, 2007, p. 313). Neste sentido, a atividade de gestão de comunidades de prática, ganha relevo no contexto da ciência e tecnologia organizada, repercutindo na própria reprodução dos sistemas sociais. No caso da ciência e técnica, por exemplo,

faz-se imperativo transformar conhecimento científico em riqueza, e com isso aumentar a competitividade no cenário internacional. Nessa conjuntura, o desenvolvimento técnico parece estar claramente traçado:

<sup>104</sup> Por exemplo, GIBBONS *et al.*, 1994.

ele deve submeter-se às novas modalidades de gestão e aos imperativos do processo produtivo, respeitando estritamente os planejamentos estratégicos e os indicadores econômicos de desempenho (ANDRADE, 2007, p. 313).

Estas influências e a predominância de determinadas decisões dizem respeito a uma forma específica de formação de sistemas, a organização. Deve-se ressaltar que no nível dos sistemas sociais estas influências externas são re-significadas de acordo com os códigos específicos sob os quais os sistemas se fecham, impossibilitando a comunicação entre eles (LUHMANN, 1998). O que aqui se quer argumentar é que no âmbito da formação de organizações em sistemas sociais, a comunicação entre organização é possível e que, os arranjos emergentes entre elas irritarão os sistemas sociais, já que tais arranjos serão entorno para eles.

A separação estrita dos sistemas funcionais operativamente fechados e autorreferenciais que respectivamente só seguem a seu próprio código e que, de outro modo, não podem contribuir com informação própria reconhecível é, portanto, transgredida no nível das organizações (LUHMANN, 1996b, p. 475).

O contexto organizacional da produção científica e tecnológica cria uma base fática, de decisões relativas à prazos, objetivos e funções, de onde cada sistema deve partir para levar a frente a sua autopoiesis. Isto diz respeito à relação que se estabelece entre sistema social e organização, uma relação que emerge na sociedade moderna e que condiciona, a partir daí, os processos internos da ciência. Regras legais passam a ser importante elemento na produção científica, a dimensão temporal passa a ser estabelecida fundamentalmente pela organização, e as possibilidades de financiamentos estão explícitas no contrato. A sociedade, deste modo, se relaciona com a ciência apenas por meio das organizações. Isto coloca o argumento da sociologia do conhecimento em outro patamar: a sociedade influencia o conteúdo do conhecimento por meio da organização da ciência. Inclusive este argumento só pôde ser desenvolvido em um contexto social em que os sistemas se diferenciaram, ou seja, em uma sociedade funcionalmente diferenciada e organizada. Nesta sociedade, que evoluiu a partir de uma forma estratificada, a relação entre os sistemas sociais é um fenômeno fundamental na sua compreensão, já que não há um centro e, portanto, nenhum *locus* privilegiado que represente toda a sociedade. Ademais, não há, também, uma organização deste tipo. A compreensão do fenômeno da

ciência, deste modo, deve passar necessariamente pela compreensão dos mecanismos que sistema e organização científica desenvolvem, para responder a esta sociedade cada vez mais complexa.

### 3.3.1 Organização e sociedade: o caso da *ALZA*

Esta lógica organizacional e sistêmica moderna dos sistemas sociais, os acoplamentos estruturais e perturbações entre eles, pode ser vista no século XX nas mais variadas formas, quando o que estava em jogo era o conhecimento tecnocientífico. A biotecnologia, as tecnologias de computação, informação e aeroespaciais, a nanociência, a indústria bélica, todos estes empreendimentos envolveram uma variada gama de organizações que influenciaram sobremaneira o resultado dos objetivos. A pesquisa biotecnológica e farmacêutica do século passado, foram dois dos mais importantes acontecimentos para a saúde humana, economia, previdências sociais, identidades e uma série de outras áreas direta ou indiretamente afetadas pelas conquistas de ambos. Deste modo, as duas juntas ou cada uma delas, apresenta um ótimo referencial empírico para se compreender a dinâmica de produção de conhecimento na sociedade moderna diferenciada funcionalmente. Este tópico expõe a seguir um caso paradigmático de formação de firmas biotecnológicas que atuaram na indústria farmacêutica.

A origem da indústria farmacêutica é datada pela literatura a partir do século XIX, sendo a pesquisa e produção de corantes sintéticos para uso terapêutico na Alemanha, seu marco. Até a década de 1930, basicamente dois países concentravam o total da indústria farmacêutica, Alemanha e Suíça, com poucas firmas na fronteira da pesquisa e desenvolvimento (Hoechst, Bayer e Sandoz). Após a segunda guerra, a entrada dos Estados Unidos na indústria, com financiamentos robustos e investimentos na área de antibióticos, modifica, radicalmente, os padrões de desenvolvimento e comercialização de fármacos, promovendo uma maior competição internacional entre, ainda poucas, firmas farmacêuticas. O padrão tecnológico, antes de 1980, era baseado no conhecimento prático, na seleção quase aleatória de novos produtos, que com tempo vai se conformando a padrões tecnológicos guiados pela descoberta. A biologia molecular vai significar um elemento de transformação do padrão anterior, permitindo uma exploração maior de novos

elementos biológicos e sua posterior comercialização, o que encorajou novas e menores firmas em empreendimentos farmacêuticos<sup>105</sup>.

Arthur Kornberg, Nobel de medicina em 1959 pela síntese do DNA (ácido desoxirribonucléico), foi um dos fundadores de uma das primeiras empresas de biotecnologia dos Estados Unidos em 1980, a DNAX (Instituto de Biologia Molecular e celular Inc.). Seu relato é extremamente rico em detalhes a respeito de como um acadêmico *stricto sensu*, 25 anos depois de sua descoberta, se envereda por empreendimentos econômicos para “transformar a hélice de DNA em ouro” (KORNBERG, 2001, p. 19). Mais importante ainda, é que tal relato se refere exatamente aquele período em que, primeiro, se voltou atenção para a economia do conhecimento, este sendo utilizado como um recurso para as estratégias competitivas das firmas e, segundo, quando as firmas de biotecnologia começam a surgir no rastro das primeiras patentes, concedidas a espécimes “inovadoras”. O relato concentra-se sobremaneira na construção do instituto onde Kornberg trabalhou e sintetizou o DNA e a posterior aquisição do mesmo pela Schering-Plough, formando um dos pilares do que hoje se conhece como grande indústria farmacêutica.

A criação da empresa concentrou-se em torno de um cientista que já havia se aventurado em empreendimentos empresariais anteriormente, Alejandro Zaffaroni, e, por isso, apresentava os elementos necessários, *know-how* para transformar institutos de pesquisa em empresas farmacêuticas. Tal postura empreendedora de Zaffaroni veio de sua direção de um grande laboratório farmacêutico (SYNTEX), “a única companhia do período posterior à segunda guerra a emergir nos negócios farmacêuticos rentáveis” (KORNBERG, 2001, p. 100), da qual saíram várias outras empresas (*spin-off*) iniciadas com capital e pertencentes à empresa-mãe. Sua demissão de tal companhia veio também destes empreendimentos, geralmente arriscados. Ao tentar uma outra *spin-off* para explorar novas técnicas de diagnóstico de drogas, por conta da guerra do Vietnam, foi-lhe negada autorização, provavelmente por experiências anteriores mal sucedidas. Criou, então, uma nova empresa farmacêutica, a ALZA (palavra composta pelas iniciais de seu próprio nome), e passou a explorar novos sistemas terapêuticos de dosagem de drogas, para tornar mais efetivo os tratamentos.

---

<sup>105</sup> Para uma análise mais detalhada da história e desenvolvimento da indústria farmacêutica ver Mazzucato; Dosi, 2006.

Estes empreendimentos apresentam a forma que ciência, técnica e organizações sociais iriam assumir na produção de tecnologias e conhecimento no fim do século. O processo de montagem da firma farmacêutica, baseada em produtos tecnológicos, enfrentou problemas de âmbitos diferentes, no interior dos quais todas as dimensões da firma - a tecnologia, a natureza jurídica e o empreendimento econômico - iriam ser re-significadas devido à polissemia da sociedade diferenciada funcionalmente. Isto se verifica na dimensão puramente técnica do empreendimento, ou seja, na natureza da tecnologia e de suas potencialidades de funcionamento; na dimensão financeira relativa às expectativas de lucro dos acionistas; e, finalmente, na dimensão propriamente legal do empreendimento, bifurcada entre sua legalidade técnica e econômica. Para cada dimensão, várias organizações compunham o quadro emergente e importavam para o resultado final da firma.

No caso da dimensão técnica do empreendimento, no que diz respeito ao sistema de produção do conhecimento tecnológico que será cristalizado em uma nova tecnologia farmacêutica, os problemas dizem respeito ao funcionamento do sistema “Ocusert” de liberação da droga no organismo por meio de um sistema de membranas reguladoras, podendo tratar, por exemplo, o glaucoma. Antes mesmo do início da produção, ainda existiam problemas de farmacologia básica, no que tangia, por exemplo,

um nível ótimo de uma droga em particular, sua persistência em compartimentos do corpo e efeitos secundários (...) durante o desenho do sistema, era essencial que o mesmo fosse facilmente colocado e retirado, que fosse comodamente conservado sem irritação, que a liberação da droga fosse exata e salvo de erros e que os dispositivos de armazenagem fossem esterilizados e estáveis em um suporte por anos (KORNBERG, 2001, p. 104).

Estes problemas técnicos teriam que ser resolvidos na comunidade de prática formada pela ALZA, composta em torno das divisões de química de polímeros, de físico-química, de farmacologia, de engenharia. Neste espaço, comunicações relativas ao conhecimento científico e tecnológico eram compartilhadas, na busca de soluções para os problemas técnicos que tal sistema apresentava, para superá-los. Ao conseguir um resultado, avaliado como ótimo naquele âmbito, teria-se ainda que superar obstáculos relativos à dinâmica de outros sistemas, como os protocolos de segurança da FDA (*Food and Drugs Administration*).

Aquela comunicação técnica era restrita - os mecanismos redutores de complexidade, as regras de funcionamento, entre outros elementos comunicativos - àqueles limites sistêmicos. Como tais empreendimentos científicos eram reproduzidos em um contexto multisistêmico e organizacional, tornava imperativo alguma comunicação inter-organizações, para formar colaborações interorganizacionais, o que geralmente era feito pelo papel emergente do cientista-empresário, que era desempenhado por Alex Zaffaroni. O papel de empresário aparecia, por exemplo, quando sua empresa (ALZA) entra em acordo com a anterior (Syntex) para superar problemas relativos a interesses financeiros em choque entre as duas empresas, já que a Syntex detinha 25% das ações da ALZA, e ambas competiriam em um mesmo mercado. Quando a empresa ALZA começa a crescer, suas ações se expandindo em *Wal Street*, houve, novamente, a necessidade de superar problemas de comunicação, e o papel de cientista-empresário aparece para transformar as conquistas técnicas em ganhos econômicos.

Os analistas sabiam pouco sobre polímeros, mas gostavam do som e criam que sua utilização em novos dispositivos médicos produziria grandes lucros. Os comerciantes de ações (agentes da bolsa) creram que eles podiam obter ganhos do ruído provocado por esta história (KORNBERG, 2001, p. 108).

O empreendimento científico, nestas condições, passa, então, a depender praticamente de todas as organizações envolvidas. Às conquistas técnicas da ALZA somaram-se conquistas para liberar a comercialização na FDA, porém o sistema Ocusert falhou no mercado. Embora o sistema fosse eficaz no controle da pressão craniana do glaucoma e sua administração fosse mais fácil devido a não necessidade de gotejamento constante por parte do usuário, ele falhou. A dinâmica da tecnologia em sociedade complexa é sobremaneira problemática, e está à mercê de contingências que nem o funcionamento técnico, nem as avaliações negativas de risco e nem a viabilidade financeira são capazes de superar.

O que foi que andou mal? Sem dúvida, o êxito na ciência não conduz ao êxito no mercado. (...) pacientes necessitavam preparação e um estímulo contínuo da parte de seus oftalmólogos, dos quais se tomaria muito pouco tempo, dedicação e esforço necessário. Piorando esta situação, Merck lançou Timoptic, uma nova droga em forma de gotas para os olhos que foi tão efetiva como a Pilocardina, mas que requeria uma administração de duas vezes ao dia somente. O produto da Merck tem agora vendas

anuais maiores que US\$ 15 milhões<sup>106</sup>, ao passo que o sistema Ocusert tem somente uma pequena parte do mercado (KORNBERG, 2001, p. 109).

Este elemento empírico apresenta-se claramente como um argumento contrário ao determinismo tecnológico ou ao argumento da seleção da tecnologia, baseado sobremaneira em sua maior eficiência em relação à anterior, ao mesmo tempo em que contraria as expectativas de uma perspectiva econômica sobre a implementação de tecnologias baseada em modelos “*technology-push*”. A dinâmica da sociedade moderna nega a qualquer elemento social uma condição central em seus processos reprodutivos: nem a organização científica é capaz de impor tecnologia, nem a sociedade de ter controle sobre todas as formas tecnológicas. Ademais, nem a eficiência de um artefato tecnológico fornece garantia de segurança, ou viabilidade econômica, já que o código do funcionamento é intrínseco a um sistema específico, o qual é incapaz de exportá-lo para outros âmbitos. Portanto, assumir a modernidade somente em sua dimensão de eficiência, formalização, tecnificação e calculabilidade é desconhecer a complexidade adquirida pela sociedade, que apresenta âmbitos diferenciados que, em algum nível, é resistente a todos estes elementos.

### 3.3.2 Organização e sociedade: Genômica, direito e política

No fim do século passado, o fenômeno das interações intersistêmicas e interorganizacionais na construção do conhecimento tecnocientífico tornou-se mais evidente. As questões envolvidas nos acoplamentos entre ciência e entorno aparecerão com mais relevo, na medida em que se generaliza uma série de conquistas científicas no cotidiano dos subsistemas e estes tornam-se mais sensíveis aos possíveis impactos do conhecimento tecnocientífico. Entre as novas configurações do conhecimento e os emergentes modos de produzi-lo no fim do século XX, é paradigmático o caso dos sequenciamentos genômicos que emergiram após a construção de uma série de técnicas laboratoriais que repercutiram no experimento científico, na construção e reprodução do código “funcionamento”, no sistema de direito, na economia e, não menos importante na

---

<sup>106</sup> Em valores de 1995. A Merck é outra gigante farmacêutica.

construção da própria identidade dos indivíduos, devido as possibilidades manipulativas do âmbito biológico que emergiram em laboratório<sup>107</sup>.

A questão do sequenciamento do genoma humano teve seu momento controverso na década de 90, embora o início do processo possa ser remetido à década de 80. Neste período, questões relativas a patentes e envolvimento privado, naquilo que poderia ser os “caracteres da vida”, começam a aparecer como tema comum ao empreendimento puramente científico. As discussões sobre a questão do patenteamento da informação genética humana colocaram em destaque três lógicas sistêmicas, e a relação entre elas, que não podem ser reduzidas somente à expressões como “informação jurídica”, “interesse científico” e “interesse econômico”. Embora se possa dizer que o sistema científico reproduza “interesses cognitivos” - quais sejam, produção e comprovação de teorias, descobertas -, interesses econômicos e normas jurídicas participam na configuração da pesquisa, isto é, incidem na forma de produzir conhecimento. Graças a esta disposição destes sistemas na modernidade da sociedade, a possibilidade de transformar a vida, reduzida à sua sequência genética, em informação patenteada para compra e venda não passou incólume pelo *ethos* moral da ciência e pelos processos jurídicos, da mesma forma que a impossibilidade do patenteamento se chocava com as expectativas de lucro dos investidores privados no sistema econômico. Estas foram fontes de controvérsia para cada um desses lados da forma ciência/ sociedade.

O consenso de que o mapeamento de genomas seria o novo estágio para a pesquisa científica já fazia parte da comunidade dos biólogos e engenheiros genéticos na década de 80<sup>108</sup>. Naquela época o termo revolução genômica já era de uso corrente tanto quanto eram conhecidas as consequências tecnológicas que a manipulação genética oferecia, em termos de genética de plantas e fármacos. Interesses corporativos e científicos aliados às ameaças às culturas tradicionais, ao meio ambiente e à saúde pública suscitados por tais questões comporiam um quadro sistêmico de dúvidas e protestos à pesquisa e desenvolvimento da biotecnologia, embora a ciclicidade do modo de produção de conhecimento tivesse, a despeito disto, alcançado a forma propícia ao desenvolvimento de uma economia baseada

---

<sup>107</sup> Para aprofundar a questão entre biotecnologia e identidade, ver Premebida (2008).

<sup>108</sup> Na década de 80 já se discutia a possibilidade do sequenciamento do código genético humano e suas consequência em vários relatórios e artigos, sendo o mais influente deles o relatório do Comitê para Mapear e Sequenciar o Genoma Humano (*Committee on Mapping and Sequencing the Human Genome*) do Conselho Nacional de Pesquisa (*National Research Council*) intitulado Mapping and Sequencing the Human Genome (1988) da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (*U.S. National Academy of Sciences*). Ele propunha explicitamente a coordenação de um amplo projeto científico para mapear e sequenciar o genoma humano, no intuito de auxiliar a pesquisa biológica e produzir novas tecnologias.

no conhecimento e conhecimento com finalidades econômicas. Em 1990, ano inicial do projeto genoma humano, universidades como a da Califórnia e Stanford já somavam mais de 100 patentes relacionadas a técnicas de DNA recombinante. Acrescente-se que mesmo após veredictos favoráveis da Suprema Corte Americana para pesquisas genéticas e desenvolvimentos tecnológicos, problemas como o “caso Moore” ainda assombravam os interesses das firmas de biotecnologia americanas. Tal caso, de enorme repercussão, envolvia um paciente contra uma universidade que tirara e reproduzira uma linhagem de suas células e patenteara logo em seguida. O Supremo Tribunal da Califórnia deu ganho de causa para a universidade. Este marco legal, reiterado, forneceu os mecanismos legais para a pesquisa biotecnológica pública e privada assumir uma dimensão econômica, ainda não vista.

Para que a pesquisa biotecnológica assumisse uma dinâmica de perturbação constante em relação à economia e à política, as formas de patenteamento tiveram que ser estendidas, alcançando a vida, criando um contexto parcialmente favorável à proteção das “invenções”, incluindo agora o gene<sup>109</sup>. Rabinow (2002) destaca este processo relacionando-o a fatores como a eleição do republicano Ronald Reagan e a injeção maciça de capital de risco no mundo da tecnologia e, principalmente, destacando-o como um marco para um novo contexto emergente de saber-poder, já que, anos antes, o escritório de patentes americano havia se pronunciado contrário a patenteabilidade de “coisas vivas”. Deste modo, “a história sugere que a despeito dos medos de muitos biólogos de ponta, disputas legais a respeito da biotecnologia têm resultado mais favoráveis aos interesses da ciência e indústria” (JASANOFF, 1997, p. 140). Este contexto de garantias jurídicas tornou mais denso os acoplamentos entre ciência, política e economia, repercutindo, principalmente na economia, na forma de novas estratégias empresariais relacionadas ao sequenciamento do genoma de uma variedade de formas vivas. De 1980 a 1984 os pedidos de patentes em ciências biológicas aumentaram nos Estados Unidos em 300% (RABINOW, 2002, p. 163).

Este cenário mais definido, legal e economicamente, potencializou a nova fase dos empreendimentos biotecnológicos que na década de 90 teve, no Projeto Genoma Humano, o seu horizonte em termos de expectativas econômicas e acadêmicas. Os cientistas-

---

<sup>109</sup> Para que algo seja patenteável, deve preencher 4 requisitos gerais: novidade, aplicação industrial (utilidade), inventividade (não-obviedade) e descoberta. Estes critérios são relativamente consensuais, embora nas controvérsias envolvendo a vida, eles não tivessem muita utilidade já que o que estava em jogo era a caracterização do ser “criado” como uma invenção de fato, sem falar em questões éticas e morais relacionadas.

empresários da biotecnologia tinham agora legitimidade jurídica, econômica e científica para levarem a frente seus projetos. As relações entre os sistemas de direito, economia e político repercutiram em cada um deles, e a respeito da legitimidade científica, tornou legítimo a não publicação de resultados, a defesa de teses secretas e o direcionamento da pesquisa em decorrência das exigências dos financiadores privados. A repercussão no sistema da ciência atingiu aquilo que era mais celebrado pelos cientistas, a saber, o *ethos* científico, tal como descrito por Robert Merton. Diante de tal densidade nas relações com a economia, os processos internos do sistema da ciência sofreram transformações radicais.

Um patamar fora cruzado; a década de 80 assistiu a uma mudança radical nas relações institucionais e normativas entre as universidades norte-americanas e o mundo da indústria. Um estudo desenvolvido por uma equipe de Harvard sobre o impacto desses desenvolvimentos e outros correlatos sobre a organização social da ciência e sua estrutura normativa, mostrava que, em 1986, as empresas industriais estavam financiando um quarto da pesquisa em biotecnologia desenvolvida nas instituições de ensino superior, e que quase um quarto dos cientistas da universidade pertencentes a departamentos relevantes para a biotecnologia contava com algum tipo de apoio da indústria (RABINOW, 2002, p. 163).

No entanto, não se quer dizer que não havia controvérsias nos processos envolvendo sistema de direito, econômico e biotecnologia. Na história recente da biotecnologia as controvérsias envolvendo universidades públicas, indústrias e ativistas corriqueiramente retornam à grande mídia. A questão destas controvérsias está ligada as transformações radicais que as tecnologias genéticas sofrem em um cenário de pesquisa intensiva na área, potencializada pelos grandes projetos genômicos da última década<sup>110</sup>. A intensidade dos investimentos públicos e privados, a rapidez na obtenção dos resultados tecnocientíficos tem significado irritações constantes nos marcos legais relativos à patentes e propriedade intelectual, irritações que nem sempre são incorporadas pelo sistema em forma de novos marcos comunicativos, o que acaba reacendendo as dúvidas que na década de 70 levaram a conflitos intermináveis entre cortes, empresas e movimentos de protestos. Jasanoff (1997) nota que nenhuma das agências federais americanas envolvidas na regulação de produtos perigosos, como a *Environmental Protection Agency* (EPA), a FDA, o *U. S. Department of Agriculture* (USDA), possuía um estatuto claro para o controle de

---

<sup>110</sup> Em 1995 o primeiro código genético de uma bactéria, *Saccharomyces cerevisiae*, é completado, na sequência viriam o sequenciamento do genoma do primeiro animal, a larva *Caenorhabditis elegans*, da mosca *Drosophila melanogaster* e, no Brasil, a bactéria da laranja, *Xylella fastidiosa*.

produtos biotecnológicos. Isto faz com que a permissão de lançamento desses produtos torne-se preso a um emaranhado de interação de forças. Este regime de produção, caracterizado pelo relacionamento da ciência, tecnologia, economia e direito, não pode se tornar estável, já que a todo o momento, a ciclicidade dos acoplamentos entre tais sistemas cria irritações específicas para cada um deles, alterando internamente seus elementos e perturbando retoativamente os outros sistemas.

As técnicas de recombinação gênica começaram a ser usadas na década de 70 e logo em seguida, 1980, a Suprema Corte americana aprova o “princípio de patentes” para as formas de vida recombinadas, concedendo patente para Amanda M. Chakrabarty, engenheira da *General Electric* - pela “criação” de uma bactéria para biorremediação, isto é, um despoluidor biológico para manchas de petróleo - que desde 1972 tentava sem sucesso uma concessão junto ao escritório de marcas e patentes dos Estados Unidos . Em 1972, ano do pedido, a técnica usada por Chakrabarty para “criar” a variedade biológica ainda não era a técnica do DNA recombinante, hoje bastante comum, mas uma técnica da biotecnologia clássica que consistia em juntar ao material genético de uma bactéria características desejáveis. A questão era a “criação de novo organismo”, o que foi rejeitado pelo escritório de patentes, com a alegação de que organismos vivos não poderiam ser patenteados.

Na mesma época, a técnica de DNA recombinante (*gene splicing*) fora desenvolvida por Stanley N. Cohen e Herbert W. Boyer. Tal técnica permitia clonar genes em células de bactérias, plantas e animais, alterando o material genético dos organismos pela combinação de distintas características genotípicas. O que estas técnicas e “invenções” criaram foi, de um lado, um novo paradigma tecnológico para a produção de “novos” organismos e, portanto, a possibilidade de firmas de biotecnologia lucrarem com “novos” produtos, portanto patenteáveis, e de outro um problema jurídico, parcialmente resolvido em 1980, com a intervenção da Suprema Corte americana, em uma decisão que efetivamente estendeu a proteção de patentes para qualquer material biológico com características únicas adquiridas através da ciência, ou seja, “não encontrado na natureza e resultado do gênio e pesquisa humano” (NEWELL-MCGLOUGHLIN; RE, 2006, p. 53). Obviamente, estas possibilidades científicas, técnicas e jurídicas abriram um campo de exploração financeira imensa, com a abertura de centenas de firmas de biotecnologia nos Estados Unidos. Em 1998, havia cerca de 1.550 empresas de biotecnologia nos Estados Unidos e 3000 no mundo (MALAJOVICH, 2006). Dá-se, neste momento, a relação

simbiótica entre *venture capital* e firmas de biotecnologia, criando um cenário de desconfiança crescente por parte da opinião pública desde então (KLOPPENBURG, 2004).

Todas estas relações entre sistemas, ciência e direito, ciência e economia, economia e direito, entre outras, podem ser remetidas à importância que a técnica adquiriu na pesquisa biológica e a sua transformação em recurso estratégico para o sistema da ciência e da economia. Deste modo, a ciência passa também a ser dividida entre os que têm o controle técnico do experimento, e, portanto, capazes de influenciar a fronteira do conhecimento, e aqueles que não o têm. Como um equivalente funcional, a patente tecnológica também diferencia a economia entre aqueles que têm o controle da patente, portanto capazes de influenciar os rendimentos da indústria, dominar mercados, e os que não têm. Esta divisão na ciência, como se verá à frente, estrutura os critérios de inclusão/exclusão dos membros nas organizações de pesquisa, relacionando *expertise* técnica às possibilidades de inclusão.

Ademais, é um fato que nestas últimas – ciências empíricas da natureza – os fatores técnicos têm-se convertido em condições de possibilidade da investigação científica, e tal circunstância origina consequências não desprezíveis. Tudo isto estrutura uma compreensão dos conteúdos de tais ciências que vem inconscientemente embebido da forma operativa da eficácia tecnológica (QUERALTÓ, 2003, p.45-46).

A dinâmica cíclica de perturbações entre sistemas sociais pode ser mais bem visualizada em momentos de controvérsias entre eles, ou seja, no momento em que a reprodução, de cada sistema específico, coloca em evidência o acoplamento estrutural com o entorno, deixando irritações, ruídos e perturbações entre eles, descobertas. O caso do PCR (Reação em cadeia da Polimerase) ilustra bem esta questão. A técnica permite, basicamente, aumentar em bilhões de vezes fragmentos minúsculos de DNA, identificando precisamente alguns de seus segmentos, fazendo uso de uma enzima, a DNA-Polimerase. A técnica consiste em separar as cadeias de DNA e aparelhá-las novamente, disponibilizando desoxinucleotídeos no meio e, na sequência, com a ação da polimerase, sintetizar duas seqüências de DNA, a partir de uma. O procedimento é repetido, e, em cada vez, o número de cópias é duplicado. Pode-se vislumbrar sua aplicação imediata, primeiro por encurtar o tempo de produção de cadeias de DNA e depois por fornecer a partir de uma simples cópia de DNA, milhões delas. Com isso, é possível, por exemplo, sintetizar e multiplicar o DNA de organismos pré-históricos, identificar rapidamente a paternidade e

fazer diagnósticos de doenças mais rápidos e seguros. Obviamente era informação nova no contexto, e em 1987, Kary Mullis, o “inventor” da técnica, conseguiu patentear-la e em seguida vender para a corporação *Cetus*, que licenciou a patente para o grupo farmacêutico Hoffmann-La Roche (Roche). Com isso, os demais competidores do grupo, que não dispunham de tal técnica, perderiam mercado.

Uma competidora, a Dupont, empresa do ramo de diagnósticos, alegou problemas na concessão, já que desde 1969 se podiam encontrar artigos publicados que já traziam a essência da técnica descrita, como informa Arthur Kornberg (1995), testemunha convocada pela Dupont para confirmar a não originalidade da descoberta de Mullis e, portanto, caçar a patente. O cálculo da Dupont era óbvio: acionar advogados para reverter a concessão seria lucrativo já que impediria o monopólio da concorrente em um setor estratégico para seus empreendimentos. Deste modo, “o julgamento foi importante pelo que revelou acerca do papel da lei na formalização da ciência contemporânea, sobretudo o seu uso como uma tática comercial”, como sugere Rabinow (2002) a respeito do caso. Sobre o processo, perdido pela Dupont, Kornberg expõe questões pertinentes à relação ciência e justiça<sup>111</sup> na sociedade complexa, apresentando a dificuldade de tradução dos significados entre sistemas sociais distintos.

Um problema mais importante está em fazer um juiz ou um jurado entender os complexos temas científicos nos casos das patentes em biotecnologia. (...) a partir dos litígios nos quais Dupont desafiou a patente *Cetus* pelo PCR, a dificuldade, na face do juiz e do jurado, no exame das complexas evidências científicas, oferecia à patente adversária maior peso. No final do julgamento, decidido por um juiz e um jurado completamente confusos e cientificamente inexperientes, os ganhadores elogiaram o “sistema de trabalho”, enquanto que, em outra ocasião, como perdedores, lamentaram “o erro judicial” Kornberg (1995, p. 279).

O caso da patente do PCR teve um agravante envolvendo um professor de bioquímica da Universidade da Califórnia, Berkeley, Stuart Linn, que dizia ensinar a técnica em suas classes com base nos esquemas de Kjell Kleppe, um dos autores que publicaram artigos na década de 60 sobre a síntese de DNA. De acordo com Kleppe, Kary Mullis havia sido um dos seus alunos de graduação e provavelmente teria obtido tais conhecimentos naquele momento. A dificuldade de provar a não originalidade da patente por uma grande empresa, Dupont, acarretou nas etapas seguintes da evolução das técnicas

---

<sup>111</sup> Sobre a relação ciência e justiça, ver Jasanoff (1997).

biotecnológicas maior cuidado e, provavelmente, levou a um maior segredo na divulgação dos resultados. A comunicação científica é perturbada e, cada vez mais, levada à fragmentação no fluxo, criando ilhas de *experts*, que controlam a divulgação de determinadas informações.

Ainda na década de 70, portanto antes do veredicto da Suprema Corte, empresas como a Cetus e Genentech – *start ups*, empresas que são criadas para explorar uma nova ideia – já aventavam a possibilidade de uma era biotecnológica de exploração e comercialização generalizada de novos produtos biológicos decorrentes de engenharia genética. Porém, na época, isto era interpretado geralmente como exagero e marketing, não demandando nenhuma atenção maior da grande indústria biotecnológica (WRIGHT; WALACE, 1999). A indústria modifica seu interesse pela nova área quando Herbert Boyer, da Universidade da Califórnia e vice-presidente de pesquisa da Genentech, e Keiichi Itakura do Centro Médico City of Hope da Califórnia, apresentam a produção por uma bactéria “re-programada” de um hormônio do cérebro humano, ou seja, conseguem aplicar a técnica de DNA recombinante. O feito foi alardeado como uma grande conquista científica nos Estados Unidos. Desde então, a técnica do DNA recombinante tem sido usada como ferramenta fundamental para a síntese biotecnológica de várias proteínas. Potencializou também os investimentos, que tiveram uma escalada em 1980, “ajustando os investimentos em pequenas firmas de engenharia genética que alcançaram 600 milhões de dólares” (WRIGHT; WALACE, 1999, p. 108). Para se ter uma ideia de tal escalada dos investimentos em biotecnologia, somente a Monsanto investe atualmente 800 milhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento (PESQUISA FAPESP, 2008).

Com os investimentos fluindo, o avanço, cada vez maior, sobre novas áreas de pesquisa e a segurança jurídica, cada vez mais, a pesquisa em engenharia genética, que era relativamente acadêmica e aberta no início, começa a ter estes valores alterados, desencadeando regras informais que valorizavam o segredo e o mistério entre os praticantes. As universidades passaram a exigir de seus acadêmicos cada vez mais segurança na divulgação dos resultados e patenteamento imediato, já que as receitas destas passam a depender, com o fluxo de investimentos para a área, dos fundos privados. Wright e Wallace (1999) citam diversos relatórios da década de 80 que apresentam a pesquisa científica acadêmica cada vez mais secreta e os riscos do segredo para intercâmbio do conhecimento e cooperação, característica definidora da época “heróica” da ciência. A ciência moderna, em seus primórdios, teve na abertura do laboratório para a observação

pública, seu elemento estruturante para a reivindicação de legitimidade. O laboratório aberto generalizava as expectativas daqueles que assistiam à experimentação (ver capítulo 2). Em grande parte, o risco biotecnológico moderno decorre da impossibilidade de generalizar expectativas em decorrência da fragmentação e fechamento operacional das lógicas sistêmicas, deste modo, é legado ao direito a biossegurança, ao mercado a permanência do mais seguro, à ciência a codificação do funcionamento.

O Projeto Genoma humano, deste modo, seria desenvolvido em um cenário de extrema cautela e conflitos, e quanto a isto, a que ficou mais conhecida foi a disputa entre a empresa *Celera Genomics*<sup>112</sup> e o consórcio público. Pode-se ver esta disputa como um microcaso do fenômeno mais geral das disputas entre Estados nacionais e grandes corporações globais, em um período em que a sociedade se torna um sistema global em tempo real e que empresas assumem tamanhos equivalentes a dezenas de países. Pode-se observar também estas disputas como um exemplo mais acabado do fenômeno de “cognitização” do capital e de “comoditização” da vida<sup>113</sup>, processos típicos daquilo que se convencionou chamar de “sociedade do conhecimento”. Segundo alguns autores, este processo vai na contramão das reivindicações de democratização do acesso aos recursos genéticos, fazendo com que uma pequena parte de grandes empresas assuma total controle e imponha seus interesses indiscriminadamente em setores como os de pesquisa e comercialização de plantas transgênicas (KLOPPENBURG, 2004).

Em decorrência deste processo cada vez maior de comoditização dos recursos genéticos, a lógica de produção e circulação das biotecnologias acaba sendo ditada pelo mercado, e um profundo processo de monopolização do setor é destacável, com constantes fusões e aquisições entre as *gene giants*. A Syngenta surge em 2000 da fusão da AstraZeneca e Novartis. Calgene e Agracetus foram compradas pela Monsanto, que recentemente, em um processo muito criticado, comprou as brasileiras Alellyx e CanaVialis, criadas pelo fundo de capital de risco Votorantim. Alellyx foi criada em 2002

---

<sup>112</sup> A empresa fundada por um cientista-empresário, Craig Venter, incorpora todas as características do empreendimento científico do fim do século passado, devido principalmente ao *modus operandi* de seu fundador: Totalmente privada no financiamento e resultado, empreendimento de risco, rapidez na divulgação dos resultados (ainda que mantenha sob segredo os dados) para se beneficiar da prioridade, cenário de competição acirrada e muito *marketing* (CASTELFRANCHI, 2008). A empresa surge, em 1998, como um desafio ao PGH, em termos de tempo para o término do sequenciamento, e em 3 anos se equipara a todo o trabalho do consórcio público, estando ao lado de Francis Collins, diretor deste, para o anúncio do sequenciamento de 99.9 % do código genético humano, em abril de 2000, junto a Bill Clinton, então presidente americano e Tony Blair, primeiro ministro britânico.

<sup>113</sup> Comoditização (commodification) é um conceito que foi usado por KLOPPENBURG (2004) para se referir ao processo de avanço do controle privado sobre novas esferas, como os recursos genéticos.

pelos pesquisadores que sequenciaram o genoma da bactéria *Xyllela fastidiosa* (*Xyllela* é *Alellyx* ao contrário), causadora da praga do amarelinho nos laranjais. A CanaVialis é a maior empresa privada de biotecnologia em cana-de-açúcar do mundo. Ambas foram consequência de processos públicos bem sucedidos de pesquisa, com a cana e a laranja, e de financiamento estatal robusto. A venda a uma multinacional contrariou o governo federal, principalmente, no que concerne ao empreendimento estrangeiro e ao valor da venda, 290 milhões de dólares, o maior valor pago por a uma empresa de biotecnologia brasileira (MARQUES, 2008). Indício inequívoco, de que parte da pesquisa brasileira adentrou o contexto central dos grandes empreendimentos biotecnológicos.

Neste momento, disputas que antes se circunscreviam ao âmbito científico, ganham o debate público e os tribunais de justiça. Trute (2005, p. 87) refere-se a este processo como “judicialização” da ciência, ou seja, “a lei torna-se meio e fator do processo de contextualização”, localizando a judicialização em um processo mais geral de democratização da ciência, não só no sentido da inserção do debate público, mas sim, da inserção de diversos subsistemas sociais, como economia, a política, a mídia de massa no contexto da ciência.

Obviamente a democratização não necessariamente caminha ao lado de consenso ou integração. Pelo contrário, ela pode produzir protestos e desconfianças. Um aumento da complexidade da estrutura poderia diminuir a sobrecarga, mas sem resolvê-la principalmente (TRUTE, 2005, p. 99).

Este cenário de disputas jurídicas, econômicas e tecnocientíficas, ilustra o que se quer dizer com o uso da expressão “sociedade funcionalmente diferenciada”. A ciência não se reproduz, de um lado, especificada por qualquer outro sistema, e de outro, especificando os demais sistemas. O sistema, operando de forma fechada sob seus próprios processos, não é eximido de ser constantemente perturbado e, portanto, ter seus processos modificados. De outro modo, qualquer modificação na ciência acarreta perturbações e possíveis modificações nos outros sistemas. Esta lógica é cíclica e criativa, e o surgimento de novos processos sociais depende dela. A ciência moderna, assim, convive com uma complexidade externa construída pelos outros sistemas sociais e, em função da possibilidade de ser perturbada, cria expectativas internas, novas estruturas e se dirige a configurações cada vez mais inéditas. A sociedade moderna, concebida como este todo

fragmentado, ganha novas formas de reprodução, sendo a ciência um dos elementos fundamentais da construção de seus novos elementos.

### 3.3.3 Organização: o conhecimento válido entre membro e não membro

Este contexto moderno organizado no qual uma série de sistemas se reproduz, cria também novos mecanismos de redução de complexidade, baseados em critérios de inclusão/ exclusão ressignificados. A comunicação sobre conhecimento científico e tecnologia, ao emergir agora em contextos que antes eram alheios à ciência, passam a necessitar de novos critérios de inclusão/ exclusão. Em relação a isto, a organização da ciência, ao reduzir a complexidade na forma de decisões, produz também papéis sociais que lidam, mais facilmente, com esta complexidade, como o membro de uma organização e o especialista (*expert*). Estes papéis reduzem complexidade ao generalizar os elementos da produção científica, como conhecimento verdadeiro, seguro, lucrativo, legal. O especialista pode converter a comunicação científica em comunicação política, jurídica e econômica, porém não pode ultrapassar estas fronteiras sem uma re-conversão prévia de seu papel. Pode-se dizer, que esta re-conversão é similar àquilo que Berger (1976) chama de “alternação”, o repúdio a uma identidade antiga e a aceitação de uma nova. É o sistema que concede a identidade, já que há somente algumas disponíveis relacionadas a ele, com seus códigos específicos, seus meios apropriados de diferenciar entre membro/ não-membro. A organização recodifica a identidade com base naquelas que ela aceita como legítima. Deste modo, se se assume o critério organizacional entre membros/ não-membros para a reprodução das organizações, para a definição dos seus limites, somente quem é membro, a princípio, saberia? A resposta é positiva para a sociedade moderna, com todas as consequências que isto acarretou na história do conhecimento. Membro, aqui, aproxima-se da concepção etnometodológica, ou seja, aquele que

não é apenas um ente que pertence a um determinado grupo, mas ao contrário, é um ente que compartilha a construção social daquele determinado grupo. Em outras palavras, é membro o indivíduo que domina a linguagem comum do grupo, que interage com os demais a partir de redes de significação estabelecidas nos processos interacionais (GUESSER, 2003, p. 163).

Neste sentido, uma organização, como mecanismo de demarcação sistêmica, utiliza seu histórico comunicativo para definir desde a comunicação possível até os membros. Um sistema como o científico, faz uso de sua estrutura de significados baseada no conhecimento científico que é codificado internamente para aceitar ou recusar aliados. Portanto, quem sabe deve reproduzir o conhecimento científico aceito por grupos específicos, e, mais que isso, acessar o seu significado tal como é definido entre os aliados. Como exposto por Kuhn (1995), uma comunidade científica tem muitas comunidades, assim como um paradigma é recorrentemente desafiado por concepções divergentes. Portanto, neste âmbito, a dinâmica do conflito se repete, e o que está em jogo é o controle do significado do fenômeno. O compartilhamento do significado é fundamental para uma nova tradição científica. Historicamente isto é recorrente, e se torna mais evidente em momentos de crise social ou cognitiva, quando estes limites se tornam menos rígidos devido à perda de legitimidade da instituição e do conhecimento a ela vinculado. Shapin e Schaffer (2005) enfatizam o caráter “público com acesso restrito” dos laboratórios, mostrando que no século XVII a publicização dos experimentos, por meio do testemunho, era necessária a conquista de aliados, o acesso aos espaços experimentais era garantido contanto que se desse assentimento àquelas “verdades”.

Na modernidade há um acoplamento estrutural entre sistema científico e organização científica que vincula a condição de membro da organização à condição de cientista, aquele que produz conhecimento legítimo<sup>114</sup>. Obviamente, quem quer se tornar cientista deve passar por todas as fases e mecanismos de socialização no sistema educacional, deve ter controle dos métodos e técnicas reproduzidos, e deve prestar conta aos mecanismos legais, políticos, entre outros. Ao mesmo tempo, como cientista, deve assumir determinadas posições que o vinculará a determinados significados comuns no interior de determinados grupos em litígio pela posse do monopólio da autoridade científica<sup>115</sup>. Isto quer dizer, em síntese, que obter a qualidade de membro na sociedade complexa não passa somente pela socialização no sistema educativo, mas também pela

---

<sup>114</sup> Ginzburg (2006) traz um relato esclarecedor das tensões que emergiam em um cenário de crise cognitiva após a reforma religiosa. Diversas formas de radicalismo camponês, com suas cosmogonias próprias, desafiavam a legitimidade das concepções eclesiásticas e estas, por meio de sua organização, especificamente o tribunal do santo ofício, fazia valer a legitimidade de suas posições. Pode-se antever aí um prenúncio da relação entre organização e ciência que será a forma emergente, na modernidade, para o estabelecimento de quem pode falar em nome da verdade.

<sup>115</sup> Uma outra codificação, portanto, surge desta luta pela autoridade no interior do “campo científico”, entre aquele que sabe, reconhecidamente socializado e capaz de ser reconhecido como um igual, e aquele que sabe mais, quem satisfaz às exigências de socialização para ser reconhecido como membro mas que obtém em adição a autoridade científica, elemento que recodifica a codificação primitiva entre membro e não membro.

socialização nos microgrupos que se diferenciam, como subsistemas, no interior do sistema científico. Estes fornecem as bases comunicativas, procedimentos e conteúdos, para que cada membro aceite comunique a ponto de ser compreendido não só como um cientista, mas também como membro daquele grupo. As pesquisas sobre os valores da ciência e a reprodução do conhecimento paradigmático tocam nesta dimensão, ressaltando principalmente a naturalização dos conteúdos morais e cognitivos dos grupos.

A socialização dos cientistas tende a produzir pessoas que são fortemente comprometidas com os valores centrais da ciência, que os aceitam irrefletidamente. A pesquisa como uma atividade torna-se natural para eles: eles consideram auto-evidente que pessoas são excitadas pelas descobertas, intensamente interessadas no funcionamento da natureza e comprometidas com a elaboração de teorias que não terão uso na vida cotidiana. Estes comprometimentos são os resultados de um processo prolongado de treinamento (...) no qual ele (o estudante) é extremamente dependente de seus professores. Não só o professor controla de fato seu estudante, determinando se ele terá permissão de entrar em uma profissão científica, deste modo, em que tipo de instituição, mas também a auto-compreensão do estudante é dependente da resposta do professor: a avaliação do professor tende a ser assumida pelo estudante como uma indicação do que ele “é” (HAGSTROM, 1965, p. 09).

Portanto, muito mais que dotar os indivíduos de uma carreira profissional, o processo de socialização codifica a sociedade, em relação ao conhecimento, em quem sabe/ quem não sabe. Uma outra consequência é que agora há uma relação entre organização e conhecimento, que relaciona determinados valores morais a determinados conteúdos cognitivos, ambos localizados no interior de grupos que organizam de forma idiossincrática estas duas dimensões. Isto quer dizer que, ao contrário do que afirmavam Robert Merton e sua tradição, a universalidade dos valores morais na ciência é tão problemática como a universalidade paradigmática. Os estudos etnográficos de laboratório quando tocam a dimensão moral da ciência na prática cotidiana dos cientistas, geralmente, encontram uma miríade de valores que extrapolam aqueles a que Meton fez referência em seu estudo. Mais do que isso, deriva estes valores da sociedade mais ampla, relacionando, por exemplo, a ligação ciência-economia com o aumento da fraude. Jasanoff (1997) argumenta, por exemplo, que o ceticismo organizado, uma das normas constitutivas da ciência, tem se mostrado, após anos de pesquisas em estudos sociais da ciência, como uma norma limitada em função dos comprometimentos institucionais que atualmente circundam

a ciência. Kuhn também relacionou ensino e treinamento à organização e inclusão de membros, e sua perspectiva tocava o âmbito cognitivo da reprodução dos paradigmas.

Isto tem profundas relações com o tipo de cientista que tem sido formado em seu intercurso no sistema educativo, nas universidades. Já que a organização educacional que lhe confere *expertise*, está cada vez mais observando o entorno e se reproduzindo em função de demandas externas, relacionadas à proximidade com empresas e estados nacionais, pode-se dizer que este “novo cientista” naturaliza um cenário de profunda competição entre empresas, inovação e aplicação de seus produtos. De uma forma ou de outra há um acoplamento estrutural entre os conteúdos científicos e os conteúdos dos sistemas sociais que participam de determinado regime de produção, na produção deste também novo produto científico. Um produto que corresponderá, dentro de determinados limites, a este contexto. Craig Venter é o tipo ideal deste processo e a Celera Genomics seu produto mais acabado.

### 3.4 Ciência moderna e risco tecnológico

Outra consequência da sistematização e organização dos sistemas sociais na sociedade moderna é a produção e globalização do risco. A experiência com o risco é uma dimensão fundamental da reprodução da sociedade, cada vez mais diferenciada funcionalmente e alcançando níveis de complexidade incontornáveis para os sistemas sociais, por isso maximizadora de riscos. Em culturas antigas, as preocupações com o futuro, foram tematizadas sem que se criasse uma expressão como risco, existiam funcionais equivalentes que emergiram e buscavam dar conta da incerteza do futuro, como a confiança em adivinhações de oráculos, a semântica do pecado, as evocações de deidades protetoras no comércio marítimo. Na modernidade, em que a consciência da importância das decisões emerge em função da organização da sociedade, o conteúdo metafísico das consequências futuras é abalado. Neste sentido, o significado do risco na modernidade se insere na tradição racionalista.

Em consequência, as velhas limitações cosmológicas, as constantes do ser, assim como os segredos da natureza são transformadas por novas distinções que se inserem dentro do âmbito do cálculo racional. Desta forma se tem entendido, até nossos dias, a compreensão do risco (LUHMANN, 1992, p. 56).

Principalmente a sociologia tem dado relevo a esta problemática enfocando os aspectos que a concepção moderna de risco enfatiza. Beck (2002) relaciona risco à tomadas de decisões. Para o autor, isto foi a marca da primeira modernidade, cujos efeitos evidentes foram as organizações do *Welfare state*, que baseavam sua legitimidade na eficácia da proteção dos cidadãos de perigos variados (BECK, 2002, p. 41), o que envolvia cálculos eficazes, ou seja, acertar previsões que orientavam decisões, mapeando potenciais fontes de danos, como se houvesse uma constante atualização do futuro. Mas, em uma sociedade global, de modernidade reflexiva, em que os limites da vida cotidiana são extrapolados, com o desencaixe do espaço e do tempo, as dificuldades em se indicar fontes de danos se multiplicam. É neste contexto que a ideia de risco incontrolável emerge, e ganha relevo após 11 de setembro, nos problemas ambientais, nas descobertas da biologia molecular, na exploração do mundo nanotecnológico e nas incertezas do mundo financeiro, cujas consequências desafiam previsões e a eminência do desastre é patente.

O risco incontrolável deve ser entendido não como atado ao lugar, sendo difícil imputar a um agente particular e dificilmente pode ser controlado no nível do Estado-nação. Isto também significa que os limites da segurança privada se dissolvem a partir do momento em que esta é baseada no potencial de compensação de danos e na possibilidade de estimar sua probabilidade, no sentido do cálculo quantitativo de risco. Então a questão obscura central é *como disfarçar controle em relação ao incontrolável* – na política, lei, ciência, tecnologia, economia e vida cotidiana (BECK, 2002, p. 41).

O que se apresenta em relação ao risco, acima exposto, é que a consciência da contingência da vida social, que impede a certeza no futuro, embora a afirme como técnica eficaz, tem produzido uma série de saídas para lidar com o problema do risco incontrolável, posto global. Ao se admitir isto se incorpora à busca por decisões acertadas mecanismos de compensação de erros, como *recal* em concessionárias de veículos e firmas que trabalham assumindo riscos no sistema financeiro, riscos produzidos pela própria sociedade e por causa do conhecimento alcançado por esta. De alguma forma, o disfarce da contingência requer, na maioria das vezes, um alto grau retórico no discurso, que tem que superar a qualquer custo as limitações técnicas que os mecanismos de controle apresentam sempre. Mais uma vez, a construção técnica, mecânica ou comunicativa, sofre a binarização do código funciona/ não funciona, e por isso a contingência fica sempre latente.

Giddens (1991) reforça as conclusões acima em sua análise da alta modernidade, e enfatiza também o risco moderno em contraste com risco pré-moderno, característico de consequências da natureza. Em condições de modernidade, ao contrário das sociedades tradicionais, o risco é criado socialmente, substituindo o antigo conceito de *fortuna*. O risco pressupõe, ainda, o conceito de perigo, na medida em que toda ação corre perigo, estando ou não consciente dele (GIDDENS, 1991, p.142). Estas possibilidades demandam cálculo decorrente da incerteza, mas o risco calculado não incide na consecução da ação: esta ainda está sujeita às consequências não-premeditadas, todo cálculo pode falhar, já que é técnica. Nesse sentido, se a consciência do risco e do perigo fosse cotidiana e corriqueira, a sociedade poderia chegar a um estágio de letargia e “esfriamento” de sua reprodução, ninguém agiria em decorrência da indeterminação das consequências. Mas isto não ocorre, assim, porque ações que pressupõe risco, e conseqüentemente despertam perigos, têm se institucionalizado na modernidade, neutralizando e minimizando o perigo, criando um estado de segurança e confiança em sistemas abstratos, geralmente técnicos e científicos. No entanto, a institucionalização do risco não o exclui da experiência social. O próprio Giddens (1991) ressalta que, dada a natureza reflexiva do agir moderno e das instituições baseada em conhecimento reflexivamente aplicado, um panorama de incertezas paira, e que mesmo as informações científicas dignas de confiança se sustentam em uma temporalidade provisória.

Estas posições assumem uma abordagem mundial do risco, na medida em que a sociedade moderna se identifica com processos sociais globalizantes que envolvem a todos, incluindo aí cálculo de riscos proporcional a esta situação. Não é difícil visualizar como os mecanismos de desenhaixes tempos-espaciais desenhaixam também o cálculo de risco: já que as condições de incertezas alcançam o globo em tempo real, a abrangência do cálculo deve ser proporcional a esta dimensão. Isto aparece no mercado financeiro mundial, no problema ecológico planetário, nas barreiras sanitárias e na “guerra contra o terror”, em todos estes fenômenos, os riscos envolvem a todos. Isto explicitamente é conferido em Beck (2002), que conceitua a sociedade moderna como uma sociedade mundial de risco (*world risk society*). Seu exemplo, por demais conhecido é o da formação do arsenal nuclear global com capacidade destrutiva transnacionais, em decorrência do qual todos sofrem na eventualidade de uma catástrofe (BECK, 1998). Os riscos são produzidos socialmente, assim como a confiança que se deposita nas instituições da modernidade. Deste modo, são crenças de que as expectativas que as instituições geram, se

confirmem. É sempre uma articulação do futuro no presente, uma constante atualização do futuro, onde as expectativas cobram força na produção de mecanismos para sua auto-consecução: a sociedade moderna é a sociedade das profecias que se auto-cumprem. O risco refere-se sempre a contextos, ou seja, sua natureza não é ontológica, sua existência se circunscreve aos padrões sociais existentes, compreendidos em formas sociais cristalizadas, como organizações e sistemas sociais.

### 3.4.1 Uma teoria sistêmica do risco e a dinâmica dos sistemas sociais

O processo constante de geração de comunicação pela comunicação, a autopoiesis dos sistemas sociais (LUHMANN, 2007), tem como consequência a complexificação da sociedade, o desmembramento de sua organicidade, de sua unidade funcional, e de centros de hegemonia e controle totais, pulverizando seus processos em um número grande de sistemas sociais que funcionam com sentido específico e racionalidade própria. A modernidade, neste sentido, é um fragmentar intrínseco ao sistema da sociedade, processado imanentemente, e que cria cada vez mais possibilidades distintas de observá-la, devido a perda de uma racionalidade hegemônica. Sucede que a fragmentação está inscrita, principalmente, nos limites sistêmicos, naquilo que comunicativamente é característico do sistema que se indica, sendo intrínseca a cada um o sentido que orienta as ações internas, nunca extrínseca. Nenhum sistema pode operar com o sentido alheio e só tem acesso ao sentido de *alter* quando utiliza seus próprios processos internos para acessá-lo, o que acaba por fim a esconder o sentido que busca desvelar e, neste processo de observação, revela a si mesmo. Assim, a semântica totalitária da observação privilegiada se dissolve em sentidos sistêmicos diferenciados: o acesso ao mundo externo é dado pelos processos internos que respondem a orientações semânticas peculiares. Toda forma comunicativa é elaborada internamente no sistema, toda observação e informação é necessariamente sistêmica (ver capítulo 1 desta tese).

Se se aceita estas premissas da teoria dos sistemas sociais, tem-se que atentar para o fato de que a criação de complexidade interna desencadeia possibilidades/impossibilidades e processos que extrapolam a capacidade da própria sociedade controlar os riscos de perigos emergentes. Esta impossibilidade de controle do entorno cria um tipo específico de comunicação que tematiza estes limites, evidenciando a assimetria entre a limitada capacidade operacional do presente diante da totalidade de possibilidades que o futuro

apresenta: neste contexto emerge a semântica do risco e as técnicas desenvolvidas para fazer frente a estes problemas. Esta semântica tem se afastado da referência ao indivíduo<sup>116</sup>, ligando-o a grupos, à operação de classificações por parte de culturas, instituições e organizações. Neste sentido, desloca-se de problemática psíquica para social.

O pano de fundo desta questão é – apesar de ser em primeiro lugar uma controvérsia teórica – uma melhor compreensão do alcance do problema, inspirada sobretudo pelos problemas tecnológicos e ecológicos da sociedade moderna. Com isto, se estabelece a questão de quem ou qual é a instância que decide se tem ou não que se levar em conta um risco (e em que horizonte objetivo e temporal) (LUHMANN, 1992, p. 46).

Dada a limitada capacidade psíquica de diminuir complexidade do entorno - “muitas pessoas não podem estar ciente dos vários perigos o tempo todo” (DOUGLAS; WILDAVSKY, 1983, p. 01) - ninguém é capaz de calcular o total de risco que as ameaçam. Neste sentido, a identificação e classificação do risco se identificam com determinadas formas sociais. Ademais, indivíduos que aderem a diferentes formas de organização social estão dispostos a diferentes tipos de risco, e, provavelmente, alertar a sociedade moderna para riscos “não organizados”, pode ter como efeito somente sua classificação como crença idiossincrática ou profecia religiosa. Na discussão da Lei de biossegurança brasileira o envolvimento de distintos interesses evidenciou análises de riscos variadas, do agronegócio, que via o impedimento às pesquisas biotecnológicas como um risco a produtividade no campo, das organizações científicas, que perderiam por questões técnicas a competição com grupos internacionais, até de religiosos ligados a movimentos sociais que viam os pequenos produtores sendo tutelados por tecnologias de empresas multinacionais. O que se quer argumentar com isto, para um ponto de vista sistêmico, é que os sistemas se colocam no limiar entre a baixa capacidade psíquica humana e a extrema complexidade do mundo, diminuindo a hiper-complexidade do último e colocando à disposição do primeiro, agora já sistematizado<sup>117</sup>. Guivant (1998) sintetiza esta guinada, que surge, principalmente, em decorrência das críticas que culturalistas como Mary Douglas fizeram às abordagens técnico-quantitativas.

---

<sup>116</sup> Pelo lado dos culturalistas, “cada cultura tem seus próprios problemas e riscos específicos” (DOUGLAS, 1976, p. 150).

<sup>117</sup> Este deslocamento, no entanto, não ignora que possa haver avaliações individuais do risco, Como afirma Bauman (1998, p. 239): “Viver em uma *Risikogesellschaft* (...), podemos dizer, repercute na experiência pessoal como *Risikoleben*”.

Também contrariamente à prática do analista técnico dos riscos, que isola a opinião individual, as análises provenientes das ciências sociais não se perguntam sobre as crenças particulares dos indivíduos, mas sobre as teorias e princípios que organizam seu mundo, construídos e compartilhados socialmente (GUIVANT, 1998, p. 03).

A perspectiva de Luhmann (1992) satisfaz também a esta guinada. Para tanto, sugere o conceito de comunicação e sistema, para tratar a problemática do risco na modernidade e propõe uma diferenciação entre perigo e risco. Esta conceituação, ao tratar da diferença entre sistemas, e da estrutura multisistêmica da sociedade atual, como exposto acima, sugere uma mudança com relação aos danos futuros, trata-se da “transformação de perigo em risco” (LUHMANN, 1996a, p. 465). Fala-se em perigo se o dano possível for provocado pelo entorno do sistema, se é independente de tomadas de decisões pretéritas, já que, sobre seu entorno, o sistema tem poucas margens de controle. Neste caso resta ao sistema criar mecanismos que compensem esta impossibilidade de intervenção externa, geralmente, criando decisões organizacionais. Mesmo assim, tomadas de decisão, neste sentido, ainda ficam refém da possibilidade estrutural do sistema de perceber perigos iminentes, e mesmo esta percepção, ainda que anterior ao dano, contempla uma parte muito pequena do entorno, já que a complexidade processada internamente é sempre menor que a complexidade apresentada pelo entorno (NEVES; NEVES, 2006). Releva-se, mais uma vez, o problema apresentado acima, das áreas cinzentas que o futuro apresenta em relação à decisão, e aqui já se está falando de risco. Luhmann (1992) relaciona risco ao próprio sistema, o dano sendo, então, resultado de um comportamento seu. Neste sentido, na medida em que avançam os processos que mantêm a autopoiesis do sistema, em que se desenvolvem potencialidades técnicas e também meios de realização econômicos, mais o sistema poderá influenciar seu entorno e mais sua orientação até o futuro muda de perigo a risco.

Já que cada decisão deve tomar-se no horizonte de desvantagens incertas, mas possíveis no futuro, toda decisão é arriscada. Queira ou não, a decisão é absorção de risco, independente de como se possa assimilá-lo e de quão tarde ou cedo o observador pense sobre a decisão. Ou todavia, mais drasticamente, a decisão é uma transformação de risco do que decide em perigos para os outros (LUHMANN, 1992, p. 466).

Tudo isto está ligado à forma em que se estrutura a sociedade moderna. Com o desenvolvimento de sistemas funcionais – cada um exercendo uma função específica,

reproduzindo um código específico e criando uma semântica própria, que orienta o operar – cada um deles corre risco quando decide e produz perigos para os outros. Ademais a valorização do perigo por parte dos outros sistemas é uma avaliação interna e as decisões em relação a eles – que se transformam em decisões arriscadas – pode não ser evidente para outros sistemas. Uma temática em que isto ocorre corriqueiramente é a ecológica. No Brasil, a votação da lei de biossegurança, em 2005, envolveu as mesmas percepções: os perigos e riscos envolvidos na pesquisa em biotecnologia são percebidos distintamente, por sistemas funcionais diferentes. Naquela ocasião, o debate envolveu empresas de biotecnologia, cientistas, religiosos, representantes de movimentos sociais, parlamentares, entre outros.

Quando se observa um regime de produção de conhecimento evoluindo, a dinâmica do risco e perigo na sociedade complexa é destacável, quase que automaticamente. Falou-se acima da votação da lei de biossegurança, mas poder-se-ia destacar a própria produção de conhecimento como um risco na medida em que o sistema científico não tem garantias do sucesso: alcançar a verdade sempre foi um empreendimento arriscado. Por outro lado, a percepção da sociedade complexa de suas consequências é generalizada simbolicamente em torno de uma incapacidade de controle do perigo, já que sua estrutura funcionalmente diferenciada expõe como consequência a estrutura do perigo constante devido a decisões do entorno. Ao não se poder controlar os rendimentos dos outros sistemas, fica exposta no processo de produção de conhecimento a possibilidade da proibição da pesquisa por parte da justiça, da interrupção dos financiamentos por parte da economia e do abandono da política científica: a ciência pode controlar seus processos internos, mas suas consequências externas dependem da ciclicidade dos acoplamentos estruturais.

No entanto, a própria construção do conhecimento na organização científica, na medida em que conta com outras organizações do entorno, já é um meio que “transforma perigo em risco”, absorvendo comunicativamente os perigos que os limites operacionais dos outros sistemas impõem. A ciclicidade dos acoplamentos é uma constante construção e absorção de risco. Deve-se, porém, ressaltar que nenhum regime de produção é capaz de generalizar os rendimentos dos sistemas específicos na medida em que não é um sistema social, mas acoplamentos entre sistemas. Neste sentido, mesmo os acoplamentos mais densamente construídos e os conhecimentos mais solidamente estruturados, ainda são refém dos perigos externos. Se assim não o fosse, a tendência seria de uma constante validação do conhecimento científico na sociedade moderna, o que parece não ser o caso

em decorrência das sucessivas manifestações contra a segurança dos transgênicos e da energia nuclear.

Beck (1998) refere-se a este processo como uma contínua desmonopolização das exigências do conhecimento científico na sociedade reflexiva, ao generalizar-se a ideia de que o conhecimento científico não é só “fonte de solução de problemas, mas também fonte que origina problemas” (BECK, 1998, p. 204). Neste sentido, há um balanço geral que relaciona os êxitos e fracassos da ciência, e isto vai se manifestar exatamente na crítica ao *expert* e na sua autoridade<sup>118</sup>. A ciência, quanto às suas consequências externas, não é suficiente na sociedade complexa para emprestar autoridade ao *expert* e nem para garantir a verdade de um conhecimento ou o funcionamento de uma tecnologia. Como empreendimento perigoso para outros sistemas, a consciência do risco por parte deles fez com que, no regime de produção do conhecimento atual, conhecimento generalizável seja conhecimento circulado por códigos cada vez mais distintos do tradicional verdade/ não-verdade. Conhecimento necessita ser justo, útil, econômico, saudável, do contrário, é risco.

---

<sup>118</sup> Ver Collins; Pinch (2006) a respeito da construção de níveis de autoridade de especialistas.

## CAPÍTULO 4

### A lógica seletiva da periferia do sistema mundial de ciência e tecnologia

*Não cabe desconhecer, pois, que a sociedade mundial de hoje é multifacetada e possibilita a aplicação do esquema “centro e periferia” em vários níveis.*

Marcelo Neves (2006, p. 227)

*Alguns laboratórios possuem a capacidade para utilizar ou reproduzir conhecimentos produzidos nas regiões centrais do sistema, nos centros de cálculo. Outros produzirão conhecimento que, apesar de novo ou mesmo inovador, será declarado pelos centros de cálculo como de interesse local ou regional.*

João Arriscado Nunes e Maria Eduarda Gonçalves (2001, p. 28)

Para resumir o que foi argumentado nos capítulos precedentes, o quadro abaixo visa relacionar os níveis de argumentação sistêmico e organizacional da ciência com as formas de diferenciação da sociedade, estratificada e funcionalmente diferenciada. Como se viu, o fechamento operacional da ciência tem seu marco na revolução científica do século XVII, a partir do qual, pode-se pensar a ciência como sistema fechado e operando segundo sua lógica comunicativa própria. Tal processo de fechamento ocorre a partir de uma sociedade ainda estruturada de forma estratificada, por isso os conflitos com a religião. A ciência não tem autonomia ainda e grande parte de suas comunicações são estruturadas em função do conhecimento religioso, da filosofia natural. Como um processo relacionado à sociedade estratificada, o objetivo das organizações dedicadas ao conhecimento, as universidades, era doar prestígios à nobreza e à Igreja. Deste modo, as operações sistêmicas e organizacionais da construção do conhecimento em sociedade com diferenciação estratificada estavam hierarquicamente submetidas à burocracia clerical. De outro modo, na sociedade diferenciada funcionalmente, a ordem hierárquica é substituída por uma ordem

heterárquica, com vários sistemas sociais operando segundo sua própria lógica. Nota-se claramente, neste tipo de sociedade, a ciência operando diferenciada da religião, da economia, do direito, da política, embora acoplada estruturalmente a estes sistemas. Não há mais um centro capaz de estruturar a sociedade inteira, por isso a ciência constrói um cânone cognitivo próprio e decisões organizacionais distintas dos outros sistemas. Porém, ao ser perturbada constantemente pelos outros sistemas, a ciência coevolue para formas toleradas pelo entorno. Esta evolução leva as organizações produtoras de conhecimento, laboratórios, universidades, empresas de base tecnológica, a decisões relativas à construção de tecnologias, ou de verdades eficazes. À medida que o conhecimento deixa de ser resultado de objetivos teológicos, sua dimensão técnica-instrumental emerge, ao mesmo tempo em que a ciência agora convive com outros sistemas sociais, novas formas de perturbação para seus processos autorreprodutores. A biologia segue esta mesma lógica, e pôde-se observar como a autoconstrução do subsistema biológico foi marcada por transformações que a levaram das organizações universitárias ligadas à igreja e a sua forma de ver o mundo (dogmática) às firmas de biotecnologia, submetidas ao contexto econômico, político e jurídico da sociedade mais ampla. Tal subsistema revela mais claramente esta nova disposição da ciência e aponta para desenvolvimentos em que o código estrutural é o funcionamento e o sentido da reprodução é a produção biotecnológica.

**Quadro 5 Níveis de argumentação e formas de diferenciação da sociedade**

	<i>Sociedade: diferenciada de forma estratificada</i>	<i>Sociedade: funcionalmente diferenciada</i>
<i>Nível sistêmico</i>	Natureza da explicação é teológica com respeito às “causas” dos fenômenos, o que ocorre na Revolução Científica do século XVII (Copérnico, Galileu, Descartes, Boyle, Hobbes, Bacon, Newton). São em geral animistas, e a ciência – filosofia natural – é o meio para alcançar objetivos teológicos.	Natureza da explicação é mecanicista pura com respeito ao “funcionamento” (desencantamento) (James Watson, Richard Dawkins, Modernos biólogos darwinistas). São deterministas genéticos - dogma da moderna biologia – e as causas últimas estão no funcionamento da célula (a célula se basta).
<i>Nível Organizacional</i>	A finalidade do projeto é alcançar fins de origem teológica a serviço de mecenas (enobrecer pelo conhecimento, doar prestígio) dentro do limite do que a ordem social permitia – servir ao Rei, ao Papa, ao nobre.	A finalidade do projeto é alcançar fins (geralmente tecnológicos) de origem econômica e política por meios tecnocientíficos (innovar, desenvolver, produzir) dentro dos marcos normativos da sociedade de direito, dos limites instrumentais dos interesses econômicos e políticos – servir ao governo e às empresas (ciência é o meio para objetivos instrumentais).

**Fonte:** Elaboração do autor.

Porém, a questão da ciência apresentar-se hoje como um sistema funcional global, operativamente fechado na sociedade global, não encerra suas características. A sociedade global apresenta fenômenos relacionados a locais específicos, os quais modificam as expectativas estruturais que reproduzem o sistema científico. Estes fenômenos vão estar relacionados a regimes de produção de conhecimento que emergem com base em Estados nacionais específicos. Após a descrição do contexto histórico da ciência e seu processo de organização e funcionamento atual, e a apresentação da forma como o regime de produção de conhecimento em seu processo de perturbação cíclica incide também na pesquisa biotecnológica, produzindo uma lógica baseada no funcionamento, sempre arriscado, cabe agora, observar e descrever a incidência do sistema global de ciência e tecnologia, no regime de produção de conhecimento periférico. A forma de observar, a que se está referindo, é a observação de segunda ordem, ou, observar a forma como outros sistemas observam. A diferenciação básica que se utilizará é sistema e entorno no nível mais abstrato e, ciência e sociedade, centro e periferia, ciência e organização científica, no nível mais empírico. Quais formas surgem quando se diferencia, por exemplo, ciência contemporânea da ciência moderna, o centro de um determinado sistema de sua periferia, a ciência da economia, entre outras diferenciações possíveis?

Este capítulo, portanto, busca deslocar a observação que diferencia entre atrasado e moderno ao se usar a diferenciação centro e periferia<sup>119</sup>, para uma observação que compreende tal diferenciação como resultante da auto-observação da ciência que se desenvolve em função do regime periférico de produção de conhecimento que aqui se realiza. Importa, então, observar como a periferia se observa frente ao centro. A questão é que esta auto-observação adquire uma objetividade que incide na prática científica, política econômica, enfim, no regime de produção de conhecimento, na medida em que fornece critérios para a escolha de linhas de pesquisa, políticas científicas e legislação de biossegurança, sempre no intuito de acompanhar, o que se constitui no imaginário, como “ciência de ponta”, ou central. Desta forma, tal concepção a respeito da “localização” da ciência periférica fornecerá critérios para que o observador de segunda ordem consiga perceber de fato a ciência global bifurcada em centro e periferia, e para que, desta forma, possa captar a singularidade do modelo de reprodução científica, em evolução no Brasil.

O propósito deste capítulo, ademais, é apresentar como esta forma de observação é importante para a construção do regime de produção de conhecimento, incluindo um critério a mais (centro/periferia), além daqueles já consagrados pelos estudos sociais da ciência e da tecnologia, quando observam a construção do conhecimento. Parte-se do princípio de que, ao se buscar ressaltar a contextualidade dos âmbitos tecnológicos e científicos, os esquemas de observação como interno/ externo, puro/aplicado, ciência/ tecnologia, contexto da descoberta/ contexto da justificação, perito/ leigo, remetem a descrições parciais que precisam ser incrementadas com outras possibilidades de observação, para tornar mais claro o contexto de reprodução da ciência global.

---

<sup>119</sup> No plano da evolução da sociedade, que corresponde ao modelo de Niklas Luhmann (ver LUHMANN; DE GIORGI, 1993), Neves (2006) enfatiza o caráter intermediário desta forma de diferenciação, localizando-a entre uma forma segmentaria de sociedade e outra estratificada. Deve-se ressaltar, no entanto, que tais formas não desaparecem na reprodução da sociedade, mas deixam de ser formas primárias para a reprodução. Por outro lado, tal forma de observação não faz referência, em nenhuma situação, a outros aspectos mais consagrados de seu uso, como aquele que se remete a questões geográficas ou político-ideológicas.

## 4.1 “Sociologias” e formas de observação

A sociologia da ciência<sup>120</sup> clássica, eminentemente americana, teve o objetivo de descrever a ciência ocidental a partir de um ponto de vista histórico que diferenciava a ciência antiga da ciência moderna, baseando-se em um critério temporal<sup>121</sup>. Robert K. Merton, em seu estudo sobre a ciência inglesa no século XVII, forneceu um referencial que se tornou clássico para a área, tendo este trabalho inspirado toda a linha funcionalista da ciência a partir dali. Posteriormente, outros objetivos se instalaram com a evolução do campo de pesquisa, que incluiria agora diferenciações territoriais - entre civilizações, entre continentes, entre países<sup>122</sup> -, e ainda utilizando critérios de impressão, gênero e poder. Todas estas formas de observar a ciência tiveram grupos que se destacaram em cada uma destas perspectivas parciais, ressaltando e defendendo seu critério de observação. Hess (1997) diferencia o Grupo de Columbia, formado por Robert K. Merton, Harriet Zuckerman, Jonathan Cole e Stephen Cole, do grupo formado pela rede Wisconsin-Berkeley-Cornell, integrada por Paul Alison, Handal Collins, Warren Hagstrom e Lowell Hargens. A diferenciação que o autor faz, aqui, parece referir ao funcionamento do sistema, no que se refere ao critério autonomia/condicionamento. Enquanto os primeiros tendiam a observar valorizando a autonomia - “a ciência como uma instituição relativamente eficiente” (HESS, 1997, p. 53) -, os últimos tendiam a observar a ciência como uma instituição “com significantes desigualdades de gênero e raça” (HESS, 1997; p. 53), produzindo trabalhos mais críticos em relação ao sistema. Isto não quer dizer que não houvesse intercâmbio entre os resultados alcançados. Algumas análises faziam uso de um critério mais complexo de observação valendo-se de uma perspectiva ortogonal, ou seja, cruzando, por exemplo, gênero e país<sup>123</sup>, ou ainda controle e autonomia<sup>124</sup>.

---

<sup>120</sup> Faz-se aqui uma distinção entre áreas da sociologia que investigam o problema da ciência, para evitar possíveis confusões, utilizando do critério diferenciador de Hess (1997). O autor prefere usar as expressões “Sociologia Institucional da Ciência”, para se referir aos estudos institucionais da ciência, ligados principalmente às normas e valores que orientam o sistema, e por outro lado usa a expressão “Sociologia do Conhecimento Científico”, para se referir aquele conjunto de estudos que buscam relacionar a produção de conhecimento à matriz social da ciência. Ambos apresentam uma estratégia diferenciadora, mas, enquanto a primeira vertente parte da diferenciação ciência/sociedade, a segunda investiga a diferença conhecimento científico/sociedade.

<sup>121</sup> Para a diferenciação temporal, ver o estudo histórico da ciência feito por Price (1976).

<sup>122</sup> Ver Price (1976) e Ben-David (1974).

<sup>123</sup> Neste caso, destaca-se o trabalho de Jonathan Cole e Stephen Cole (1973) em que descreve, com a tese funcionalista da estratificação, a discriminação de mulheres na ciência americana.

<sup>124</sup> Neste último caso, especificamente Hagstrom (1965) desenvolve uma tese sobre a comunidade científica combinando valores como competição e reconhecimento para explicar a lógica institucional da ciência.

Já a sociologia do conhecimento científico tem uma proposta diferente da anterior. Seu foco são os processos de produção do conhecimento científico, ressaltando a base social sobre a qual emergem consensos e controvérsias sobre determinados paradigmas. Tal vertente distancia-se das análises institucionais para se localizar, especificamente, no terreno dos conflitos entre teorias divergentes, da natureza do conhecimento científico, de sua validade, dos processos de justificação e aceitação. Ou seja, localiza o conhecimento científico na sociedade, logo seu entendimento deve passar pela explicação sociológica, assim, é “uma tentativa de entender a ciência no idioma da ciência” (BARNES *et al.*, 1996, p. VIII). Isto exige a compreensão tanto da produção do conhecimento, quanto do conhecimento *per se*, como âmbitos localizados em determinado *locus*. A maioria dos trabalhos utiliza a diferenciação local/universal para se referir ao conhecimento, valorizando positivamente o primeiro lado (o local), ressaltando principalmente a contextualidade do laboratório<sup>125</sup>. É, neste sentido, que surge um dos maiores problemas para este tipo de investigação, como aponta Shapin (1995a, p. 325): “como interpretar o relacionamento entre os apontamentos locais nos quais o conhecimento é produzido e a eficiência única com a qual parece circular?” Esta advertência foi basicamente feita por filósofos da ciência, que ao observar o conhecimento pela diferenciação social/lógico, tendiam a valorizar o segundo lado da forma, sacralizando-o. Assim, tudo aquilo que provinha do outro lado era entendido como poluentes ideológicos e compromissos políticos. Deve-se ressaltar que a abordagem epistemológica que buscava tratar “fenômenos cognitivos” apartados de “fatores sociais”, estava ligada ainda a uma semântica explicativa tributária do dualismo cartesiano (SHAPIN, 1995a). Neste sentido, foi automático assumir a sociedade como contaminante do conhecimento e considerar comprometido o conhecimento que evidencia as relações. Mais que isso, considerando este ponto de vista, a investigação sobre a validade do conhecimento ficaria restrita aos filósofos, epistemólogos, lógicos e matemáticos, assim, além de criar um esquema de observação, o dualismo cartesiano produziu uma divisão do trabalho no interior da epistemologia.

Este ceticismo quanto à relação causal entre fatores sociais e conhecimento era compartilhado também por sociólogos, principalmente, aqueles que fizeram parte da geração clássica da sociologia do conhecimento, especificamente Mannheim e Gurwitsch. Este último ilustra bem esta problemática:

---

<sup>125</sup> Explicitamente KNORR-CETINA, 2005; KNORR-CETINA, 1982; LATOUR, 1999 utilizam tal critério.

Se uma colaboração, tanto negativa como positiva, se impõe entre sociologia do conhecimento e filosofia, o domínio de uma sobre a outra está excluído. Deduzir uma epistemologia da sociologia do conhecimento seria tão nefasto quanto ligar o destino da sociologia do conhecimento a uma tomada de posição filosófica particular. Aliás, em todos os pontos de vista é indispensável ao progresso da sociologia do conhecimento que ela aprenda a permanecer modesta e renuncie a pretensões desnecessárias (GURVITCH, 1969, p. 19-20).

Este ceticismo começou a mudar em meados da década de 1970, com os trabalhos que passaram a valorizar os fatores sociais, mais que os cognitivos, na construção do conhecimento. Um grupo de novos pesquisadores passou a trabalhar no sentido de derivar uma epistemologia da sociologia. Notoriamente, o trabalho mais controverso foi realizado pela Escola de Edimburgo, através do “programa forte da sociologia da ciência”. Ao invés de se limitarem à organização científica, como fizeram os anteriores sociólogos da ciência, os entusiastas da nova sociologia do conhecimento passaram a relacionar o produto da ciência - o conhecimento científico - com sua base social, que explicaria, dentre outras coisas, as causas da variação das crenças no mundo, como elas se estabilizam, quais processos subjazem sua criação e manutenção, como se dá a fragmentação disciplinar (BLOOR, 1991). Em síntese, os trabalhos posteriores vieram apresentar a contextualidade dos processos cognitivos, ligando-os desde ao uso de equipamentos únicos (KNORR-CETINA, 2005) até ao preço do paládio (COLLINS; PINCH, 2003), dos interesses no interior do campo científico (BOURDIEU, 1983) às redes sociotécnicas (LATOUR, 1994), ao treinamento (KUHN, 1995)<sup>126</sup> e às mudanças na ordem social (SHAPIN, 1999). Das formas epistemológicas clássicas local/universal e contextual/descontextualizado, emergiram trabalhos que valorizam o primeiro lado da forma, assumindo o referencial sociológico como ferramenta para se entender a construção do conhecimento de maneira mais integral.

Estes desdobramentos da sociologia do conhecimento vieram incidir, também, em uma novíssima modalidade de investigação, a sociologia da tecnologia. Os estudos a

---

<sup>126</sup> A forma de Kuhn (1995) observar a ciência se manifesta em uma dualidade singular que substitui a dicotomia básica entre verdade/ não-verdade, por paradigma/ não-paradigma, neste sentido, Kuhn se vale de uma mudança semântica de conotações epistemológicas, mais apropriada a uma nova compreensão do trabalho científico como cristalização de “exemplares” que a todo o momento emergem e são abandonados, apresentando a tese da incomensurabilidade do conhecimento: o conhecer não nos aproxima da realidade, recria-a (BARNES, 1982).

respeito da tecnologia podem ser remontados à Escola de Frankfurt – especificamente, Habermas (1980) – ou ainda a Martin Heidegger (1997), mas, a perspectiva sociológica veio a ser desenvolvida somente no fim do século passado, levando alguns pesquisadores a romperem com a maneira tradicional de se estudar a tecnologia e seus desdobramentos sociais. Três foram os desafios: a) Superar a perspectiva individualista; b) abandonar o determinismo tecnológico; c) e abdicar da perspectiva que separava a produção tecnológica de sua base social (BIJKER *et al*, 1997). Estes desafios levavam implicitamente em seus propósitos, à abertura da caixa-preta (*black box*) da tecnologia, fazendo com que a produção tecnológica passasse a ser vista como um empreendimento aberto, que envolve as instituições e uma série de atores interagindo em redes na estabilização dos artefatos. Neste sentido é que estes estudos têm em comum a abordagem construtivista da tecnologia: os artefatos emergem e se estabilizam a partir da interação de atores, operando em um universo próprio, de sentido específico, contextualizado.

Têm-se basicamente duas perspectivas nesta vertente. Uma que se concentra no conceito de sistema e considera a heterogeneidade dos elementos envolvidos, que apresentam uma coerência autocentrada, dada pelo sentido específico envolvido na relação. Neste caso é paradigmático o trabalho de Thomas Hughes (ver capítulo 1), onde apresenta a tecnologia como produção de um sistema fechado de muitos elementos, que pode envolver artefatos físicos (geradores, transformadores, linhas de transmissão) e organizações (universidades e empresas). Hugues (1997) se baseia, principalmente, na teoria dos sistemas para sustentar que são os próprios sistemas que incorporam seus elementos e dão sentido para eles. Esta forma de observar então vale-se da dicotomia entre sistema/ambiente. A outra forma advém dos estudos das redes sociais, que quebram com a distinção entre humanos e não-humanos na construção de redes sóciotécnicas, estudando a estabilização dos artefatos tecnológicos a partir da interação de atores humanos, ambientes físicos e conhecimento. Aqui destaca-se o trabalho de Michel Calon e o desenvolvimento da teoria do ator-rede, junto com Bruno Latour (ver capítulo 1). Calon questiona, basicamente, a possibilidade de se distinguir, no processo inovador, fases ou atividades técnicas ou científicas daquelas econômicas, assumindo uma perspectiva que abole a dicotomia clássica entre internalistas/ externalistas nos estudos sociais da ciência e tecnologia (CALON, 1997). Ao reconhecer uma heterogeneidade de elementos envolvidos na rede, Calon teve que buscar uma estratégia metodológica que reduzisse o número deles, valendo-se do conceito de simplificação, o qual permite manusear, compreensivamente, a

extrema complexidade dos elementos envolvidos, incluindo os elementos “não-humanos”. Mas, ainda assim, é necessário um outro conceito, a saber, o de justaposição, ou seja, a limitação do contexto no qual os elementos simplificados estão justapostos: “as simplificações só são possíveis se os elementos estão justapostos em uma rede de relações, mas a justaposição dos elementos requer que eles estejam simplificados” (CALON, 1997, p. 95).

Estas duas formas de abordagem estão presentes também em estudos que buscam relacionar sociedade moderna e tecnologia, ressaltando a retroalimentação – co-construção, nas palavras de Misa (2003) – entre modernidade e técnica.

Tecnologias interagem profundamente com natureza e cultura, mas as interações envolvem influências mútuas, incertezas e ambigüidade histórica, produzindo resistência, acomodação, aceitação e, ainda, entusiasmo. Na tentativa de captar estas relações fluídas, nós adotamos a noção de co-construção (MISA, 2003, p. 03).

A partir da diferenciação temporal do conhecimento tecnológico entre pré-moderno e moderno emergem novas formas relacionadas a cada lado da diferenciação, como risco tecnológico, aparentemente inexistente em sociedades pré-modernas, e a fricção entre o global e o local (RIP, 2003), ressaltando a circulação e descontextualização de artefatos.

Todas estas abordagens da ciência e tecnologia produziram formas específicas para observar estes âmbitos. Cada qual era referido a determinado *locus*, contexto ou ambiente, que imperavam condicionantes retroativamente. Assim, a instituição científica ocidental tinha uma afinidade eletiva com o protestantismo inglês, a validação do conhecimento científico tinha rastro na cultura mais ampla e a tecnologia era negociada pela rede de atores subjacentes. Estas abordagens, porém, não exploraram, com suficiente cuidado, as influências que os contextos centrais e periféricos de produção científica e tecnológica tiveram para a instituição, o conhecimento e os artefatos. Isso quer dizer que os condicionantes relacionados à diferenciação centro/periferia não estiveram presentes, ou estiveram secundariamente nas observações clássicas sobre a organização científica e o conteúdo do conhecimento. É claro que o próprio contexto influenciou para tanto, afinal, os estudos sociais da ciência tiveram matriz eminentemente americana, ao passo que a sociologia do conhecimento científico era europeia (HESS, 1997) e a sociologia da tecnologia teve um contexto misto euro-americano. Ou seja, todas as vertentes emergiram

no contexto central. Na divisão do trabalho do sistema internacional de ciência e tecnologia, cabe à periferia a tarefa de pensar a periferia.

Torna-se *mister* então observar o sistema mundial de ciência e tecnologia e ver quais as consequências que uma diferenciação centro/periferia acarreta para a percepção e prática da ciência e tecnologia. O que se quer dizer é que matriz cultural e institucional periférica, seu modelo modernizador e suas instituições, importam para o entendimento da produção científica e tecnológica autóctone, já que estruturam formas de observação singulares. Neste sentido, a diferenciação envolve muito mais elementos do que a simples diferenciação entre consumidores e produtores de conhecimento e tecnologia<sup>127</sup>: centro/periferia, como esquema de observação envolve um “corte no mundo” que condiciona os processos científicos que ocorrem no interior dos subsistemas científicos. Isto se coaduna com a ideia de “distribuição desigual” dentro do sistema-mundo, segundo a concepção de Walerstein (2006), ao atentar para a desigual distribuição dos recursos intelectuais, econômicos, políticos que, peculiarmente, estruturam os sistemas nacionais. Entender o mundo como um sistema interligado por uma rede tecnocientífica, faz com que se atente para as especificidades que emergem nos nós que estruturam o que se chamará de sistema mundial de ciência e tecnologia (NUNES, 2001). Como a periferia observou a ciência, conhecimento e tecnologia, portanto?

## 4.2 centro/periferia e o contexto periférico

Os estudos periféricos da ciência, conhecimento e tecnologia foram inflacionados em temáticas como ciência e desenvolvimento<sup>128</sup>, dependência tecnológica, ciência e estado<sup>129</sup>, ciência e economia, cientometria, entre outras. Estas temáticas tangenciavam quase sempre o nível da sociologia institucional da ciência, e tinham, no funcionalismo americano (através de Robert Merton), sua base teórica. Neste sentido, tratavam preferencialmente dos problemas relacionados à relação ciência e sociedade, mas ainda no

---

<sup>127</sup> Esta diferenciação foi usada por Burgos (1996) para caracterizar a especificidade do caso brasileiro na ciência mundial.

<sup>128</sup> Ver, por exemplo, Slingh (1975) para o caso indiano, Arango (1975) para o caso colombiano e Herrera (1975) para o caso latino-americano. Para uma perspectiva atual e comparativa, ver Barros (2005)

<sup>129</sup> Destaca-se o estudo de Morel (1979a) sobre a política científica e tecnológica brasileira, em que se ressalta a forma que a ciência adquiriu ao se institucionalizar a partir da década de 50 no Brasil. A análise se vincula principalmente a abordagens institucionais que relacionam configuração a interesses, principalmente econômicos e políticos. Ou seja, ainda que faça críticas a abordagem mertoniana, Morel aceita sua divisão entre âmbitos, invertendo somente as forças que motivam os atores, do desinteresse e comunismo ao interesse e competição.

nível institucional. Isto equivalia a duas formas dicotômicas de correspondência entre estes dois âmbitos, a primeira relacionava a ciência nacional ao panorama da sociedade global e a segunda relacionava a sociedade territorializada, suas instituições nacionais e cultura local, à forma histórica adquirida pela ciência. Muitas vezes, as análises superavam o plano sociológico e localizavam-se no terreno econômico, degenerando-se na lógica normativa, concebendo a ciência como âmbito necessário ao desenvolvimento econômico.

A preocupação de legitimar os estudos da ciência e tecnologia no Brasil fez com que, desde cedo, houvesse uma neurose economicista e desenvolvimentista na abordagem, tendo consequências profundas na amplitude dos estudos, reduzindo os limites temáticos. Negligenciou-se, por exemplo, a construção social do conhecimento na periferia. Ora, se há diferenças substanciais entre produção central e periférica de conhecimentos, deveria se investigar as diferenças cognitivas que surgem, ou se investigar as condições que imperam no conteúdo do conhecimento autóctone, ou ainda a recepção de conhecimento, tecnologia e formas de organização da pesquisa. Estes pontos, porém, foram solapados da agenda sociológica da ciência periférica pelo afã da autojustificação social, sinal implícito da baixa institucionalização da atividade científica na periferia. Burgos (1996) refere-se à baixa institucionalização utilizando a hipótese da fragilidade das redes tecnocientíficas na periferia, pouco alargadas, envolvendo poucos atores. Outra hipótese é sugerida por Schwartzman (1979) e se refere à herança ibérica e escolástica na “cultura científica” brasileira, que reproduziu aqui a atitude refratária que Portugal teve com o “novo espírito científico”.

No entanto, isto muda mais recentemente. Algumas iniciativas emergem tentando superar esta fase “desenvolvimentista” da sociologia da ciência periférica, atentando para fenômenos que surgem quando se começa a cruzar a diferença centro/periferia com outras surgidas nos estudos sociais da ciência mais recentes, como laboratório/mundo. É o caso da investigação de Nunes (2001) sobre a pesquisa do cancro em Portugal, ao abordar a necessidade de uma nova contextualização da análise.

Os etnógrafos de laboratório devem observar mais de perto o modo como variações locais entre laboratórios organizados segundo as prescrições dominantes da ciência ocidental são mediadas por diferenças nos meios sociais e culturais locais e nacionais em que os laboratórios se situam, em função da posição destes no sistema mundial de ciência. Que diferenças existem entre o trabalho laboratorial na física, na biologia molecular, na imunologia ou na neurofisiologia num instituto de investigação na Califórnia, num laboratório universitário no Brasil ou

numa unidade de pesquisa em Portugal? E como são elas expressas no, e pelo, trabalho laboratorial? (...) E, se for este o caso, como são elas transformadas em elementos relevantes na 'refiguração' do mundo que tem lugar no laboratório e nas atividades que permitem a este articular-se com as dinâmicas globais da investigação científica? (NUNES, 2001, p. 37-38).

Esta proposta difere, fundamentalmente, da maior parte dos estudos da ciência na periferia a que a sociologia esteve vinculada, que reiterava principalmente uma concepção parcial e limitada da ciência e tecnologia periféricas. Esta concepção reproduzia corriqueiramente que a condição periférica se confundia com a condição subordinada dos conteúdos cognitivos originais construídos na periferia, o que, portanto, sempre obrigou a pesquisa, aqui instalada, ao trabalho em ciência normal, segundo a definição de Kuhn (1995). Ou seja, a periferia era um apêndice que reproduzia a ciência normal, após revoluções científicas centrais. O que localizava, portanto, a sociologia da ciência brasileira em uma área como os estudos históricos da ciência<sup>130</sup>.

Porque há provavelmente pouco a conhecer e narrar em relação à história das ideias originais e próprias ou de impactos realmente significativos da ciência sobre a sociedade e economia, em contextos em que a atividade científica sempre teve uma importância e uma prioridade relativamente marginal; mas há certamente muito a contar e a entender a respeito dos esforços de estabelecer uma ciência 'normal', um sistema universitário moderno e uma capacidade de participar de maneira efetiva, ainda que não central, das fronteiras contemporâneas do conhecimento. É a história deste esforço, com seus sucessos e fracassos, que necessita ser contada e entendida (SCHWARTZMAN, 1979, p. 08).

Na esteira do que afirma Schwartzman acima, uma parte da sociologia brasileira não esteve convencida de que a diferenciação supracitada, centro/periferia, tão utilizada em teses sobre o desenvolvimento, estado e economia, poderia ser utilizada também quando se tem como objeto o conhecimento científico e tecnológico da periferia, ou seja, em outro nível da abordagem dos estudos sociais da ciência e tecnologia. Parte disso deve-se a constituição da sociologia da ciência no Brasil, como afirmado acima, mas, uma outra parte, deve-se a pouca penetração que os estudos tiveram aqui: usou-se muito como referencial teórico e pouco como inspiração temática e metodológica. Neste sentido, é

---

<sup>130</sup> Mais uma influência mertoniana. Nestes estudos destacam-se o trabalho sobre a Escola de Minas de Ouro Preto de Carvalho (2002), o trabalho de Fernandes (1990) sobre a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência e o já clássico estudo de Schwartzman (1979) sobre a comunidade científica brasileira.

sintomático passagens como a de Freitas abaixo, as quais evidenciam a concepção mais difundida da sociologia periférica, em relação ao estudo sociológico do conhecimento.

Há, entretanto, uma razão ainda mais forte para rejeitar a ideia de que o exame da ciência "em construção" é relevante. Em uma linha de montagem de verdade, todo (ou pelo menos quase todo) produto que vem a ser montado é retido. Seria um absurdo montar cem carros para aproveitar um e eliminar os demais. Mas, no caso da ciência, é exatamente isto o que ocorre. "Monta-se" muito e aproveita-se pouco. Daí que querer dizer alguma coisa relevante sobre o conhecimento concentrando-se na sua "construção social" envolve desconhecer que apenas uma pequena proporção do que se constrói permanece de pé e que, portanto, muito mais importante do que mostrar o caráter "socialmente construído" do conhecimento é explicar o que mantém esta referida pequena proporção de pé (FREITAS, 1998, p. 79).

Se o que Schwartzman faz é limitar o escopo investigativo da sociologia da ciência em relação ao conhecimento – na medida em que na “linha de montagem” da ciência mundial não há conhecimento periférico de pé, paradigmático, não havendo, portanto, o que se conhecer sobre ele que seja relevante sociologicamente, afinal o local das controvérsias foi em outros sítios, sua circulação sofreu das condições sociais de outros locais – Springer de Freitas critica estes estudos por razões relacionadas a uma concepção epistemológica, devido a sua ligação ao racionalismo crítico de Karl Popper. Estas duas concepções, enfim, minariam, por razões distintas, o estabelecimento da sociologia do conhecimento fora de seu *locus* original, os centros do sistema mundial de ciência e tecnologia.

Como superar esta tendência historiográfica-econômica-desenvolvimentista dos estudos sociais da ciência no Brasil, que se pode chamar da “maldição da ciência normal”? É preciso cruzar a condição periférica da ciência brasileira com os outros códigos que os estudos sociológicos da ciência centrais utilizaram para observar sua própria ciência, conhecimento e tecnologia, contextualizando, em mais um nível, a produção. Isto exige tratar a ciência em sua lógica própria, porém, contextualizando esta lógica em decorrência de distintas condições sociais que surgem em função da constituição específica dos regimes de produção do sistema mundial de ciência e tecnologia, e que interferem nos processos científicos locais. Isto sugere superar a primazia no estudo das fases de constituição das instituições científicas e do sistema nacional de ciência e tecnologia e se concentrar na maneira de se produzir, legitimar e circular conhecimento e tecnologia nativos e, ainda, atentar para os conteúdos cognitivos aqui emergentes. Emergem novos

conhecimentos, surgem novas tecnologias e novas formas de organização da pesquisa, e isso é vinculado à condição periférica da ciência brasileira. Neste sentido, o fato de se fazer “ciência normal” não impossibilita analisar sociologicamente alguns fenômenos que não são “revolucionários”: os estudos sociais da ciência e da tecnologia não pesquisam somente mudanças de paradigmas, surgimento de ideias novas, mas sua legitimação, incorporação e expansão.

As formas de observação possíveis são muitas, mas é de fundamental importância que se utilize como forma da observação orientadora, a diferenciação centro/periferia. Esta estratégia metodológica sugere que se tenha, como segunda forma de observação, todas aquelas listadas acima, cruzando-as na análise. Tudo isto se coaduna com o modo como esta forma tem sido tratada, recentemente, por pesquisadores que se interessam pela dinâmica dos sistemas funcionais na periferia, como é o caso de Neves (2006). Segundo este, que estudou o sistema do direito, ainda que a sociedade mundial condicione o processo de realização do Estado Democrático de Direito em todo o globo, este processo ainda convive com uma bifurcação primária centro/periferia, ou seja, esta diferenciação importa e traz “problemas diferentes para as respectivas organizações político-jurídicas” (NEVES, 2006, p. 226), estatalmente organizadas. Para os objetivos desta tese, pode-se chamar de organizações político-científicas, sócio-cognitivas e ainda sócio-tecnológicas. Mas não se deve entender as posições centrais e periféricas estaticamente, ou seja, em um sentido fatalístico, já que, “os recentes desenvolvimentos da sociedade mundial apontam no sentido de uma mobilidade nas posições de centro e periferia, podendo-se observar também tendências a uma paradoxal periferização do centro” (NEVES, 2006, p. 227).

Neste sentido, a ciência mundial é dinâmica e engendra processos dos mais variados, de acordo com a territorialidade, a localização e a contextualidade de seus sistemas funcionais. Isto não significa um argumento contra a tese da globalização, pelo contrário, o que se quer dizer é que o condicionamento dos processos internos desses sistemas não se resume ao Estado Nacional, tendo os sistemas funcionais como a técnica, o transporte, a ciência e o direito, por exemplo, uma auto-influência mútua que se dá no âmbito mundial, já que eles se encontram estruturalmente acoplados. Para o caso do sistema científico, sua estrutura já se apresenta globalizada desde muito tempo, este processo, tem seu centro de expansão na revolução científica dos dezessete e estava ligado, principalmente, ao desenvolvimento dos meios de comunicação, a expansão e criação de revistas científicas, viagens científicas e expansão dos sistemas universitários. Este

processo seguiu a dinâmica geral da sociedade que também se globalizava economicamente por meio da intensificação do mercado internacional, do direito, da religião. Estes processos só são captados em sua complexidade se se complexifica o entendimento de seus contextos, não só relacionando as condições periféricas às políticas científicas<sup>131</sup>, à ideologia estatal<sup>132</sup>, às instituições científicas, aos grupos de pesquisa<sup>133</sup>, ou seja, privilegiando sua dimensão político-científica, mas também relacionando-as ao uso, produção e conteúdo do conhecimento, à recepção das ideias centrais, à recepção de tecnologias centrais, à produção de tecnologias próprias<sup>134</sup>. Assim, de maneira esquemática, as três subdivisões da sociologia – sociologia da ciência, sociologia do conhecimento e sociologia da tecnologia –, com seus códigos subjacentes, é precedida por uma diferenciação mais basal da sociedade mundial, qual seja, a diferenciação centro/periferia.

A radicalidade da tese construtivista exige radicalizar a observação, já que as possibilidades abertas por tais propostas recaem exatamente no caráter contextual do conhecimento, que no atual quadro da sociedade mundial ainda é afetado por fatores ligados à diferenciação entre centro e periferia. Por exemplo, da diferenciação política na ciência segue o código prestígio/não prestígio como diferenciador de diversos processos científico tais como sistema de status, reputação, circulação de conhecimento, autoridade<sup>135</sup>, logo, este código articulado ao de centro/periferia apresentaria as limitação da periferia em ter seu conhecimento aceito como legítimo, dificuldade em sua circulação e, é isto que mais importa, a “realidade” contextualmente construída sofreria então de fatores extra-científicos: a “realidade” seria o resultado de um processo social de diferenciação. Assim, a mobilização dos atores na construção das redes para que o

---

<sup>131</sup> A este respeito, ver Baumgartem (2003).

<sup>132</sup> Ver Morel (1979b)

<sup>133</sup> Ver Zarur (1994). Este trabalho especificamente, ainda que seja modesto em sua abrangência (não incorpora o âmbito cognitivo da ciência), é um indicativo de como alguns elementos da cultura (no caso, o sistema de status particular, o patrimonialismo e família reconstruída) operam na estruturação das organizações científicas - Zarur estudou grupos em geofísica aplicada e zoologia. É pedagógica sua afirmação de que “a nosso ver a questão (da formação dos grupos no Brasil) não parece ser apenas de ‘incipiência’ e ‘deficiência do processo de institucionalização’ da ciência, mas a própria cultura brasileira operando no contexto científico” (ZARUR, 1994, p. 63). Ou seja, ainda que institucionalizada nos moldes centrais, nossa condição periférica, com uma cultura distinta e peculiar, importará na construção da ciência.

<sup>134</sup> Aqui parece evidente uma diferenciação na maneira de conceber estes estudos periféricos, possibilitando estudos sobre o conteúdo do conhecimento, já que, dada a mobilidade do centro e da periferia, conhecimentos novos tem surgido na periferia e se estabilizando como paradigmáticos, inclusive no centro; tecnologias têm emergido periféricamente, patentes tem sido asseguradas, ainda que a tendência a concentração continue, como argumenta Barros (2005). Exemplos dessa dinâmica não faltam ao Brasil, como é o caso das pesquisas do Instituto Oswaldo Cruz e da Embrapa, e de projetos como o GENOMA CANA.

<sup>135</sup> Sobre a política da ciência, ver BOURDIEU (1983).

conhecimento e tecnologia pudessem circular, ficaria limitada pela diferenciação centro/periferia. A possibilidade de negligenciar esta diferenciação só seria aceita em situações ideais de fluxo comunicativo perfeito, sistema de status equânime, relações acadêmicas horizontalizadas, o que está longe de ser o caso, haja vista a própria tendência da sociologia da ciência em incorporar a teoria do conflito em suas abordagens a partir da década de 70. Esta verticalização da prática científica, sua dinâmica produtora de hierarquias é o que incide sobremaneira nas diferenças entre centro e periferia, ainda que estas diferenças também ocorram quando se trate exclusivamente de contextos centrais ou periféricos, como no caso das minorias, como afirma Cole e Cole (1973, p. 08), “a estratificação parece ser um daqueles raros princípios universais”. A estratificação é assim um princípio latente nas formas de se auto-observar da periferia do sistema mundial de ciência e tecnologia e condiciona suas formas de reprodução, portanto.

É sobre a especificidade que pairam os problemas decorrentes do emprego de ciência e tecnologia fora de seus locais de produção, incluído problemas ambientais, à saúde humana, dependência tecnológica, *Brain drain*, culturais. Mais que isso, como argumenta Hess (1997), a preocupação pública com ciência e tecnologia envolve mais que nunca um âmbito ético, neste sentido, as implicações dos novos conteúdos cognitivos da ciência ou das novas tecnologias têm aumentado a sensibilidade pública dos efeitos, já que eles incidem inclusive sobre regras morais. As discussões recentes no Brasil sobre o uso de células-tronco ilustram como o conhecimento, a construção de redes, não passa incólume pela forma assumida pela sociedade, o que envolve os conteúdos culturais e morais territorialmente organizados. A sociedade tem se colocado, cada país a sua maneira, as interrogações abaixo, e as respostas variam de acordo com cada contexto.

Como podem as sociedades alcançar uma relação ecológica mais sustentável? Como os princípios democráticos podem ser incorporados na política científica? Como a tecnologia e o espaço urbano podem ser reformados de uma maneira mais equitativa? (HESS, 1997, p. 149).

#### 4.3 Centro/periferia na construção do sistema científico

O contexto mais geral da investigação, aquele que transcende as paredes do laboratório, está, de uma forma ou de outra, incidindo internamente. Como se tem afirmado, no plano dos sistemas sociais, o acoplamento entre sistema e entorno é

fundamental para se entender inclusive por que se pesquisa o que se pesquisa, por que se faz como se faz e por que vê o que vê. Isto, como se disse no primeiro capítulo, ocorre porque não há nenhum âmbito transcendente no fenômeno social, e a ciência, como qualquer outro fenômeno social, baseia-se nos processos comunicativos que se estabilizaram em sua história sistêmica. Mais do que isto, os sistemas são sensíveis aos ambientes em função da possibilidade de observação que engendram. Estas possibilidades emergem no plano sistêmico como capacidade de conexão, sempre seletiva, com o entorno (realidade, fenômeno), e no plano dos sistemas organizacionais com a capacidade de observar as decisões de outras organizações, como as organizações políticas, econômicas, jurídicas, entre outras. Neste sentido, este contato com o entorno, envolve uma tolerância deste, as possibilidades “reais” de uma teoria para o sistema e as possibilidades de financiamento, legalidade, moralidade, lucro para as organizações. É este relacionamento seletivo que se tem chamado acoplamento estrutural, porque ainda que o sistema dependa do entorno, ele não é definido em função do, mas a partir de si mesmo. As definições internas portanto seguem aquilo que foi estabilizado como comunicação seletivamente incorporada, resignificada, e estabilizada como estrutura de expectativa.

Assim, a diferenciação centro/periferia estaria sendo utilizada pelas organizações científicas para observar e como consequência para se estruturar frente ao entorno, produzindo uma série de processos internos vinculados a esta forma de observação do entorno. Não é só nas organizações científicas que esta forma emerge, as políticas científicas e tecnológicas no Brasil, historicamente, se estruturaram em torno desta forma de observação. Ela cria uma hierarquia no sistema científico global em torno de instituições mais ou menos desenvolvidas, embora só se possa considerar isto, se se parte de uma forma de observação que considere a sociedade global e não demarcada regionalmente (LUHMANN, 2007). Portanto, a melhor definição que no momento poderia ser apresentada para se entender os fenômenos de diferenciação na sociedade, seria a de uma sociedade global de sistemas funcionais hierarquicamente diferenciados entre centro e periferia. Em função disto, Neves (2006) vai definir os “países periféricos” a partir de uma realização insuficiente desta diferenciação funcional, embora isto não envolva um abandono do argumento da sociedade moderna em realidades periféricas, como o Brasil, que já não podem ser tratadas como “sociedades tradicionais”.

Pelo contrário, não existe nenhuma relação seletiva adequada entre sistemas e os seus respectivos ambientes, entre aumento da complexidade sistêmica e correspondente redução da complexidade ambiental. Há uma carência muito elevada de capacidade funcional dos diferentes sistemas parciais, pois eles não se apresentam em condições de estruturar ou determinar suficientemente a complexidade (NEVES, 2006, p. 17).

O que Neves (2006, p. 17) quer dizer é que, em realidades periféricas, vão existir “vínculos não suficientemente complexos entre sistema e ambiente, que levam à degeneração da ‘correspondente segurança de expectativas’ e fazem surgir um excesso de novos problemas (mais possibilidades)”. Isto exporia os sistemas da modernidade periférica diante de uma “complexidade desestruturada” e “desestruturante”, incapazes de direcionarem a complexidade ambiental em função de suas expectativas autônomas internas, que Neves (2006) conceitua como modernidade negativa. Isto envolve, por exemplo, no caso do direito, insuficiente fechamento sistêmico em função de vários fatores, como a hipertrofia do código ter/não ter, acabando por gerar intervenções degenerativas do entorno, ou *alopoiésis* (NEVES, 2001). A realidade periférica se apresenta com níveis não estruturados de complexidade, o que traz problemas de hipercomplexidade sistêmica para toda a sociedade na medida em que as expectativas funcionais são contrariadas constantemente por intervenções intersistêmicas por meio da sobreposição de códigos outros, como o poder e o ter.

A questão a se averiguar, portanto, é qual elemento social da “modernidade periférica” tem incidido em uma diferenciação, ou na escassez dela, no plano das relações entre sistema e entorno. A baixa institucionalização, como afirmado acima, é um elemento importante já que, em face deste problema, os limites sistema/entorno não são suficientemente explícitos. A explicitação dos elementos exporá os fenômenos específicos reproduzidos no interior da ciência que se diferencia na modernidade periférica. Quer dizer, os critérios de seleção que se cristalizam e criam as expectativas estruturais que orientam a organização científica na periferia, dependem da definição das diferenciações privilegiadas neste contexto. Esta definição expõe a tendência aos particularismos regionais que surgem em função das configurações institucionais híbridas, que se manifestam na sociedade global, diferenciada funcionalmente. Embora a ciência seja um sistema funcional global, ela se diferencia no plano da relação ciência e sociedade em função destas configurações regionais. Por isso, “o universalismo dos sistemas funcionais que operam na sociedade do mundo, longe de excluir os particularismos os estimula”

(LUHMANN, 2007, p. 128). De que forma estes particularismos são estimulados, a despeito da lógica global de diferenciação funcional?

Várias respostas foram tentadas, além da de Neves (2001) exposta acima, e elas buscam captar a especificidade regional com base na interação de sistemas funcionais fechados. O conceito mais compreensivo para ressaltar a especificidade e a tendência de configurações idiossincráticas no plano da política e do direito na modernidade foi reformulado por Teubner (2005), qual seja, a teoria dos regimes de produção, como exposto no capítulo 1. Nele, a tese da tendência da uniformização dos processos sociais decorrentes do fenômeno da globalização é investigada e negada. Mesmo com a globalização do mercado e das tecnologias de informação, “as condições econômicas do capitalismo avançado não estão convergindo. (...) as divergências institucionais entre as sociedades industriais desenvolvidas aumentaram ao invés de diminuir” (TEUBNER, 2005, p. 132). A que se deve então este fenômeno aparentemente contra-intuitivo? Fundamentalmente aos acoplamentos plurilaterais de sistemas sociais autônomos que formam regimes de produção contextualizados nos limites dos Estados nacionais. “Isto significa que há necessidade de uma modificação teórica que passa da ideia de reciprocidade nos acoplamentos estruturais bipolares para a ideia de ciclicidade em relações intersistêmicas pluripolares” (TEUBNER, 2005, p. 137). O que Teubner quer argumentar é que a ciclicidade das perturbações recíprocas intersistêmicas engendrará um novo nível de complexidade, para cada sistema envolvido no regime de produção regional, da sociedade global. Nesta observação inclui-se a tese da *alopoiésis*, como fenômeno decorrente das especificidades das relações inter-sistêmicas regionais. Estas relações dão-se no plano da evolução da sociedade global, portanto, são historicamente condicionadas a perturbações que as instituições e sistemas locais desenvolveram: o regime de produção, neste sentido, apresenta uma natureza contextualizada e histórica. Este processo cria especificidades locais. Como segue, Teubner exemplifica como funciona a dinâmica da ciclicidade dos regimes de produção:

Tomemos o exemplo das normas técnicas. Resultados de pesquisas científicas que provocam impulsos, modificando a definição de *standards* técnicos, não podem ser justificados como tais, mas apenas percebidos como irritações do sistema jurídico. Essas irritações, por sua vez, forçam o direito a reconstruir novas normas. No lado jurídico do regime de produção, meras correlações entre o crescimento e a tendência para o risco, tal como foram concebidas pelo lado científico, são “desentendidas” de tal modo como se determinassem, num certo ponto, a

mudança da legalidade para a ilegalidade de um comportamento, recontextualizando-a como norma na rede de diferenciações jurídicas. Essa norma, por sua vez, não vale para o sistema econômico como uma máxima categórica de comportamento, mas sim como uma irritação de custos, que depende da probabilidade de esse comportamento ser descoberto e da intensidade com a qual é sancionado. O aumento de custos, por sua vez, irrita a política por meio das intervenções dos lobistas. A política se vê obrigada a reformular os *standards*, até o ponto que, mais uma vez, irritam os técnicos, que são forçados a revê-los e reformula-los. O *Chinese whisper* das reconstruções originadas por perturbações provoca, dessa maneira, uma dinâmica cíclica de inovações permanentes que chega a um equilíbrio momentâneo, quando os sistemas em jogo desenvolveram valores relativamente estáveis em sua própria esfera e enquanto eles sejam compatíveis entre si (Teubner, 2005, p. 138).

O ciclo de irritações recíprocas é observado, especificamente, pelos sistemas, de modo que a criação de novas estruturas, emergentes, se deve à ciclicidade do relacionamento entre os sistemas, provocando desvios em função de contextos institucionais específicos. No sistema, estes desvios surgem em função dos mecanismos evolutivos – variação, seleção e restabilização –, do modo como seus resultados se cumprem no sistema e nele assumem valor estrutural e marco para a ação. Neste sentido, a variação na comunicação sistêmica, produzindo elementos divergentes com o passado, expõe o sistema a uma complexidade que demandará seleção, o que resulta em uma nova estrutura de expectativas, em uma restabilização, finalmente, em um “equilíbrio momentâneo”. Este equilíbrio caracterizará as especificidades institucionais nos regimes de produção regionais, e isto impedirá a convergência institucional no plano global, produzindo e reproduzindo, finalmente, hierarquias sistêmicas do tipo centro/periferia.

Está claro que um determinado regime de produção caracterizado pela ilegalidade do uso de células-tronco, impedindo a pesquisa, trará problemas à ciência regional no que tange à tecnologia, ao controle das novas terapias que poderão emergir em função das pesquisas nesta área de fronteira. Isto produz uma hierarquia muito conhecida entre ciência de ponta/ciência atrasada, construindo um centro no sistema mundial de ciência, concomitantemente uma periferia. Ao mesmo tempo, empresas econômicas de diagnóstico e tratamento não poderão aderir a este paradigma tecnológico, podendo perder competitividade global em função de oferta de tecnologias obsoletas. Esta ciclicidade de relações pluripolares pode obter uma estabilidade estrutural momentânea, mas não estará imune a pressões ambientais de toda ordem, na medida em que, por exemplo, deficientes físicos constituam grupos de pressão e movimentos de protestos para pressionarem a

política por medidas contrárias à ilegalidade jurídica de tais pesquisas. Em um sistema global, como a ciência, em que os fluxos comunicativos são intensos e a informação renovada *just-in-time*, as pressões ambientais são também pressões regionais já que “invenções sociais feitas em contextos que definem e restringem a si mesmos como contextos nacionais são percebidos por observadores estrangeiros e eles – se as invenções são sucessos – tentam imitá-las” (STICHWEH, 1996, p.330). Mas a cópia nunca é a mesma, é sempre resultado dos regimes de produção. Vejas as legislações nacionais, por exemplo, a respeito das pesquisas com células-tronco. O quadro foi publicado anteriormente a votação do Superior Tribunal Federal brasileiro aprovando o uso de células-tronco, em pesquisa e terapia, ocorrida em 29 de maio de 2008 (Lei de Biossegurança, número 11.105, de 24 de março de 2005). Estes contrastes na legislação importam para a hierarquização da pesquisa científica na medida em que funcionam como contextos normativos para a prática científica. .

**Quadro 6 Exemplos de Legislações nacionais a respeito de pesquisa com células-tronco**

EUA – Proíbe aplicação de verbas do governo federal em pesquisas envolvendo embriões humanos, exceto no caso de 19 linhagens de células-tronco já derivadas quando a lei foi aprovada <sup>136</sup> . Estados como a Califórnia permitem e patrocinam esse tipo de pesquisa – inclusive a clonagem terapêutica.	Reino Unido – Permite a clonagem terapêutica, ou seja, a criação de embriões por meio de clonagem para sua posterior destruição.
Alemanha – Permite a pesquisa com linhagens de células-tronco existentes e sua importação, mas proíbe a destruição de embriões.	França – Não tem legislação específica, mas permite a pesquisa com linhagens existentes de células-tronco embrionárias e com embriões de descarte.
China – permite todas as pesquisas com embriões.	Índia – proíbe a clonagem terapêutica, mas permite outras pesquisas.
México – Permite o uso de embriões e a criação de embriões para pesquisa	África do Sul – Permite todo tipo de pesquisa com embriões.

Fonte: Elaboração do autor, a partir de Folha de São Paulo, <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u378601.shtml>, acesso em 05/03/2008.

Retornemos aos mecanismos evolutivos para compreender, portanto, o contexto científico e tecnológico em função do regime de produção aqui instalado. Qual o padrão

<sup>136</sup> Recentemente a aplicação de verbas públicas para pesquisa foi permitida dois meses após Barak Obama assumir a presidência. O discurso geral foi de que outros países que estavam investindo montantes consideráveis de verbas públicas superariam os americanos na pesquisa biomédica. Esta é a lógica da globalização da ciência e da competição entre firmas no mercado global, suplantando possíveis resquícios de ordens morais regionalizadas.

regional, periférico, de variação institucional do regime de produção? E como se seleciona e novamente estabiliza estruturas sistêmicas? É importante frisar que se fala de regimes de produção, portanto, de relações inter-sistêmicas multipolares, o que significa

- diferentemente de uma evolução social unitária, na qual existe uma pressão difusa proveniente de diversos seletores, situados no ambiente, sobre as instituições sociais – que vários sistemas autônomos disponham de mecanismos próprios de variação, seleção e retenção e que, por isso, estão sujeitos a uma evolução específica e somente assim influenciam-se mutuamente, como processos próprios (TEUBNER, 2005, p. 141).

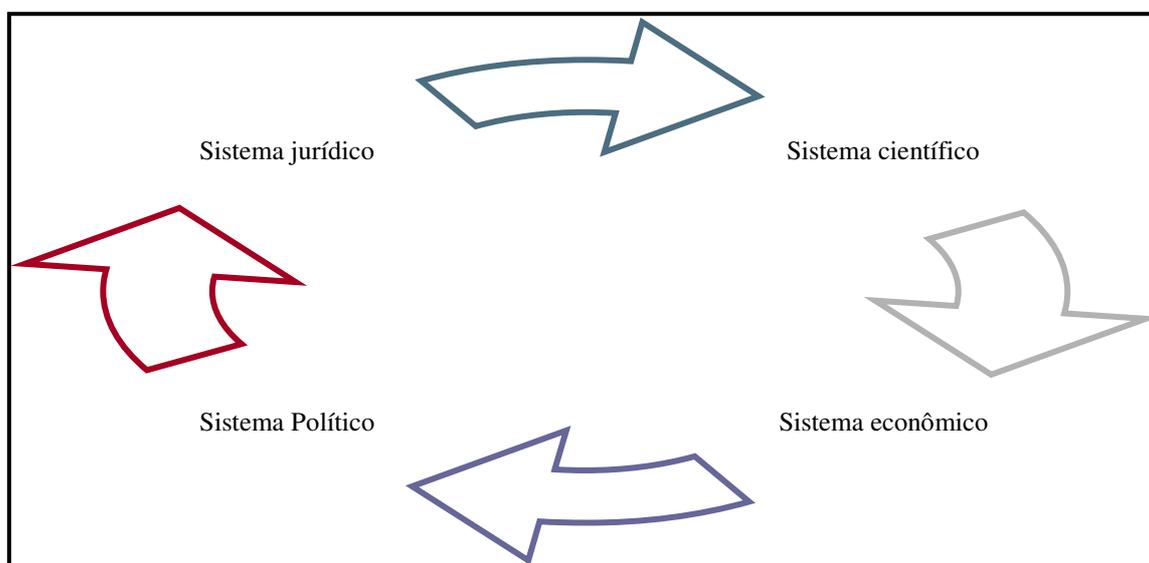
Assim, o somatório das relações intersistêmicas, ainda que cada sistema opere com mecanismos evolutivos próprios, apresenta como resultado uma estrutura institucional regionalizada na sociedade global, tendo como traço evolutivo evidente uma posição periférica que observa o entorno central como meta. Esta observação cria novas estruturas de acordo com a configuração momentânea do regime de produção periférico e de acordo com a característica do fenômeno central observado. A Lei de Biossegurança ilustra bem este caso, e as tendências teóricas de compreensão sociológica do Brasil enfatizam este ponto. Os sistemas se estruturam em função do ideal funcional dos contextos centrais e da estrutura fática a que está submetida as relações entre estes contextos. Ressalva-se porém que, como dito acima, as posições de centro/periferia estão se alterando continuamente<sup>137</sup>.

Os processos de reprodução dos regimes de produção de conhecimento regionalizados, permite, então, que se observe como fontes singulares de variação e seleção emergem em sistemas diferentes, em função dos acoplamentos estruturais com os sistemas do entorno, em um processo co-evolutivo incessante. Este processo tem, ao contrário de uniformizar a sociedade global, criado variedades institucionais regionalizadas e que, finalmente, reconfigura as relações globais entre centro e periferia. Com isto, o que se propõe, à frente, é apresentar o modo como o regime de produção de conhecimento que emergiu no contexto regional do Estado Nacional brasileiro, formado pelos sistemas econômico, político, do direito, participou na formação do subsistema nacional de

---

<sup>137</sup> Stichweh (1996) inclusive argumenta que os novos meios de comunicação entre cientistas, como o e-mail, tem enfraquecido a diferenciação na ciência entre centro e periferia, já que favorece a comunicação global e reconfigura os canais de co-autoria, um dos mecanismos hierarquizantes da ciência, tornando-os mais horizontalizados. Porém, o mesmo autor ressalta que o início da colaboração é favorecido pela proximidade, fazendo com que projetos de colaboração à distância que se utiliza de meios como e-mails funcionem mais lentamente. Neste sentido, a organização científica central e periférica tenderia a reprodução desta diferenciação, inclusive aumentando as diferenças. Em parte, isso toca o *Mathews effect* de que nos fala Merton.

biotecnologia que se diferenciou no interior da ciência (ilustração 4). O resultado deste regime de produção depende de como a coevolução sistêmica se manifesta em duas dimensões diferentes: “de um lado, na qualidade das influências recíprocas coevolutivas entre as instituições e, de outro, na densidade de coordenação dos contatos coevolutivos” (TEUBNER, 2005, 142). À primeira dimensão já se fez referência no capítulo 1 (nota 39), quanto à densidade de coordenação dos contatos coevolutivos pode-se falar nas seguintes dicotomias: “(a) espontâneo x organizado; (b) simultâneo x sequencial; (c) frangmentado x integrado; e (d) antagônico x coordenado” (TEUBNER, 2005, p. 143). Cada lado implicado na coevolução condicionará o regime de produção e, conseqüentemente, os contatos coevolutivos entre sistema, ocasionando mecanismos de reprodução internos diferenciados.



**Ilustração 4 Regime de produção de conhecimento**  
**Fonte: Elaboração do autor.**

Portanto, tem-se que descrever como se estruturam periféricamente as relações intersistêmicas nos regimes de produção, caracterizando principalmente a qualidade das influências recíprocas e a densidade das mesmas. Este é o contexto no qual a ciência se estrutura e estrutura o subsistema de biotecnologia, seus critérios seletivos e sua observação, e é, neste contexto institucional, que a autopoiesis científica se desenvolve. Como a ciência se relaciona com o direito, a economia e a política é o objetivo a ser perseguido.

#### 4.4 Formas de diferenciação temática

Nada mais esclarecedor para se entender os relacionamentos intersistêmicos que a especialização temática que se desenvolve no interior da ciência periférica em torno de projetos de pesquisa, estruturas diminuidoras de complexidade que observam o entorno, voltados para problemáticas e temáticas regionais. Nesta comunicação científica, vai incidir, principalmente o acoplamento estrutural entre ciência, política, direito e economia, e, através dele, pode-se observar como resultantes temas emergentes que significam uma regionalização em face da globalização da ciência. Ao observar o desenvolvimento da temática científica global busca-se a diferenciação por meio de temas que se reproduzem no vácuo das pesquisas “quentes”, no ínterim da agenda científica internacionalizada, tendo como horizonte o espaço ainda original desprezado pelos centros mundiais de fronteira. É exatamente esta diferenciação em torno de agendas inéditas de pesquisa o que reestrutura a diferenciação centro/periferia, no plano da ciência global. Ao concentrar esforços nestas agendas, o Brasil tem-se caracterizado como uma “potência tropical” no que se refere às pesquisas biotecnológicas relacionadas à biomassa, combustíveis limpos e variedades agrícolas tropicais. É, neste sentido, que também se fala de uma “centralização da periferia”. É utilizando a forma de observação centro/periferia que emergem tais projetos no interior do regime de produção, formado pelo acoplamento estrutural dos sistemas supracitados. Tais temas regionalizados são “vantagens competitivas” para as firmas com setores de P & D ou que financiam centros de pesquisas e universidades, são “áreas estratégicas” para Estados periféricos e representam desenvolvimentos “inéditos” para a pesquisa científica, uma seara ainda inexplorada da natureza.

Neste sentido, nada mais “paroquial” que a pesquisa biotecnológica, quando se verifica suas preferências temáticas. Em grande parte, isto se deve ao ambiente natural do Brasil, com suas especificidades de solo e clima, no que tange a agricultura, e seu histórico de patologias humanas condicionado pelas características naturais. Outra questão, mais contemporânea, que incide nas preferências temáticas da ciência periférica, é que a moda política, e o que tudo indica, econômica, no plano da sociedade global é a discussões da questão ambiental, deste modo, nada mais oportuno para a lógica regional da política e economia brasileira, explorar, a exaustão, a imagem da floresta amazônica e da biodiversidade, já que estes elementos adentraram o imaginário global como patrimônio da humanidade. Esta característica profundamente local, que estrutura a autocompreensão do país vai incidir na observação da pesquisa agrônômica e da saúde, ao mesmo tempo em que mobiliza as políticas estatais e fornece um nicho de mercado para as firmas

farmacêuticas, por exemplo. Esta ciclicidade em torno de tais problemas regionais levou à estruturação dos programas de pesquisa científicos, às prioridades das políticas de C & T e à incidência de financiamentos privados nestas áreas. Não se pode deixar de mencionar que o direito foi mobilizado em função das novas possibilidades de pesquisa científica que surgem com as novas descobertas da biologia molecular e teve que se diferenciar em uma “lei de biossegurança”. Este é o regime de produção que se forma em torno das novas biotecnologias.

Especificamente, a pesquisa biotecnológica neste contexto institucional, se concentrará em duas temáticas, “doenças negligenciadas” para a pesquisa em saúde e “agricultura tropical” no caso da pesquisa agrônômica, ambas relacionadas a uma alegada diferença na economia global, que se tem chamado contemporaneamente de “economia do conhecimento natural” (BOUND, 2008). A diferenciação “agricultura tropical”, em especial, tem suscitado esforços pela potencialização agrícola brasileira já que o país é um dos mais importantes produtores de *commodities* agrícolas mundiais e sua balança de pagamentos, depende, fundamentalmente, da exportação destes produtos. Soma-se a isto a busca incessante, envolvendo até a diplomacia, no que diz respeito ao estabelecimento do país como líder em produção de biocombustíveis, em especial os derivados da cana-de-açúcar. Dá-se atenção a estas áreas porque são elas, junto com a pesquisa em energia, as que mais tem mobilizado cientistas nacionais nas pesquisa em biotecnologia. Os últimos documentos políticos para o desenvolvimento científico e tecnológico, desenvolvimento industrial, as últimas políticas fiscais, bem como as iniciativas para a montagem de um sistema nacional de inovação, tem concentrado os investimentos em biotecnologia nestas áreas – biotecnologia como área estratégica de políticas federais de ciência e tecnologia –, em especial o programa de aceleração do crescimento em ciência, tecnologia e inovação (PAC da ciência), a política de desenvolvimento produtivo (PDP) e a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia. Esta mobilização – a criação de um contexto institucional propício à inovação tecnológica em tais áreas – tem surtido efeito em termos de publicações científicas e patentes<sup>138</sup>, ainda que com taxas de crescimentos distantes das

---

<sup>138</sup> O Brasil aprovou uma lei de propriedade industrial em 1971, que, porém, não concedia direito de patentes para medicamentos, alimentos, químicos e ligas. Logo em seguida tentou-se aprovar, sob forte pressão da indústria de sementes, uma lei que tornava possível o patenteamento de variedades vegetais, não efetivada. Sob um contexto diferente, principalmente aquele do desenvolvimento da engenharia genética e das possibilidades de negócio que o caso “Chakrabartya” gerou, tornava-se necessário para o futuro da indústria transnacional de biotecnologia a aprovação de uma nova lei de biotecnologia no Brasil – a maior biodiversidade do planeta e potencial mercado consumidor do bionegócio -, aprovada em 6 de maio de 1993.

de países economicamente próximos. Os dados a seguir (tabela 6) fornecem uma imagem panorâmica do atual estado dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento no Brasil, sublinhando o esforço concentrado de financiamento em áreas como saúde (9,66% das execuções) e agricultura (11,22 das execuções).

**Tabela 1 Brasil: Execução da despesa orçamentária do governo federal em pesquisa e desenvolvimento (P&D), por objetivos sócio-econômicos, 2000-2007 (em R\$ milhões).**

Objetivo sócio-econômico	2000		2007	
	Valor	%	Valor	%
Total	4.007,68	100	10.704,40	100
Agricultura	577,38	14,41	1.200,69	11,22
Controle e proteção do meio ambiente	37,55	0,94	120,91	1,13
Defesa	102,49	2,56	82,48	0,77
Desenvolvimento social e serviços	3,32	0,08	54,64	0,51
Desenvolvimento tecnológico e industrial	104,77	2,61	668,11	6,24
Dispêndio com as instituições de ensino superior (1)	2.379,30	59,37	6.075,47	56,76
Energia	138,27	3,45	211,56	1,98
Espaço civil	147,12	3,67	165,31	1,54
Exploração da terra e atmosfera	58,5	1,46	51,04	0,48
Infraestrutura	27,06	0,68	582,58	5,44
Pesquisas não orientada	144,21	3,6	340,12	3,18
Saúde	285,13	7,11	1.033,57	9,66
Não especificado	2,57	0,06	117,92	1,1

**Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008a.**

(1) inclui estimativas dos dispêndios das instituições federais e estaduais com cursos de pós-graduação reconhecidos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, do Ministério da Educação – MEC como aproximação dos dispêndios em pesquisa e desenvolvimento das instituições de ensino superior;

Em termos de publicações internacionais indexadas, estas áreas também se destacam, estando a frente das demais áreas de pesquisa. Há uma outra diferenciação na concentração, agora relativa a subáreas da pesquisa agrônômica e em saúde, a saber, a pesquisa biomédica e biotecnológica. Esta concentração dos dispêndios públicos em C& T no Brasil, corroboram aquilo que os analistas têm chamado “modelo bioambiental” do padrão científico. Um tipo de *cluster* de pesquisa que atrai os escassos investimentos para áreas estratégicas do modelo político de desenvolvimento adotado. Isso acaba

---

Segundo Santos (2003) as condições que circundaram a aprovação eram as ameaças da indústria biotecnológica e a obsessão do descompasso, o velho medo colonial de perder “o bonde da história”.

concentrando esforços institucionais (Lei de Biossegurança, Plano de desenvolvimento da biotecnologia) e financeiros, atraindo e criando empresas e como consequência tem-se uma resposta em termos de publicações científicas que extrapola os padrões nacionais.

É necessário notar que ciências biomédicas e biotecnologia tendem a produzir mais publicações em todo o mundo, então o alto número de publicações nestes campos não é por si mesmo surpreendente. Contudo, o peso relativo das ciências agrícolas é 3 vezes maior, e da biologia 2.6 vezes maior, nas publicações brasileiras que a média do mundo todo, enfatizando as vantagens comparativas do Brasil nestas áreas da “economia do conhecimento natural” (BOUNCE, 2008, p. 31).

Este resultado, em termos de seleção de determinadas áreas e subáreas, é consequência da ciclicidade dos acoplamentos estruturais no regime de produção brasileiro. A agricultura e a saúde emergiram como *atratores* temáticos que diminuíam a complexidade com que os sistemas lidavam em seu processo de reprodução. Complexidade em termos de amplas exigências externas, de um lado, e escassez de recursos, de pessoal envolvido em ciência e tecnologia e de capacidade gerencial das organizações estatais e tecnocientíficas, por outro. Devido a tal tipo de regime de produção de conhecimento, com excessivas perturbações e baixa capacidade de resposta, a economia, por meio de suas firmas, direcionava suas estratégias de ganho para as empresas agrícolas de insumos e produção; o Estado teve que historicamente lidar com as oligarquias rurais que eram (são?) sua base de sustentação política – e econômica – direcionando suas ações; a ciência, os grupos de pesquisa e instituições, profundamente dependentes das ações estatais, direcionavam esforços com vistas nos editais, fundos setoriais e demais elementos das políticas científicas e tecnológicas. O resultado é o modelo “bioambiental” que se manifesta em publicações e patentes (tabelas 2 e 3)<sup>139</sup>.

---

<sup>139</sup> Em relação à indexação internacional, deve-se ressaltar a não isenção dos órgãos responsáveis por tal procedimento. Na história da ciência brasileira não são poucos os casos que manifestaram dificuldade de reconhecimento no centro por ocupar posição periférica. Principalmente em relação aos artigos, há uma necessidade cada vez maior de co-autoria centro-periférica, para que esta última consiga o reconhecimento merecido. Isto pode ser sintoma do “controle da autoridade científica central”, que se dá ademais pelo controle das publicações e citações reconhecidas. Um recente estudo sobre a doença do sono (apnéia), o grupo de cientistas que conduziu a pesquisa teve dificuldades na publicação em revista internacional de referência, recebendo respostas dos editores no sentido de refazer o estudo em função de que os resultados destoavam da concepção central, paradigmática. “Há um preconceito sério sobre a credibilidade dos dados que vêm do Brasil, principalmente em um trabalho como esse, que não tem co-autores dos Estados Unidos”, justifica José Augusto Taddei, um dos líderes da pesquisa (PESQUISA FAPESP, abril 2009).

**Tabela 2 Artigos brasileiros, da América Latina e do mundo publicados em periódicos científicos internacionais indexados no Institute for Scientific Information (ISI), segundo as áreas do conhecimento, 1997-2006.**

Ano / Área	Brasil	América Latina	Mundo	% Brasil em relação à América Latina	% Brasil em relação ao mundo	
1997	Biologia e Bioquímica	543	1.539	53.509	35,28	1,01
	Biologia Molecular/Genética	229	535	20.943	42,80	1,09
	Ciências Agrárias	321	904	16.178	35,51	1,98
	Ciências Espaciais	169	492	8.312	34,35	2,03
	Ecologia/Meio Ambiente	160	605	17.088	26,45	0,94
	Engenharia	406	829	54.956	48,97	0,74
	Física	1.346	2.758	84.712	48,80	1,59
	Microbiologia	208	579	15.790	35,92	1,32
	Farmacologia	194	483	15.741	40,17	1,23
Subtotal do ano	7.298	19.159	757.366	38,09	0,96	
2006	Biologia e Bioquímica	1.403	2.765	58.940	50,74	2,38
	Biologia Molecular/Genética	410	758	23.773	54,09	1,72
	Ciências Agrárias	924	1.892	21.581	48,84	4,28
	Ciências Espaciais	242	947	10.863	25,55	2,23
	Ecologia/Meio Ambiente	546	1.580	26.737	34,56	2,04
	Engenharia	1.017	2.013	77.971	50,52	1,30
	Física	2.378	4.543	111.960	52,34	2,12
	Microbiologia	508	1.075	18.765	47,26	2,71
	Farmacologia	451	827	18.007	54,53	2,50

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008b.

Porém, mesmo com todos os esforços políticos e científicos no direcionamento do modelo bioambiental para a sua aplicação, há uma assimetria evidente quando se compara artigos e patentes publicados. Mesmo com todos os esforços, a comercialização do conhecimento não avança no Brasil. A produção científica, concentrando ainda os maiores esforços em ciência e tecnologia, tem incidência puramente acadêmica, não representando insumos na produção de tecnologias e processos industriais. Embora crescendo mais que México, Argentina e Rússia em aplicações de patentes, o Brasil não acompanha os outros países do BRIC (os principais emergentes da economia global, Brasil, Rússia, Índia e China) (tabela 3).

**Tabela 3 Distribuição das famílias de patentes triádicas (%)<sup>140</sup>**

País	1995	2005
Rússia	0,14	0,12
Brasil	0,04	0,11
Índia	0,03	0,22
China	0,06	0,69
Japão	26,84	28,96

Fonte: OECD, 2008.

Mais que isso, ao fazer uma seleção de classes de patentes depositadas ligadas ao relativo sucesso de publicações científicas nas áreas agrárias e biológicas, nota-se esta discrepância mesmo nas áreas relacionadas ao modelo bioambiental (tabela 8).

**Tabela 4 Pedidos de patentes de invenção depositados no escritório de marcas e patentes dos Estados Unidos da América segundo classes selecionadas, 2003/2007**

Classe	2004		2005		2006		2007		Total		Brasil em relação ao mundo %
	Brasil	Mundo									
Fármacos	1	5173	6	4483	12	5499	5	5037	33	27140	0,12
Compostos orgânicos	3	2383	3	2121	1	2873	2	2430	10	12621	0,079
Química: Biologia Molecular e Microbiologia	4	2677	0	2387	5	3103	1	2911	11	14150	0,077
Organismos vivos multicelulares e partes não modificadas e Processos relacionados	4	534	0	458	0	682	4	799	8	2919	0,27
Somatório das patentes bioambientais									62	56830	0,109

Fonte: U.S. Patent and Trademark Office, 2008.

Pode-se dizer que, a despeito de sua incidência acadêmico-científica, esta é a porta de entrada do Brasil no sistema de reconhecimento da ciência global. Porém, é exatamente sobre esta incidência que pairam os maiores problemas relacionados à potencialização da

<sup>140</sup> Patentes depositadas no escritório europeu de patentes (EPO), No escritório de patentes e marcas dos Estados Unidos da América (USPTO) e no escritório de patentes do Japão (JPO), os quais protegem a mesma invenção.

ciência e tecnologia nacionais, já que globalmente, na sociedade moderna, ciência tem-se constituído como um elemento importante na competição global entre firmas que inovam incessantemente, e para isso o conhecimento necessita ter incidência tecnológica. Se esta é a imagem da ciência - um sistema produtor de tecnologias que funcionam - hoje vinculada no imaginário cotidiano, uma atividade relacionada a melhoria das condições de vida, sua legitimidade necessita de seu impacto tecnológico (QUERALTÓ, 2003, GALIMBERTI, 2006). Esta forma de observar a ciência, ademais, é exatamente o critério de observação que se generalizou simbolicamente e que hoje estrutura a prática dos envolvidos com a produção do conhecimento contemporânea (DAGNINO; DIAS, 2007).

Podem-se sintetizar com estes apontamentos algumas características que especificam a ciência brasileira frente a características mais globalizadas. Estas características devem ser compreendidas como diferenciações processadas no interior de sistemas sociais regionalizados, que se acoplam entre si, formando uma rede de contatos ruidosos, que cria um contexto para ulteriores comunicações em cada sistemas, contexto aqui chamado de regime de produção de conhecimento. Portanto, o que deve ser descrito é a ciência que se reproduz no contato com este regime de produção, regionalizado na sociedade global. Esta ciência regional quando se trata de observar a si mesma, auto-observação, se observa enquanto periferia frente a contextos centrais de produção científica e tecnológica, em parte, como acima apresentado, devido a critérios que hoje hierarquizam a observação da ciência, como índice de publicações internacionais e incidência tecnológica desta produção, e como tais, fornecendo também critérios para concessão da autoridade científica, estando, pois, tais índices, relacionados com os mecanismos de diferenciação política na ciência global. Tal hierarquização acaba por reforçar os centros de produção ao direcionar o fluxo de pessoal altamente capacitado (*brain drain*) e de informação. Porém, não se pode deixar de notar que tal processo é contraditório e já apresenta um refluxo em países da OECD e Estados Unidos. Entretanto, a área da OCDE concentra ainda 81% da produção total de artigos científicos (OECD, 2008).

Isto fornece subsídios para afirmar que tamanha hierarquização da pesquisa e desenvolvimento fornece uma base fática para a observação da ciência global bifurcada em centro e periferia. Com isto se estruturam as políticas científicas e tecnológicas, as estratégias das firmas e as pesquisas científicas, criando uma ciclicidade no relacionamento intersistêmico baseada neste modelo de observação. Na pesquisa científica isto veio a potencializar as publicações biomédicas e agrárias, ao mesmo tempo em que levou a uma

concentração de publicações de patentes nestas áreas, que, cada vez mais, exigem técnicas biotecnológicas. Consequentemente, biotecnologia assume uma dimensão fundamental das estratégias dos sistemas envolvidos em tal regime de produção, o qual pode ser chamado modelo bioambiental de desenvolvimento científico. Tem-se visto emergir, neste cenário, elementos que incorporam esta lógica cíclica de evolução: políticas estatais e firmas de biotecnologia, uma diferenciação do direito na lei de biossegurança e concentração temática na pesquisa científica. Enfim, há uma pressão sistêmica, neste regime de produção, para que a pesquisa biotecnológica seja potencializada e acompanhe os últimos desenvolvimentos mundiais da área. No entanto, deve-se ressaltar, por mais que comunicações surjam e elas tematizem a necessidade de aplicação e inovação do conhecimento em tal regime de produção, assiste-se, ainda, a uma incidência puramente *ex ante*, virtual e normativa dos resultados (AROCENA; STUTZ, 2005). É como expectativa que tais esforços se constituem e estruturam expectativas externas.

#### 4.5 O modelo bioambiental e suas consequências políticas

O processamento de informações, por parte dos sistemas no funcionamento do regime de produção, levou a novas diferenciações em cada um dos sistemas como resposta a este ambiente de centralidade do modelo bioambiental na pesquisa tecnocientífica brasileira. A importância econômica das exportações agrícolas irrita a pesquisa biotecnológica, ao mesmo tempo em que exige coordenação estatal no sentido de propor metas de direcionamento de recursos e temas. Tudo isto vai implicar, a despeito do padrão histórico nacional de desenvolvimento científico e tecnológico, maior densidade de coordenação dos contatos coevolutivos. O padrão histórico brasileiro de coordenação dos contatos intersistêmicos pode ser caracterizado dividindo-o em três fases: antes da década de 50, caracterizado por uma baixa densidade de coordenação, podendo ser qualificado como espontâneo e fragmentado; posteriormente há a institucionalização da ciência e tecnologia, com a criação de órgãos estatais, com finalidade de planejamento e gestão de recursos (CNPQ e CAPES), porém, ainda, com pouca densidade de coordenação intersistêmica, caracterizado pela descontinuidade e fragmentação; e, finalmente, na ditadura militar há a intensificação do planejamento, com o Estado assumindo ciência e tecnologia como áreas estratégicas para o desenvolvimento econômico, fase de maior densidade das relações intersistêmicas, de maior organização e integração. Atualmente, parece ser este,

também, o caso. Os recentes planos de ação do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e a Política de biotecnologia, consequência direta destes contatos de maior densidade no plano da política científica e tecnológica, são exemplos deste padrão de coordenação. Eles apresentam também a biotecnologia como área estratégica para o desenvolvimento econômico.

#### 4.5.1 Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional – Plano de ação 2007-2010<sup>141</sup>.

O plano apresentado em 2007 se seguiu ao Plano de Aceleração do Crescimento do Governo Federal (PAC) e ficou conhecido como “PAC-ciência”. Em linhas gerais é um conjunto de iniciativas que busca tornar mais decisivo o papel da ciência, tecnologia e inovação (C,T&I) no desenvolvimento sustentável do País (MCT, 2007). Ele é inequívoco em sua proposta central de articulação entre economia, ciência e Estado, no sentido de estimular a intensificação deste contato, produzindo uma lógica evolutiva de inovação científica e tecnológica. O problema a ser superado é a baixa iniciativa inovadora das empresas nacionais, que incorporam ou desenvolvem pouca ciência e tecnologia em seus processos produtivos e organizacionais. Neste sentido, as prioridades estratégicas do plano consolidar-se-ão nos seguintes tópicos:

- I - Expansão e consolidação do sistema nacional de C,T&I;
- II - Promoção da inovação tecnológica nas empresas;
- III - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em áreas estratégicas;
- IV - C,T&I para o desenvolvimento social.

Estes tópicos, com função de planejamento, em termos da teoria dos sistemas, funcionam como diminuidores da complexidade decisional que se apresenta ao formador de políticas públicas. A redução desta complexidade depende da política, pode-se dizer

---

<sup>141</sup> O plano foi lançado em 20 de novembro de 2007 pelo presidente da República em uma cerimônia que contou com vários ministros. O plano articula ações conjuntas em vários ministérios, e promessa de investimentos na ordem de 41 bilhões de reais até 2010, quantia jamais vista em outros planos do gênero. Na ocasião de lançamento, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) manifestou euforia com o plano, temendo somente os tradicionais contingenciamentos na execução dos recursos. Na época, a crise econômica global que se estabeleceu em 2008 ainda não estava no horizonte político, o que provavelmente repercutirá na execução do plano.

também, da articulação dos interesses envolvidos no Estado. Este plano, portanto, emerge como um mecanismo de seleção que comporá, por parte do Estado, a ciclicidade dos relacionamentos intersistêmicos, disponibilizando as seleções nele explícitas aos outros sistemas do regime, funcionando como pressão ambiental, exigindo de cada sistema envolvido na ciclicidade dos contatos intersistêmicos, novas seleções. Esta é a lógica evolutiva da diferenciação de regiões e contextos singulares, no interior da sociedade global. A reestabilização, momentânea, do regime de produção regionalizado, representará uma nova etapa nos acoplamentos, como novos mecanismos de seleção em cada sistema. Os tópicos II e III são específicos no que diz respeito à economia e à ciência, respectivamente. Desdobrados eles se apresentam da forma exposta no quadro 7 para a economia e no quadro 8 para a pesquisa científica.

**Quadro 7 PAC-Ciência: Promoção da Inovação Tecnológica nas Empresas**

Linha de Ação	I	II	III	III
Apoio à Inovação Tecnológica nas Empresas.	Ampliação da inserção de pesquisadores no setor produtivo.	Estímulo à cooperação entre empresas e ICTs (Institutos de Ciência e Tecnologia).	Difusão da cultura de absorção do conhecimento técnico e científico.	Apoio à implementação de Centros de P,D&I Empresariais.
Tecnologia para a Inovação nas Empresas.	Estruturar o Sistema Brasileiro de Tecnologia – SIBRATEC.	Apoiar o desenvolvimento das empresas.	Realização de atividades de P,D&I, de extensionismo, de assistência e de transferência de tecnologia.	Promoção do aumento da competitividade empresarial.
Incentivo à Criação e à Consolidação de Empresas Intensivas em Tecnologia.	Ampliar e assegurar recursos para apoiar incubadoras de empresas, parques tecnológicos e atividades de P,D&I.	Gerar e consolidar empresas inovadoras.	Estimular a criação e a ampliação da indústria de capital empreendedor.	

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007.

O plano claramente se apresenta como uma tentativa de potencializar a capacidade competitiva das firmas nacionais, por meio da dinâmica da inovação tecnológica na economia, como está presente nos modelos a respeito da dinâmica econômica contemporânea. Isto, mais uma vez, é uma resposta a desafios globais no plano econômico. As propostas políticas se repetem globalmente, apresentando características comuns em Estados nacionais distintos. No âmbito do plano, da proposta, a universalidade destes

planos parece evidente, principalmente após os sucessos tecnológicos e econômicos de alguns países asiáticos nas décadas anteriores. Porém, o que importa é a relação do plano, da política, com os outros sistemas sociais regionalizados, é, neste âmbito de relações intersistêmicas, que as diferenças regionais começam a aparecer. Uma delas é a já exposta diferenciação de agendas de pesquisa em torno das “vantagens competitivas” do desenvolvimento de um modelo bioambiental, como o quadro a seguir sintetiza.

**Quadro 8 PAC-Ciência: Fortalecer as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação em áreas estratégicas para o País.**

Linha de Ação	I	II	III
Áreas portadoras de Futuro: Biotecnologia/Nanotecnologia	Fortalecer gestão e planejamento de atividades governamentais em biotecnologia/nanociência/nanotecnologia.	Criar condições institucionais para um maior estímulo à inovação agilizando o processo de transferência de conhecimento para a geração de produtos e processos que utilizem biotecnologia/nanotecnologia.	Favorecer o aumento da competitividade das empresas nacionais pela incorporação da biotecnologia/nanotecnologia no desenvolvimento de novos produtos e processos.
Saúde	Incentivar desenvolvimento de produtos e processos em áreas estratégicas para o Ministério da Saúde com vistas à expansão das atividades da indústria brasileira, gerando maior competitividade, maior participação no comércio internacional.	Incentivar a modernização da base industrial mediante a definição de marcos regulatórios, linhas de crédito e de fomento para a saúde.	Incentivar a formação de sistemas de inovação, relacionados com o desenvolvimento de produtos e processos produtivos.
Biocombustíveis	Promover a Pesquisa e o Desenvolvimento de fontes de energias renováveis e de tecnologias energéticas limpas e eficientes.	Implementar centro de referência mundial em tecnologias do bioetanol.	Aumentar a produção, para o desenvolvimento e utilização de novas rotas tecnológicas e de produtos e tecnologias para a produção sustentável de energia.
Agronegócio	Incrementar a base de conhecimentos científicos e tecnológicos necessária à inovação, bem como à manutenção e à evolução da capacidade competitiva do agronegócio brasileiro.	Apoiar P,D&I para sistemas inovadores de produção.	Intensificar a articulação internacional para o avanço da C,T&I voltada para o agronegócio.

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007.

Como consequência de tais seleções na política científica e tecnológica, tem-se a disposição de um marco político-institucional para os próximos acoplamentos estruturais que se estabelecerão entre os sistemas do regime de produção. Há um direcionamento do processo para a inovação tecnológica na economia e em direção à aplicação da ciência e tecnologia. Se se observa tais políticas articuladas, vê-se claramente a disposição de um cenário para a pesquisa científica e tecnológica, baseadas no modelo bioambiental. A reincidência das áreas de pesquisa relacionadas a este modelo e, principalmente, à biotecnologia, apresenta este diagnóstico. Os acoplamentos, portanto, terão que prestar conta desta nova disposição política, já que dependem dos marcos institucionais explicitados por eles.

#### 4.5.2 Política de biotecnologia – proteção e desenvolvimento<sup>142</sup>

A apresentação do plano resume a proposta e expõe as seleções politicamente estruturadas. Tal política é consequência de diretrizes que visam à inserção do país no cenário internacional por meio das potencialidades regionais de valor global, quer dizer, orientar-se para participação econômica em cadeias de valor globais, como resposta a globalização de atividades de produção, pesquisa e desenvolvimento. O contexto de tal política de biotecnologia é a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), que prevê “caminhos que apontam para uma inserção brasileira no cenário internacional que seja soberana e competitiva” (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2007, p.1). Com esta seleção, as prioridades estarão de acordo com a proposta do PAC-ciência, de fomentar a competitividade empresarial internacionalmente, porém direcionando esforços para o empreendedorismo em biotecnologia. O texto é recorrente em sua tentativa de internacionalização da ciência e tecnologia nacionais, por meio das firmas de biotecnologia.

Portanto, o estabelecimento de uma estratégia de biotecnologia para a bioindústria nacional requer o ambiente adequado à geração de negócio a partir do conhecimento científico acumulado nas ICTs nacionais, a

---

<sup>142</sup> Política elaborada com base no documento “Política de Desenvolvimento da Biotecnologia” (2006) redigido em função do Fórum de Competitividade em Biotecnologia instalado no final de 2004. O fórum foi coordenado conjuntamente pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDICE), Ministério da Saúde (MS), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), contou com a participação de representantes do setor empresarial, do Governo Federal, da Academia e da Sociedade Civil.

absorção deste conhecimento pelas indústrias destinatárias dessa tecnologia e a maior integração destes atores na comunidade biotecnológica internacional (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2007, p.1).

Para a pesquisa biotecnológica este marco político é um *atrator* de esforços, em todos os sentidos, desde a formação de pessoal até o direcionamento temático. Ele serve de ambiente para as futuras seleções feitas pelos institutos, firmas e grupos de biotecnologia. É um elemento que irrita a autopoiesis dos subsistemas, embora corra-se o risco de ser nada mais que uma proposta “simbólica”, podendo não ter, *a posteriori*, uma incidência na prática da pesquisa em biotecnologia. É por isso que ele se propõe como “plano”, e neste sentido é informação no regime de produção, que sofre as contingências dos sistemas envolvidos na ciclicidade dos contatos intersistêmicos. A autopoiesis da pesquisa científica não depende de planos políticos, mas estes podem servir de informação (a partir de perturbações resignificadas) para a evolução do sistema.

Esta ciclicidade, que agora se depara com uma estratégia política ambiciosa para a biotecnologia, acaba por irritar o direito, levando a pressões ambientais para a aprovação da “lei de biossegurança”, já que não tendo um marco jurídico para a pesquisa com células-tronco e organismos geneticamente modificados, corria-se o risco de não acompanhar os desenvolvimentos mais recentes na fronteira do conhecimento, portanto, corria-se o risco do “atraso científico”, e, cada vez mais, este atraso repercute nas estratégias de empresas que competem globalmente. Como afirma Santos, quando discute a aprovação da lei de biossegurança:

De um lado, forjou-se uma aliança entre as transnacionais das chamadas “ciências da vida”, o agronegócio e parte importante da comunidade científica para transformar a lei de biossegurança em lei de fomento à biotecnologia. Seu objetivo: instituir uma moldura jurídica que não pusesse limite algum à pesquisa e à comercialização da engenharia genética. Seu principal argumento: qualquer entrave à atividade tecnocientífica ou ao mercado constitui uma ameaça ao progresso (SANTOS, 2007, p. 52-3).

Com o acoplamento estrutural político/jurídico definido, parte significativa da atividade biotecnológica brasileira teria como cenário suas especificações legais e suas diretrizes políticas. A ciclicidade que produziu e aprovou a lei, ao mesmo tempo em que formulou a Política de Biotecnologia repercutirá na pesquisa científica, em firmas de biotecnologia ou institutos públicos de pesquisa, canalizando os fluxos comunicativos para

setores específicos, criando uma nova etapa para o regime de produção. Esta orientação política, sensível a reivindicações empresariais e acadêmicas, tem como direção a potencialização do modelo bioambiental, e, desta forma, vê-se claramente o propósito da aprovação da lei supracitada. Em síntese, o decreto N°. 6. 041 (de 08 de fevereiro de 2007) contempla as seguintes áreas, conforme o quadro a seguir:

**Quadro 9 Diretrizes da política de biotecnologia**

Grandes áreas	I	II
Área de Saúde Humana	Incentivar a geração e controle de tecnologias para produção nacional de produtos estratégicos.	Incentivar a geração de novos negócios, expandir suas exportações para integrar-se à cadeia de valor e estimular novas demandas por produtos e processos inovadores.
Área de Agropecuária	Incentivar a geração de produtos agropecuários estratégicos visando novos patamares de competitividade e a segurança alimentar.	Incentivar a diferenciação de produtos e a introdução de inovações que viabilizem a conquista de novos mercados.
Área Industrial	Estimular a produção nacional de produtos estratégicos na área industrial para que a bioindústria brasileira possa caminhar na direção de novos patamares de competitividade.	Expandir as exportações bioindustriais e estimular novas demandas por produtos e processos inovadores.
Área Ambiental	Incentivar a geração de produtos estratégicos na área ambiental visando novos patamares de qualidade ambiental e competitividade.	Incentivar a conservação e aproveitamento sustentável da biodiversidade, inclusão social e desenvolvimento de tecnologias limpas.

**Fonte: Presidência da república, decreto N° 6. 041 de 08 de fevereiro de 2007.**

A busca pela novidade e inovação tecnológica está explicitada no plano e, neste sentido, a Lei de Biossegurança coaduna-se com este novo patamar da política biotecnológica brasileira. O interesse pela entrada em novos mercados e a internacionalização das tecnologias nacionais, exige padrões globais de produção científica e tecnológica, “acompanhar a fronteira do conhecimento científico”, e deste modo a Lei de Biossegurança reflete os novos direcionamentos em regiões distintas do globo (ver quadro 5). É, neste contexto, que fala uma das mais importantes propagandistas da pesquisa com célula tronco no Brasil, a Geneticista Mayana Zatz, da USP, no momento em que a Lei ainda não havia sido aprovada e sancionada: “proibir todo tipo de clonagem significa coibir tratamentos capazes de salvar milhares de vidas e deixar o Brasil na dependência dos países do primeiro mundo, onde pesquisas com embriões de até 14 dias são permitidas” (ZATZ, 2003, p. 21). As consequências alarmadas, neste sentido, seriam o atraso

científico, tecnológico e econômico para a agricultura e pesquisa farmacológica nacionais. Uma reação em cadeia de consequências nefastas era esperada.

A demora no julgamento desta ação judicial vem configurando em nosso país a chamada “moratória branca”, com prejuízos significativos para o desenvolvimento da biotecnologia na agricultura brasileira. Caso permaneça inalterado, este quadro poderá, ao que tudo indica, levar a biotecnologia no país a uma situação de defasagem tecnológica semelhante à corrida no passado no setor da informática, prejudicado pelo excesso de protecionismo em nome da soberania nacional (POSSAS, 2003, p. 73).

Deste modo, é sempre com base no “outro privilegiado” que se constrói um regime de produção de conhecimento periféricamente diferenciado. A construção da diferença temática bioambiental vai estar ligada à observação que a periferia faz do centro ao mesmo tempo em que a busca pelos padrões do centro criam contextos similares de produção e reprodução sistêmica na sociedade global. É neste jogo de diferenças, que se constrói a identidade deste regime de produção de conhecimento periférico. Mesmo com legislações idênticas, políticas similares e técnicas experimentais compartilhadas, diferenciações emergem e permitem que se indiquem, no plano da ciência global, especificidades que condicionam o sistema a uma diferença centro/periferia.

#### 4.6 O modelo bioambiental e as exigências tecnológicas

Este processo de evolução da estrutura sistêmica do regime de produção de conhecimento periférico operada pela política, direito, economia e ciência terá incidência na pesquisa na forma de uma hipervalorização das necessidades tecnológicas. A pesquisa biotecnológica, setor privilegiado dos planos políticos e de estratégias econômicas apresenta forte dependência da tecnologia (ver capítulos 2 e 3 desta tese). De modo que a concentração de esforços, nesta área no Brasil, significa também uma dependência cada vez maior da prática científica aos desenvolvimentos recentes da tecnologia experimental. Por isso a pressão para a liberação de pesquisas com células-tronco embrionárias e variedades transgênicas. Deste modo, ao assumir um padrão bioambiental de desenvolvimento científico e tecnológico e ao buscar “vantagens competitivas” no rico meio natural do país, a biotecnologia moderna – do DNA recombinante, da clonagem gênica, da transgenia, das terapias celulares, dos biocombustíveis – aparece como

instrumento fundamental para a execução do plano, sem a qual se estaria abdicando da fronteira do conhecimento biotecnológico – do centro do sistema científico.

Assim é que tal contexto institucional tem modificado a forma mais tradicional de pesquisa biotecnológica – o melhoramento clássico ou tradicional – e tem impulsionado a pesquisa para as pesquisas biotecnológicas de fronteira. A seleção entre biotecnologia tradicional e moderna, na pesquisa científica, tem sido direcionada para a última em função das novas configurações do regime de produção de conhecimento periférico, que inclusive disponibilizará, em breve, suas próprias variedades transgênicas de soja.

Algumas coisas se podiam fazer com o melhoramento clássico, a gente tem exemplos de espécie que o homem manipulou e cruzou dois genótipos diferentes, como é o caso do cruzamento do trigo e do centeio, outras vezes eram feitos cruzamentos de espécies parentes e depois se limpava o lixo que ficava deste cruzamento através de vários retrocruzamentos até você conseguir ter apenas os genes que te interessavam e ficar com o *background* da planta com características agrônômicas. A biotecnologia te permite fazer isto agora, mesmo que suas espécies não sejam aparentadas, então eu posso pegar a característica de uma planta distante daquela que eu estou trabalhando, e mais, eu posso trazer apenas aquela característica, não trazer os genes não interessantes que viriam ligados a ele. Sem falar na capacidade de estudo, hoje você pode pegar o promotor do gene que te interessa ligar e identificar onde ele se expressa, em que fase da vida da planta, em que condições de ambiente, isto te permite aumentar muito o conhecimento da função daquele gene (E2).

A construção da biotecnologia periférica engendra, especificamente, o cenário biotecnológico moderno, apresentando, entre outras características, a liberação da manipulação genética, a dependência da tecnologia, os objetivos de aplicação e inovação tecnológica. O que se verifica, portanto, é um subsistema científico caracterizado por um imaginário central que doa legitimidade à prática da manipulação da vida, e um contexto organizacional periférico, caracterizado por seleções periféricas de linhas, temas e tecnologias, que incidem no modelo bioambiental. Este contexto de produção de conhecimento é resultado das perturbações cíclicas que incidiram especificamente em cada sistema envolvido no regime de produção de conhecimento periférico. A construção do critério de observação centro/periferia é resultado deste processo e incide, conseqüentemente, na reprodução do próprio critério e na construção e valorização dos lados de outros, como “tecnologia de ponta/ tecnologia atrasada”. Um regime de produção de conhecimento como este, pode definir sua posição no sistema de ciência global, a partir do controle de tecnologias experimentais modernas e, para tanto, necessita não só de

positivar o lado “tecnologia de ponta” em sua prática experimental, mas, fundamentalmente, perturbar as condições externas para que no processo de construção social da tecnologia não haja gargalos políticos, jurídicos e econômicos à circulação de seus rendimentos técnicos e tecnológicos. Tais perturbações, geralmente, ganham a forma de protestos, como ocorreu no processo de aprovação da Lei de Biossegurança.

#### 4.7 Movimento de protesto

Nas considerações anteriores tentou-se apresentar como a ciclicidade de determinados acoplamentos estruturais direcionou o regime de produção formado por política, economia, ciência e direito, a diferenciação/regionalização da ciência brasileira em relação à ciência global. Tal circulação de informações irritou, especificamente, cada um dos sistemas envolvidos, e cada um processou e deu significado às informações, segundo as lógicas intrínsecas. Pareceria unilateral e mecânico se outros elementos envolvidos nesta ciclicidade não fossem levados em conta. O que pareceu com mais relevo junto aos meios de massa e, talvez, tenha tido mais impacto na geração de informação e irritação destes sistemas, foram os movimentos de protesto.

Não se pode considerar mais tais movimentos sociais atrelados às causas universais, como foram aqueles do século XVIII ou XIX. Não tratam de temáticas de duração universal, como eram os movimentos religiosos medievais, e muito menos de interesses que poderiam a princípio ser estendidos sem exceção a todos aqueles envolvidos em disputas temáticas. O que parece é que a diferenciação da sociedade repercute, também, nas agendas de protesto tanto quanto nos movimentos, produzindo uma heterogeneidade de atores envolvidos, muitas vezes de forma difusa. Ademais, estes movimentos têm se organizado cada vez mais, tornando a forma do protesto como parte de suas comunicações possíveis (LUHMANN, 2007), embora não possam ser considerados organizações porque os integrantes não são membros, com hierarquia constituída e tomadas de decisão baseadas em decisões anteriores. A forma de comunicação protesto, deste modo, pode articular vários interesses em torno de um tema, mesmo que estes interesses se vinculem a organizações sociais (movimentos sociais) distintas e a mesma articulação se desfaça em seguida.

A ciclicidade dos acoplamentos estruturais entre os sistemas que fazem parte do regime de produção de conhecimento periférico, conviveu, em momentos específicos, com

todo tipo de protesto, que de forma “ruidosa” introduziu novas informações na ciclicidade. Estas informações estavam ligadas a temáticas das organizações (GREENPEACE, Movimentos dos Trabalhadores Rurais Sem-Terra [MST], Comissão Pastoral da Terra [CPT], organizações empresariais, organizações governamentais do Brasil, como Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério da Agricultura e Ministério do Meio Ambiente) e a movimentos de protestos que se formavam em função de questões pontuais, como foi o caso do protesto dos “cadeirantes” no congresso para a aprovação do uso de células-tronco nas pesquisas científicas. Na medida em que os produtos biotecnológicos iam adentrando outros espaços – Lei de Biossegurança, Política de Biotecnologia –, novos protestos se formavam e participavam da etapa relativa à evolução destes acoplamentos, embora não participassem como informação científica, como informação política ou como informação econômica, mas como “integrantes do protesto”.

Para caracterizar estas fontes de irritação nos sistemas específicos, várias polarizações podem ser apresentadas e elas dizem respeito a localização do protesto no código sim/não que a comunicação social produz. Silveira e Almeida (2004) argumentam ser tal polarização fonte de riscos à democracia dialógica, já que assume posições fundamentalistas do agir político. É difícil, no entanto, diante da sociedade moderna funcionalmente diferenciada, pensar em posições não menos extremadas, principalmente envolvendo tais questões. A diferenciação social afasta, cada vez mais, da pauta da democracia a possibilidade de um consenso político, dado os significados distintos que cada contexto sistêmico reproduz. Cada vez mais, comunicação produz mais comunicação diferente, com base na estrutura sim/não da comunicação societal, em função disto, cada lado reivindica a observação da biotecnologia sob seu próprio ponto de vista, desconhecendo a impossibilidade sistêmico-processual para tanto. Do lado da ciência foi generalizada a observação de que os grupos de protesto contra a liberação de transgênicos ou células-tronco não tinham legitimidade devido ao desconhecimento das questões científicas envolvidas, “nas críticas está faltando conhecimento científico, um bom conhecimento” (E9).

A forma “protesto” não necessariamente se localiza no lado negativo, já que o embate envolve os dois lados<sup>143</sup>. Uma destas polarizações sim/não envolveu aqueles que

---

<sup>143</sup> Houve protesto no momento da discussão da Lei de Biossegurança por parte daqueles que apoiavam os organismos geneticamente modificados, os quais defendiam “de fora” da ciência o conhecimento científico, mesmo não podendo comprová-lo cientificamente. Os protestos eram contra aqueles que exigiam precaução e por isso a negação da proposta de Lei.

apresentavam argumentos contrários a aprovação da Lei de biossegurança com base em argumentos científicos, porém não podendo atuar como cientistas e, por isso, não tendo impacto no conhecimento cientificamente sancionado – é o caso das organizações não científicas. Ao mesmo tempo, argumentos contrários podem se utilizar de “modelos econômicos para a agricultura” mesmo não agindo como agentes econômicos, não possuindo terra – caso das organizações de sem-terras. Enfim, o que se quer afirmar é que estes protestos que se estruturam em decorrência da ciclicidade dos acoplamentos estruturais entre sistemas sociais, vão disponibilizar informações que irritarão os acoplamentos, podendo, ou não, adentrar a rede de reprodução autopoiética de cada um deles<sup>144</sup>. Em função destas perturbações, muitos políticos agiram em função do protesto, atuando, por exemplo, em função da “base de apoio”; cientistas foram sensibilizados pelas consequências possíveis de suas escolhas, o abandono de pesquisas mediante a proibição de determinadas técnicas experimentais; e empresários tiveram que repensar seus ganhos diante da possibilidade da não aprovação da lei. As informações dos protestos estarão disponíveis, mas, como qualquer processo na sociedade moderna, não produzirá efeito direto nos sistemas, somente irritação. Tais protestos irritam o sistema científico da seguinte forma.

O motivo que houve da gente não trabalhar com transgênicos é que, em torno de 1997 e 1998, nós tínhamos já um equipamento pra fazer a integração de transgênicos com genoma de aveia através de uma pistola de genes. No entanto, nós ficamos com medo de bioterrorismo, sabotagens da pesquisa e resolvemos que não íamos continuar o projeto. Então é isso, nós chegamos a desenvolver toda a tecnologia e não chegamos a produzir por receio. Basicamente nós ficamos com o uso de marcadores moleculares no melhoramento com intuito de auxiliar as seleções, mas até hoje, apesar de ter passado praticamente 10 anos, nós não temos nenhuma utilização prática dos marcadores moleculares no campo (E15).

A importância destes protestos na ciclicidade dos acoplamentos é contemplada também quando se fala do fechamento da controvérsia tecnológica (FEENBERG, 2001). A questão aqui é que os pesquisadores que desenvolvem um determinado artefato técnico, uma tecnologia, embora consigam um consenso reduzido em torno de seu funcionamento no sistema científico, não são capazes de estender o significado técnico/científico do artefato para toda a sociedade, mesmo na situação em que a sociedade generalize uma

---

<sup>144</sup> Sobre esta discussão ver, Silveira; Almeida, 2004.

crença irrestrita nas conquistas científicas. A aceitação científica não pode ser estendida de dentro para fora já que, em decorrência do fechamento estrutural dos sistemas, cada um reage a sua maneira às mudanças em outros sistemas. Neste sentido, a tecnologia estará sempre “por fazer” já que os movimentos de protesto, por exemplo, têm a capacidade de “abrir a caixa-preta”. Não só os movimentos de protesto, mas a política, o direito e a economia também o fazem, como se pôde verificar na posição do governo do Rio Grande do Sul na administração do Partido dos Trabalhadores (PT – 1999/2002), que contestou a segurança dos organismos geneticamente modificados para a saúde e meio ambiente, declarando o Rio Grande do Sul uma área “livre de transgênicos”. Importante para se pensar a periferia e tecnologia é que os movimentos de protestos fazem uso de uma bandeira política a qual enfatiza, já desde a década de 50, que a importação de caixas-pretas é um risco porque a tecnologia foi testada em outros locais, com condições ambientais, sociais e econômicas distintas. Isto exemplifica o caso do plantio de soja transgênica em países como Brasil e Índia, alvo de protestos violentos (SCOONES, 2006).

A questão relacionada ao impacto do conhecimento científico na sociedade, tem produzido cada vez mais protestos que não mais tocam somente o âmbito do “desencantamento do mundo”, do “significado da vida”. O conhecimento científico produz riscos para a sociedade devido ao impacto tecnológico e social que suas consequências contemporâneas acarretam. Não se trata, portanto, tão somente de colocar em risco cosmovisões religiosas ou concepções tradicionais sobre o mundo, os riscos agora se localizam mais especificamente no âmbito da ameaça à própria vida que as consequências biotecnológicas, químicas, bélicas, atômicas legaram à sociedade global. Deste modo, ainda aqui, o impacto da ciência moderna é rebaixado do âmbito metafísico para o âmbito mundano dos modos de organização da produção e da vida alterado pela tecnologia. Quanto a isso, a mobilização dos protestos contra a ciência articula um discurso com base no funcionamento da tecnologia, mais que em sua verdade, ainda que grupos religiosos compreendam a verdade científica como uma afronta à sua.

## CAPÍTULO 5

### **Sistema biotecnológico e a periferia da ciência global**

Este capítulo tem como objetivo observar como o regime periférico de produção de conhecimento biotecnológico tem perturbado o sistema científico e com isso transformado sua complexidade interna. Com base nos grupos de pesquisa e em seus líderes, cientistas-empresários e gestores de ciência, tecnologia e inovação, busca-se compreender a relação entre expectativas do entorno em forma de perturbações à ciência e respostas científicas a elas, em termos da organização e do conhecimento. Este capítulo, assim, pretende aprofundar, com dados empíricos, os apontamentos anteriores a respeito da reprodução da ciência na sociedade diferenciada por funções, e a importância da técnica e tecnologia na construção do sistema biotecnológico moderno, especificamente, daquele que se reproduz na periferia do sistema global.

Ao se constituir como elemento fundamental da estratégia política de ciência e tecnologia brasileira, o sistema biotecnológico instalado tem que conviver com um regime de produção de conhecimento que, a todo o momento, insere novas informações na ciclicidade dos acoplamentos. Especificamente, nas últimas décadas, ao aprofundar a relação com a economia, o sistema biotecnológico periférico, fundado sobre premissas bioambientais, observou-se como produtor de tecnologia para a concorrência no mercado, e isto lhe exigiu, cada vez mais, técnicas avançadas para diminuir a defasagem de conhecimento em relação aos regimes de produção centrais, posto agora inserido em um contexto de competição econômica internacional. A busca por vantagens competitivas no plano econômico perturbou o sistema para agendas bioambientais, expressas em temáticas como doenças negligenciadas e agricultura tropical. Além do mais, as técnicas biotecnológicas mais avançadas convivem, mesmo nos países centrais, com problemas jurídicos devido aos riscos ambientais, para a saúde humana e social que lhes circundam, ao mesmo tempo em que o problema da propriedade intelectual e patentes também lhe aparece como ruído. Em face disto, os grupos, institutos e firmas de pesquisa criam estratégias para se reproduzirem neste regime de produção, orientado para um estado de articulação entre pesquisa científica e resultado tecnológico, em termos de inovação biotecnológica. Esta articulação decorre da organização da ciência e tecnologia em todo mundo, no entanto, isto aparece idiossincraticamente com critérios de seleção específicos

que diminuem a complexidade ambiental crescente, nos regimes de produção de conhecimento locais. Os últimos desdobramentos referentes à Lei de Biossegurança, à Política Científica e Tecnológica e às negociações envolvendo firmas brasileiras de biotecnologia parecem sugerir que este regime de produção de conhecimento periférico, por mais precário que se apresente, já evolui com uma dinâmica intersistêmica cuja referência são os países centrais, de base tecnológica caracterizada pela busca por inovações constantes.

Tem-se que fazer referência ao fato deste dinamismo não garantir, a despeito da criação de um eficiente sistema de ciência e tecnologia, um amplo sistema de inovação nos moldes centrais no Brasil. Isto faz com que possamos falar de regime de produção de ciência e tecnologia, mas não em “sistema de inovação” tal como classicamente teorizado pelos economistas da teoria evolucionária. Albuquerque (1996), por exemplo, chama de “embrionário” o sistema de inovação brasileiro quando comparado aos países da OCDE e alguns países asiáticos. No entanto, poder-se-ia dizer, como se fez no capítulo anterior, que determinados setores, biotecnologia, por exemplo, já apresentam uma dinâmica sistematizada o suficiente para permitir que a análise saia do plano do acoplamento difuso entre sistemas sociais distintos, e se localize, mais precisamente no âmbito da dinâmica coevolutiva de um articulado sistema de inovação, de características, para o caso brasileiro, bioambientais.

As informações produzidas neste regime bioambiental difuso – ainda que articulado pelos acoplamentos estruturais – orientam-se para o *atrator* organizacional tecnologia e inovação, pelo menos em termos de expectativas. Estas informações (como expectativas do entorno) são perturbações que se manifestam, por exemplo, em uma Lei de Inovação, para o direito, ou em uma Política de Inovação, para a política pública. A generalização das informações produzidas e processadas pelos sistemas, recai, inexoravelmente na produção tecnológica como objetivo fundamental nos acoplamentos, criando novas expectativas sistêmicas relacionadas a esta forma, como “aplicação do conhecimento”, “maior eficácia”, “relevância econômica”, “legal”. Nas organizações científicas periféricas, há a reestruturação semântica interna, em termos das expectativas estruturadas, que condiciona o processo autopoietico de autoprodução de componentes a uma lógica decisional (organizacional) voltada para a inovação tecnológica, e, deste modo, é levada a satisfazer a exigências a que esta forma de expectativa acarreta quanto à relação sistema e entorno: inovação deve ser legal, lucrativa, segura, eficaz. O outro passo, em função disto, é a

generalização simbólica que tal motivação acarreta para as comunicações sistêmicas, produzindo uma estrutura de reprodução comunicativa baseada na semântica da “inovação tecnológica”, mesmo que o significado das comunicações seja tão somente uma autolegitimação, uma previsão apenas. Mesmo neste nível, tais informações incorporadas se apresentam como expectativas e, portanto, têm valor estrutural. A biotecnologia se estrutura, em um contexto como este, baseada em uma semântica que altera a função da produção da verdade – função de referência ainda para grande parte das pesquisas científicas – em direção a uma semântica do funcionamento, pelo menos no regime bioambiental de produção de conhecimento. Isto é exposto pela figura do cientista-empresário e sua semântica mista entre ciência e economia, e, também, as empresas incubadas, entre outros. Todos estes fenômenos são expostos pelo atual estágio da pesquisa científica, ao acoplar lógicas distintas, produzindo informações e perturbações que modificam incessantemente a forma dos sistemas acoplados e o regime de produção de conhecimento.

## 5.1 Sistema biotecnológico e seu regime de produção de conhecimento

A sociedade diferenciada por funções, como se viu, se reproduz baseada na lógica reprodutiva de vários sistemas funcionais distintos com critérios de seleção, formas de observação e expectativas diferenciadas. Ademais, tal sociedade convive ainda com uma forma, ainda que não primária, mas igualmente estrutural, de diferenciação, que é a diferenciação centro/periferia. Tal forma de observar a sociedade, de um lado, admitindo o primado da reprodução na forma diferenciada por funções, mas de outro, levando em conta também a diferenciação em um centro e uma periferia, permite que se observe, desde os Estados nacionais, os regimes de produção de conhecimento. Como se viu, a diferenciação por funções, participa, fundamentalmente, da construção de cada sistema funcional específico, já que estão acoplados e sujeitos às perturbações recíprocas. Deste modo, falou-se na construção tecnológica como objetivo científico: resultado dos acoplamentos estruturais entre sistemas. Por outro lado, a diferenciação centro/periferia também participa faticamente na estruturação da ciência global e, deste modo, incide sobre a reprodução de regimes de produção de conhecimento. Para os propósitos aqui apresentados, importa saber como o regime de produção de conhecimento periférico brasileiro – política, direito, economia – tem repercutido nas expectativas cristalizadas no interior do subsistema

biotecnológico, com o intuito de observar, empiricamente, quais as preferências que emergem em função de tal regime de produção.

A expressão que irá animar a indústria biotecnológica do fim do século XX, como se viu, será a inovação biotecnológica, e tal período assiste a emergência de novas variedades de soja, milho, canola, algodão e a expansão das áreas de cultivo de variedades transgênicas<sup>145</sup>. Para tanto, uma série de perturbações passaram a fazer parte da ciclicidade dos acoplamentos estruturais do regime de produção do conhecimento periférico, como uma nova legislação de propriedade intelectual que incorpora o patenteamento de variedades vegetais e animais; uma nova lei de biossegurança que legislou sobre transgênicos e células-tronco; as novas políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento científico e tecnológico incentivando um marco institucional favorável à aplicação tecnológica; e a demanda cada vez maior por parte do mercado de inovações como estratégia de competição entre firmas. A pesquisa orientada para a inovação tecnológica neste contexto produz autodiferenciações em termos de expectativas, como a aplicação e a comercialização, como resposta a estas perturbações do entorno.

Além de trabalhar com planta modelo, você tem necessidade de um trabalho mais aplicado. Então a gente começou a trabalhar com esta parte de identificar materiais tolerantes à deficiência de fósforo e tentar identificar os mecanismos envolvidos também em relação à tolerância ao alumínio, tentando identificar mecanismo e tentando identificar seqüências que são expressas em resposta ao estresse. Então se tenta identificar genes que no futuro possam estar envolvidos nessa aclimatação e um dia, enfim, transferi-los de uma forma biotecnológica ou acompanhar a transferência deles através de uma transferência convencional, conforme o mercado andar neste sentido, né? Isto, basicamente são os dois carros chefes de pesquisa (E2).

A possibilidade de transferência genética, ou de funcionamento da transferência, é uma possibilidade tecnológica que, em outro contexto, aparece como uma possibilidade econômica, lucrativa. A pesquisa observa o entorno em função das possibilidades que seu histórico processual oferece em termos de controle de determinados conhecimentos e técnicas – *expertise*, estrutura laboratorial, por exemplo – e, a partir daí, vê o que isso lhe permite ver, não sendo capaz de observar além de suas possibilidades técnico-científicas. É neste sistema de comunicação determinado por aquilo que funciona – e só neste horizonte

---

<sup>145</sup> Estima-se que em 2008 foram plantados 125 milhões de hectares das quatro principais variedades transgênicas, soja, milho, algodão e canola (JAMES, 2008).

de comunicação – que as organizações de pesquisa desenvolvem novos produtos, que podem ou não ganhar o mercado. A ciclicidade de tal regime de produção exige saídas de cada sistema, diminuir a complexidade com base em suas próprias comunicações. No caso da ciência, em face de perturbações mercadológicas, busca-se saídas tecnológicas (tradução), já que está inserida em um regime de produção de conhecimento em que se acopla inovação tecnológica – demanda do mercado – Política científica e tecnológica – Legislação de biossegurança – propriedade intelectual, condensando em torno de um elemento, “inovação tecnológica”, expectativas distintas. No que tange a economia, em termos da demanda do mercado – seu subsistema, ou entorno interno – como perturbação no sistema científico, pode-se ver como se dá tal processo no âmbito da criação das linhas de pesquisa.

Por exemplo, a gente tem um trabalho de resistência a vírus, ao vírus do mosaico dourado. Onde esse vírus ocorre você tem uma drástica redução da produção do feijão, e, com o passar do tempo a frequência de aparecimento daquela virose faz com que aquela área se torne incapaz de produzir aquele feijão, as pessoas abandonam a cultura, isso aconteceu muito na Bahia. Então essa demanda fez com que a gente fizesse um trabalho, que ocorre desde o início da década de 90, visando a obtenção de plantas transgênicas de feijão resistentes a esse vírus do mosaico dourado do feijoeiro. No meu caso, eu sou agrônomo, eu olho muito a demanda, o nosso grupo é formado por três agrônomos, então a gente olha muito a demanda que surge na agricultura, então a gente procura muito trabalhar nesta demanda, assim que surgem as linhas de trabalho (E8).

Em outro sentido, estas diferenciações na pesquisa, em função da ciclicidade entre possibilidades técnico-científicas e economia, levou a uma maior complexificação do regime de produção de conhecimento no Brasil, não mais circunscrito a uma lógica de perturbação entre Estado e ciência, como foi regra no passado, mas agora envolvendo outras organizações, novas legislações e demandas. A relação entre ciência, empresa e governo, em uma lógica de tripla hélice (ver capítulo 3) tem emergido com força, produzindo mais informação para o regime de produção de conhecimento, alterando os processos reprodutivos de todos os sistemas envolvidos. O trecho abaixo, extraído da fala de um chefe de laboratório de uma empresa incubada, exemplifica a novidade deste arranjo de organizações. Interessante notar que tal pesquisador foi recorrentemente citado por seus pares nas entrevistas como o pioneiro da biotecnologia do Rio Grande do Sul, deste modo é um caso que pertence a gerações que não experimentaram esta nova forma de regime de

produção de conhecimento e que agora atesta as diferenças por meio de novas expectativas.

Isto aqui é uma experiência nova no desenvolvimento de biotecnologia no Brasil. Que é o seguinte: cria-se um grupo de pesquisa forte, na área acadêmica, para você gerar conhecimento nas áreas de biotecnologia (Biotecnologia é uma coleção de ciências), e, ao mesmo tempo, cria-se uma empresa para que todo conhecimento gerado possa ser convertido em tecnologia. Isto tem dado certo. Nós criamos uma empresa há seis anos atrás, que veio para cá. O centro de pesquisa é da PUC, agora a empresa é nossa. Quando se tem patente que surge na empresa, por uma questão nossa, a gente compartilha as patentes com a PUC, mas todo o desenvolvimento da empresa pertence à empresa (E4).

Nessa nova dinâmica (“experiência nova”), a ciclicidade dos acoplamentos estruturais se densificam e os interesses se acercam com mais força, articulando-se em torno de objetivos e expectativas comuns, recorrentemente traduzidas. A possibilidade tecnológica pode ser uma possibilidade de lucro, embora nem o lucro tenha controle do desenvolvimento tecnológico e nem a técnica tenha possibilidade de garantir o lucro: ambas as possibilidades são resultados dos sistemas aos quais pertencem. Nenhuma técnica biotecnológica tem sentido, como técnica, fora de seu contexto semântico-sistêmico, assim como o lucro que uma determinada tecnologia, como produto no mercado, produz só tem sentido no mercado, e como produto lucrativo. Desta maneira, nenhum sentido pode ser generalizado fora de seu sistema, embora possa perturbar os demais. Mesmo que este cientista-empresendedor objetive a aplicação do seu conhecimento para fins lucrativos, a possibilidade do funcionamento tecnológico depende tão somente da lógica intrínseca ao sistema tecnocientífico, e a possibilidade de lucro depende da dinâmica no mercado. Decorre, em função disto, que a ciclicidade dos acoplamentos envolve o funcionamento da tecnologia na organização científica, a lucratividade da mesma na economia, a legalidade que lhe é atribuída pelo sistema jurídico, e assim por diante. Isto faz com que a ciclicidade dos acoplamentos, neste regime de produção de conhecimento, ao não generalizar sentido, passe, corriqueiramente, por um processo de “articulação de interesses” para superar possíveis “conflitos de interesses” entre as organizações envolvidas.

O acordo é criarmos uma nova empresa só para isto, para a produção destas matérias-primas. A FARMASA entra com 5 milhões de dólares para construir a planta, esta planta é cara. E, além disso, é uma situação excepcional porque, quando você fecha este apoio, ele dá bolsas de estudo integrais para a PUC. Isso significa que eu posso pagar 1 bolsa de

mestrado de mil e oitocentos reais, onde o estudante paga a PUC, mil reais, o equivalente ao curso, e fica com uma bolsa equivalente à do CNPQ, 100% financiada pela empresa. Nós temos já, a partir deste mês, quatro dessas bolsas, mais duas bolsas de iniciação científica, que são bolsas de iniciação científicas especiais, que é de 800 reais por mês. Além disso, a FARMASA contratou a partir de primeiro de março duas pessoas, 1 doutor com salário de mercado e uma técnica de laboratório. O negócio vai indo bem, esta nova percepção que nós temos de fazer um centro de pesquisa e uma empresa, vai muito bem (E4)<sup>146</sup>.

Este trecho apresenta os acordos articulados em torno de uma divisão do trabalho que leva em conta a especificidade de cada sistema. O trecho, além do mais, apresenta a forma como a organização econômica (FARMASA) e a organização científica (laboratório acadêmico) tem articulado “interesses acadêmicos” e “interesses econômicos”. Neste nível de formação sistêmica, se supera o problema de possíveis polifonias no acoplamento entre sistemas, embora não se possa superar a inexorabilidade da polissemia que é a condição da própria sociedade funcionalmente diferenciada. Há acordos quanto aos financiamentos porque somente o empreendimento econômico é capaz de saber de suas possibilidades e há acordos quanto às técnicas porque se compreende que esta dimensão é específica da ciência organizada – o que significa, neste nível, um diálogo de surdos-mudos dado o fechamento operacional de cada sistema. O cientista-empresário, deve estar claro, ao traduzir estas lógicas para o seu específico contexto de comunicação, o faz produzindo comunicação de novo tipo, que não pertence nem à ciência – quando traduz as subvenções econômicas – e nem à economia – quando traduz as conquistas técnicas. Tal cientista circula por espaços semânticos diferentes, tendo que recorrentemente traduzir as lógicas de modo particular. O fechamento do projeto entre laboratório e empresa envolve esta dinâmica.

O próximo passo foi eu ir a São Paulo, me reunir com o conselho deliberativo da empresa. Você sabe quem é o chefe do conselho deliberativo? É um alemão que se chama Wolfgang Sauer, que foi presidente da Volkswagen. Depois disso eu voltei para o Rio Grande do Sul e eles me mandaram os dois diretores executivos, que é o diretor superintendente e o diretor industrial, aí mais uma rodada de conversa, mais uma rodada de acertos e estamos acertando os “finalmentes”. Eles já aprovaram contrato, bolsa, financiamento da pesquisa. E amanhã irão nossos pesquisadores para São Paulo, para a empresa, e passam dois, três dias, para fechar o projeto, depois disso tem viagem para Alemanha, tem viagem para Suécia, para se ver equipamentos, para comprar equipamentos (E4).

---

<sup>146</sup> A FARMASA é uma empresa farmacêutica paulista criada em 1935.

A lógica da comunicação nestes contextos é a lógica emergente dos contratos interorganizacionais. Esta lógica não é reduzível nem à ciência, nem à economia ou a qualquer outro sistema acoplado a este contexto comunicativo. Os acordos, neste contexto, são posteriormente re-traduzidos na lógica de cada sistema envolvido: tecnologia no caso da ciência, lucro no caso da economia, legalidade no caso do direito e assim por diante. A comunicação em um contexto interorganizacional exige um esforço de tradução entre os sistemas, que se relaciona à fragmentação dos contextos significativos da modernidade. Esta dinâmica de comunicação, complexa, é muito mais propícia à improbabilidade do que a dinâmica comunicativa sistêmica, já que não possui estruturado um meio de comunicação simbolicamente generalizado como a verdade, o funcionamento ou o legal, que diminua a complexidade das expectativas envolvidas. Deste modo, não há como operar sob uma expectativa comum previamente estruturada. A estrutura de expectativas reproduzidas em cada sistema opera perturbando, mais que articulando, cada sistema.

Às vezes você passa uma manhã e uma tarde inteirinha para o engenheiro da fábrica entender meia dúzia de palavras que você está falando, é muito complicado. Porque eles, apesar de serem de nível superior - empresas assim têm 20 ou 30 farmacêuticos, 20 ou 30 químicos dentro - eles não entendem o que a gente fala. Então eles precisam comprar não a caixa-preta, eles precisam comprar tudo, eles precisam comprar gente, atualização (E9).

Da mesma forma, verifica-se a improbabilidade da comunicação e a dificuldade de articulação entre sistemas, na relação entre o sistema científico, econômico e político.

Quando se fala que tem uma empresa em parceria com universidade eles já ficam achando que tem alguma coisa por trás, que são empresários que estão querendo ganhar dinheiro em cima de doenças. E não é. A empresa surgiu e cresceu com recurso público federal e o Ministério da Saúde, que é órgão federal, não consegue entender isto, falta um amadurecimento do país para isto daí. Este é um entrave que a empresa tem. A gente gera conhecimento, entra em todos os editais que é para fazer tecnologia, a tecnologia está pronta e aí não vai utilizar porque é uma empresa? Dentro do próprio país, da esfera de tecnologia falta esse tipo de organização, que é mais político, porque se cada um fala uma língua nunca se chega a lugar nenhum (E1).

Como discutido no capítulo 3, devem existir mecanismos no processo de interação que transformem a improbabilidade comunicativa nestes contextos de “articulação de interesses” em probabilidade, a despeito dos acordos interorganizacionais realizarem-se, como apresentado, em um contexto contingente e de grande complexidade. Assim, o que faz com que se chegue a acordos que articulam lógicas sistêmicas diferentes, tornando mais provável a comunicação entre ciência e entorno? Qual é o elemento que se generaliza simbolicamente para articular motivos tão díspares? Da maneira como foi abordado no capítulo 3, fala-se em contrato como mecanismo organizacional que cristaliza a divisão do trabalho, dividindo tarefas em torno dos afazeres específicos de cada sistema. Neste sentido, o contrato traduz automaticamente expectativas díspares ao confiar a cada parte uma determinada obrigação, baseada na função que cada sistema assume na sociedade funcionalmente diferenciada: à organização científica cabe fazer o conhecimento funcionar.

É exatamente na articulação destes interesses em torno dos objetivos, que se fala em parte, da construção social da tecnologia. Mesmo que o laboratório possua um controle técnico capaz de permitir múltiplos usos e chegar a múltiplas tecnologias, a possibilidade tecnológica construída no empreendimento científico pode ser, todavia, refeita em função do processo desencadeado pela articulação de interesses no processo de construção das colaborações multi-institucionais. A partir da definição dos objetivos da empreitada – os quais transcendem os objetivos particulares das organizações envolvidas, ao mesmo tempo em que os contempla – cada organização retorna com novas informações ao seu *locus* específico, traduzindo perturbações “externas” em informação, que se reproduzirá no sistema com sentido vinculado à sua própria autopoiesis. Deste modo, os contratos multi-institucionais são fontes de variação no sistema e podem levar a uma re-estabilização de seu padrão reprodutivo em outras bases – bases conseqüentemente acopladas ao entorno dinâmico que a ciclicidade do regime de produção refaz. No caso da tecnologia, o “retorno ao sistema” com novas informações do entorno pode levar a sua reconstrução nos limites das capacidades de pesquisa do laboratório, por exemplo. Obviamente, limitando o possível ao funcionamento definido no próprio sistema científico.

A princípio minha pesquisa de fósforo não tem nada a ver com biocombustível, mas eu consigo, sem mudar a rota da minha pesquisa, fazer uma conexão com uma nova diretriz, esta pesquisa de biocombustíveis. Minha pesquisa acaba sendo importante para biocombustíveis porque eu posso desenvolver plantas mais tolerante ao

fósforo ou que cresce com uma quantidade menor de fósforo, isso vai me dar uma vantagem em termos de produção de massa seca daqui a 20 ou 30 anos, nós temos fósforo para no máximo 100 anos. Então a gente faz este tipo de coisa, mesmo que sua linha de pesquisa não esteja relacionada com as políticas, você tem que tentar ver como é que você fica envolvido nisso, às vezes é coisa mais simples (E2).

Com novos pontos de partida (perturbações) – o que podem ser novos editais, novos acordos empresariais, novos marcos normativos – o sistema científico ao acoplar-se a estes âmbitos se re-estabiliza em um novo patamar, evolutivamente diferente, com novas motivações e comunicações, e, conseqüentemente, novos critérios seletivos. Assim, retomando a questão da re-estabilização em função do acordo, a seleção vai se manifestar internamente em função da tecnologia a que o acordo faz menção, porém esta deve ser selecionada dentre aquelas tecnologias disponíveis “que funcionam”. “Funcionamento” é o critério seletivo estrutural do sistema tecnocientífico, meio simbolicamente generalizado, e este não se reduz aos distintos elementos seletivos que se cruzam no âmbito dos acordos multi-institucionais.

Da mesma forma como acima descrito a respeito do acoplamento entre ciência, política e economia, deve-se ressaltar que no regime de produção do conhecimento, a dimensão legal dos empreendimentos é constantemente reiterada. Aqui, não se deve perder de vista que o sistema científico não observa com o critério legal/ ilegal, código estrutural do sistema jurídico, porém, esta informação, “o que é legal” e “o que é ilegal”, é uma informação do entorno e, como dito no capítulo anterior, relacionada à ciclicidade dos acoplamentos estruturais do regime de produção. Quer dizer, a informação “legal” “ilegal” vai estar disposta no regime e, portanto, será sempre ruído para a pesquisa. Deste modo, “dos cientistas se espera como sempre a observação do direito, e certas regulações jurídicas podem limitar sua conduta” (LUHMANN, 1996a, p. 161).

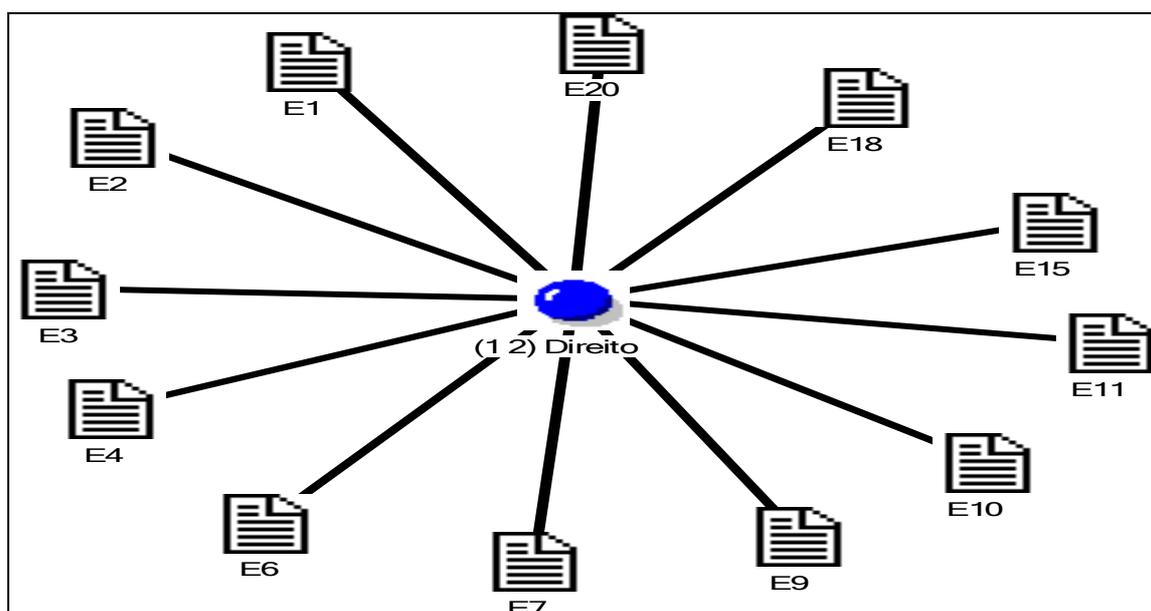
Este código, legal/ilegal, vai estar presente na avaliação de pesquisa dos “comitês de ética de pesquisa”, que funcionam também como um momento de seleção da inovação tecnológica, e possuem, como os outros âmbitos, mecanismos de seleção próprios. Assim também, na sujeição de projetos envolvendo comercialização de transgênicos na CTNBio, as condições sanitárias do laboratório verificadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)<sup>147</sup>, nas possibilidades de patenteamento verificadas por um escritório de patentes, entre outras organizações emergentes entre ciência e direito. Em cada um

---

<sup>147</sup> Agência reguladora encarregada de atividades de fiscalização e produção de regras e normas a respeito da produção e comercialização de produtos e serviços submetidos à vigilância sanitária.

desses casos o código legal/ ilegal vai imprimir sua estrutura, permitindo ou proibindo a pesquisa, no sentido em que Trute (2005) e Jasanoff (1997) chamaram de judicialização da ciência. Todas estas leis devem ser entendidas, também, como resultados da ciclicidade de perturbações do regime de produção de conhecimento.

Decorrem deste cenário perturbações, portanto, para o sistema científico, em forma de limites operacionais legalmente sancionados, que na sua maioria tem a ver com risco e biossegurança. A ilustração abaixo apresenta aquelas entrevistas em que os limites legais se apresentam como marcos para futuras comunicações, desde a remodelação do projeto inicial até o abandono total de projetos e novos temas de pesquisa. Deve-se atentar que, embora o tema do direito tenha aparecido, praticamente, em todos os documentos analisados, as entrevistas abaixo ressaltadas foram mais fortemente marcadas com este código. Isto sugere que seus temas de pesquisa, de alguma forma, têm tal diferenciação como motivo e critério de seleção de novos projetos e temas de pesquisa.



**Ilustração 5 Código direito**  
**Fonte: Elaboração do autor**

É patente a recorrência do tema direito e biossegurança nas entrevistas. De um lado há uma postura de total conforto com a convivência dos limites legais, e de outro um desconforto, principalmente em função da discussão a respeito da Lei de Biossegurança ter alcançado “não-especialistas”, ter superado os limites dentro dos quais deveria ter se dado:

a instância jurídica adequada e os especialistas em biossegurança<sup>148</sup>. Deste modo, todo tipo de interferência foi apontada como não-científica e, assim, como entrave ao desenvolvimento da pesquisa.

O que eu acho é que faltou amplitude em relação às pessoas que foram convidadas para opinar, um *handy* muito maior de pensamento ali. Tem muita interferência política nisso. Faltou na verdade uma consulta maior à comunidade científica séria, aquela que faz mesmo (E9).

A informação do regime de produção “legal/ilegal” imprime sua especificação nas pesquisas, limitando as possibilidades temáticas e técnicas dos grupos de pesquisa. Embora as possibilidades de pesquisa sejam imensas dentro do limite estipulado pelo direito, ainda assim há limites e geralmente eles envolvem as possibilidades tecnológicas mais recentes. A fronteira do conhecimento geralmente avança além da legislação vigente, significando perturbação para o direito e, se este não incorporar à sua rede autopoietica estas perturbações, os limites antigos acabam impedindo a emergência de novas pesquisas que tem como base tecnologias experimentais mais atuais. Este estado de perturbações cíclicas não incorporadas, pode ter consequências caóticas para o regime de produção de conhecimento e, como envolve todos os sistemas, pode produzir informações não codificadas, não organizadas, não incorporadas pelos diferentes sistemas, causando um estado de maior desorganização.

Eu acho que a biotecnologia brasileira perdeu muito nos últimos anos por causa da legislação caótica que foi feita. A legislação brasileira foi feita com base nos melhores modelos, nos modelos de países pequenos, não para o Brasil. Além do componente ideológico que foi muito forte, isso atrapalhou a biotecnologia no Brasil, especialmente algumas ONGs atrapalharam. Nós poderíamos estar usando mais a biotecnologia. Nós perdemos muitos jovens que estavam terminando o seu doutorado e foram trabalhar no exterior porque não tinha mais como trabalhar no Brasil, pessoal que foi para o exterior e não quer voltar porque não tem onde trabalhar. Você chega aqui com projeto e não sai porque a CTNBIO não resolve nada, está ideologizada, politizada, não-científica. O governo atual tem dois pólos que não deixam avançar nada, um pólo progressista que quer fazer a coisa avançar e outro que segura tudo, que é contra tudo, não permite que se faça teste de campo. Nisso a biologia vegetal foi muito prejudicada, porque ela é mais lenta, leva mais tempo, você precisa de um ano agrícola para a planta desenvolver, você precisa, antes de lançar uma variedade, de um teste de cinco anos em vinte

---

<sup>148</sup> Não se pode perder de vista também que as entrevistas foram feitas exatamente no auge das discussões envolvendo tal lei, aprovada em março de 2005, mas repercutindo até hoje.

locais, então se você não consegue fazer os testes de campo com o material transgênico você está morto. Então a legislação está atrapalhando os agricultores, o que permitiu que se trouxesse sementes da Argentina, da soja e do algodão agora, vai acontecer de novo com o milho... é porque você não tem uma legislação, você não tem uma política de estado dando prioridades para a biotecnologia. E nós perdemos uma oportunidade enorme que é ser líder mundial em biotecnologia tropical, nós somos uma agricultura tropical e investimos pouco em biotecnologia, com raras exceções (E13).

A gente já trabalhou também com a parte de propagação *per se*, hoje a gente não está trabalhando mais com transformação, neste momento, por uma questão legal (E2).

Deve-se atentar que, ao se relacionar novas fronteiras do conhecimento à legislação, fala-se especificamente nas “novas biotecnologias” que emergem em função do avanço da tecnologia (DNA recombinante, PCR, marcadores moleculares, entre outras). A nova legislação de biotecnologia em sua totalidade se refere a esta nova modalidade de pesquisa e desenvolvimento, basicamente a produção de espécimes transgênicas. Neste sentido, ainda se faz biotecnologia tradicional sem que se tenha que abrir mão da pesquisa por questões legais, ou seja, esta nova legislação não significou, para esta modalidade de pesquisa, uma perturbação e não teve efeito limitador sobre tal prática biotecnológica.

Como a gente trabalha com micro-organismos que não são modificados, a coleta de micro-organismos é no meio ambiente, a gente não tem esses problemas, pois não estamos trabalhando com nada modificado e tampouco com transgênicos (E21).

Aqui parece evidente a diferença no regime de produção de conhecimento entre biotecnologia clássica e moderna, e a importância que tem esta diferenciação, para a ciclicidade dos acoplamentos. A tecnologia experimental, clássica ou moderna, utilizada no laboratório acaba imperando como critério diferenciador da seleção do produto tecnológico que funciona, já que esta seleção, como atestam os trechos acima, é motivada por questões legais que incidem na tecnologia experimental. Deve-se ressaltar, no entanto, que a lei não incide no funcionamento, no conhecimento tecnológico – que permanece fechado sobre seus próprios processos –, mas age como mecanismo seletor do regime de produção de conhecimento, especificamente como operação do sistema do direito.

Um dos objetivos desse melhoramento é fazer o vírus matar mais rápido, então nesse ponto de fazer uma modalidade mais rápida você podia “engenhar”, mas como a dificuldade para você ter isso desregulamentado é tão alta que é preferível você continuar usando o vírus natural, e esperar que ele mate o inseto com uma quantidade maior de tempo (E16).

Ademais, como acima é demonstrado, as perturbações cíclicas entre os sistemas sociais incidem também nas questões legais, e ao lado das normas jurídicas há o cálculo econômico do custo da desregulamentação, já que é caro o processo de liberação de fármacos e variedades transgênicas. Na passagem abaixo se vê questões legais e econômicas incidindo como perturbação na pesquisa.

Uma vez que nós tivemos a liberação, nós observamos que as plantas não-transgênicas eram 100% tomadas pelo vírus, e as plantas transgênicas apresentavam 30% do sintoma. Para o produtor, ter uma linhagem de feijão que não tolera o vírus, que perde 100%, substituir por plantas em que você perde 30% no máximo, seria muito mais vantajoso. Mas devido ao processo de liberação dessas plantas, que tem uma tramitação tão limitada, e eu não estou entrando no mérito se é necessário ou não, fica caro a tramitação de um produto desses, que nós chamamos desregulamentação, nós decidimos abandonar esse experimento, mesmo potencialmente importante (E8).

As perturbações legais junto com as econômicas incidem na tecnologia a se utilizar para fazer pesquisa, para construir tecnologias, pô-las para funcionar. A importância que os laboratórios assumiram na pesquisa contemporânea deve-se, fundamentalmente, às exigências cada vez maiores das “boas práticas laboratoriais”, regras técnicas de biossegurança necessárias à prática de determinada modalidade de pesquisa. Grande parte do que se pode fazer hoje é determinado pelo acesso a determinadas tecnologias.

Chegou um pesquisador na semana passada e disse “vocês fazem isto, eu preciso fazer, eu preciso muito destas toxinas purificadas”, a gente vai dar uma olhada para ver se pode ser feito, a gente precisa olhar na literatura para isso, para ver se isto pode ser feito nas condições que a gente tem no laboratório. Aí a gente foi para a literatura e olhou e viu que não dava porque é..., vai dar um produto extremamente perigoso que o laboratório não tem condições de trabalhar, não tem condições de estrutura, de GNT para trabalhar, que são as normas gerais de boas práticas de laboratório (E9).

Em função da pesquisa dar-se em um regime de produção de conhecimento, não é uma atividade que se faz em um vácuo processual e, neste sentido, pode-se ver a incidência

de fatores sociais nos processos de seleção do sistema – econômicos, jurídicos e políticos. Seleciona-se com base em seus processos constituintes, mas, observando as perturbações a que se está sujeito a todo o momento. Mas, claro, estas perturbações podem não ter poder de especificação e o sistema decidir por seu rechaço, ao menos como acontecimento. O código não tem poder de generalização fora de seu sistema e sempre vai aparecer, nos outros sistemas, como uma possibilidade apenas.

O produto que nós vamos fazer não é para consumo humano e não vai ser aplicado em gente, de alguma forma. Não tem estas regras, então a questão de biossegurança clássica, tirando os transgênicos, ela é muito omissa em relação aos laboratórios, mas ao mesmo tempo há uma cobrança. Então fica um vácuo legal entre aquilo o que você deve fazer e aquilo o que o pessoal acha que você deve fazer, lá na outra ponta, nos organismos de fiscalização. Isto tem criado problemas muito difíceis de resolver. O que normalmente as pessoas fazem? Rompem com a lei, deixa os mecanismos de segurança para lá e quando, por um acaso, aparece a fiscalização, aí se tenta fazer um acordo, de forma que se possa continuar trabalhando, ajeitando algumas coisas, que o fiscal acha que é interessante (E18).

De outro modo, o regime de produção age como um todo direcionando os acontecimentos para aquilo, especificado por cada sistema. Nota-se isso nos editais públicos para financiamento de pesquisa, nos escritórios de transferência de tecnologia, entre outros: todos exigem o cumprimento do código legal/ilegal por parte da pesquisa, afinal, nenhuma empresa patentearia uma tecnologia impedida de ser comercializada. Neste sentido, se se tem como fim um produto comercializável, todo o processo de perturbações recíprocas dos acoplamentos estruturais conflui para fazer valer o poder de especificação de cada código específico.

Toda esta dinâmica de produção de conhecimento envolvendo universidade, estado e indústria – se se aceita que esta relação produz uma série de processos emergentes inéditos – acaba retornando para cada esfera e esta agora tem que reagir a esta nova forma, re-significando seus processos internos característicos. Um exemplo disso é que as preferências científicas relativas às publicações se alteram concomitantemente ao estabelecimento de novos contatos com o ambiente. Observa-se, atualmente, que a submissão a determinadas revistas segue objetivos que estão além do prestígio acadêmico ou da acumulação do capital científico, objetivos esperados no passado da organização científica. As publicações na forma contemporânea de produzir conhecimento, estão acopladas estruturalmente aos processos das três esferas e seguem respondendo às

perturbações em função do acoplamento. Se publica, por exemplo, para atrair investimentos para o laboratório. O trecho abaixo é inequívoco, no que diz respeito a esta percepção.

Um dia eu recebi um e-mail, o cara perguntando que tinha lido em revistas tais, um artigo tal, aí me perguntou: “você tem o clone?” (...) Eu não fiz o contato, eles é que fizeram o contato. Mais uma vez é a importância da pesquisa científica no desenvolvimento de produtos. Sem a pesquisa científica nós não teríamos publicado estes *Papers*, e o cara (sic) não teria visto. Se eu partisse direto para produzir e não publicasse ele não iria me conhecer. Aí entrei em contato (E4).

Neste caso pode-se observar que a densidade dos contatos coevolutivos entre universidade, indústria e estado produz um processamento em *feedback* entre estas organizações e a forma emergente que o regime de produção de conhecimento inaugura. Relaciona avaliação por pares e avaliação externa, uma indissociabilidade entre pesquisa básica e aplicada, ciência e tecnologia, criando um *locus* mais propício à inovação. As consequências dessa nova forma de operar a produção do conhecimento científico, no plano das esferas envolvidas, são absorvidas de acordo com a estrutura característica de cada uma, alterando-a e sendo alterada, concomitantemente. É em função desta ciclicidade que expressões como “universidade empresarial” ganha sentido, ao ressaltar a coevolução da tecnociência e economia.

A armadilha foi criada, o atraente foi criado, a partir daí veio a pergunta "O que eu vou fazer com isto?", eu como pesquisador. Aí teve de procurar fora da universidade, isso ajuda, e a melhor maneira, após um ano de pesquisa, achei melhor abrir uma empresa onde eu seria um acionista, eu faria pesquisa e desenvolvimento na universidade através de convênios e a empresa ficaria com a parte empresarial, de marketing; eu estaria alocado nas minhas especificações, desenvolvendo o que eu sei fazer e a empresa ficaria fazendo a parte empresarial, e assim tem se dado bem (E1).

As perturbações cíclicas no regime de produção de conhecimento têm, neste sentido, poder de direcionamento (*steering*<sup>149</sup>) dos processos científicos e da tecnologia. Mesmo que o funcionamento, como meio de comunicação generalizado, não explicita os tortuosos caminhos seguidos para a sua construção, apresentando-se como caixa-preta aos

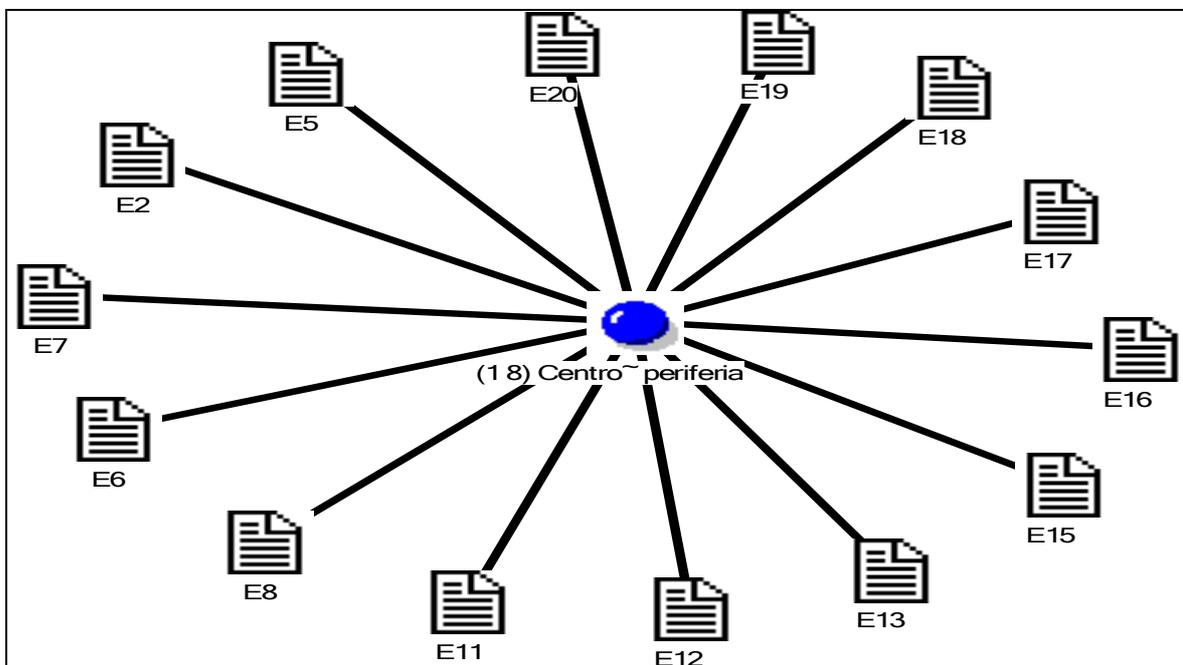
---

<sup>149</sup> Alguns autores, principalmente intérpretes da teoria de Luhmann, falam em “steering”, ou seja, direcionamento da operação no nível do programa, no nível da aplicação correta ou errada do código do sistema. Ver Andersen, 2004.

olhos dos outros sistemas, seu conteúdo passa necessariamente pela hetero-observação dos cientistas dos acontecimentos do entorno. Isso acaba ganhando uma dimensão no próprio sistema científico que se manifesta como seleção entre uma gama de possibilidades tecnológicas. Estas perturbações – econômicas, jurídicas e políticas - participam ortogonalmente da definição do que funciona.

## 5.2 Sistema biotecnológico, sociedade global e estratégias de diferenciação

Abaixo, a ilustração a respeito da incidência da codificação “centro/ periferia” nas entrevistas.



**Ilustração 6** Código centro/ periferia  
**Fonte:** Elaboração do autor.

Ao perturbar os limites do sistema científico, o regime de produção biotecnológico na periferia disponibiliza, como resultado dos acoplamentos, resultados em forma de mais irritação, e no caso contemporâneo da pesquisa biotecnológica estas irritações e resultados têm a ver com inovação tecnológica, como se verá à frente. Inovação, quando incorporada como informação, reproduz o subsistema sob o primado do código tecnológico do funcionamento, com consequências para novas seleções e diferenciações para o sistema científico. Nesta ciclicidade de perturbações, os empreendimentos econômicos que participam do contexto de produção tecnológica, estando às voltas com um cenário econômico hiper-competitivo, busca alternativas de diferenciação no processo de

concorrência econômica dinâmica. E não importa aqui se tais firmas são inovadoras ou imitadoras: “elas procuram encontrar alternativas às técnicas que estão utilizando no momento” (NELSON; WINTER, 2005, p. 400). Embora sofra de uma série de outras diferenças em relação ao contexto central – Arocena e Sutz (2005) falam da frágil produção de conhecimento, atividades de inovação informais, com resultados encapsulados, baixa demanda por conhecimento por parte das empresas, fraca cooperação entre elas, fraca cooperação internacional – o comportamento das firmas no contexto periférico dispõe, em seu regime de produção, de conhecimento uma série de preferências empresariais que são estruturadas pelo próprio contexto, portanto, estando vinculadas à política econômica e de inovação, à legislação, ao estado da pesquisa tecnocientífica.

A localização das firmas biotecnológicas e a observação das mesmas de sua colocação no mercado internacional, baixa competitividade, faz com que suas preferências internas se direcionem para as potencialidades lucrativas que a observação baseada na diferenciação centro/periferia apresenta. As firmas periféricas, como afirma Arocena e Sutz (2005), não são o alvo preferencial de compras tecnológicas governamentais na América Latina, que em sua maioria são sempre feitas fora, as soluções são importadas. Assim sendo, porque as empresas privadas deveriam confiar nas tecnologias locais? Deste modo, tecnologias locais só alcançam aqueles nichos de mercado de vocação periférica, e assim criam expectativas que tendem a reproduzir a diferenciação centro/ periferia na ciclicidade do regime de produção de conhecimento. A complexidade das possibilidades de pesquisa e desenvolvimento é reduzida, deste modo, por meio do critério centro/periferia, com as firmas, laboratórios, universidades, selecionando e desenvolvendo conhecimento e tecnologia com impacto altamente local. Este é o caso, por exemplo, de temas como “doenças negligenciadas” e “agricultura tropical” - preferências históricas de tal regime de produção de conhecimento – casos que possuem exemplos de sucesso periférico com incidência central, como a EMBRAPA e a FIOCRUZ. As empresas de desenvolvimento do bionegócio no Brasil ilustram este elemento de busca de uma vantagem competitiva, da diferença do centro, como é o caso da empresa BIOMINAS.

Um diferencial competitivo do Brasil para o desenvolvimento da biotecnologia é sua notável biodiversidade. Considerada a diversidade genética e bioquímica presente neste patrimônio natural, depara-se com um universo de oportunidades para a inovação biotecnológica. Além disso, a distribuição regional diferenciada desta biodiversidade cria oportunidades para um desenvolvimento econômico que valoriza as

especificidades locais, capaz de estruturar arranjos produtivos sustentáveis baseados em aplicações biotecnológicas (BIOMINAS, <<http://win.biominas.org.br/biominas2008/content7.asp?id=91&versao=1&template=7&menum=1&area=4>>. Acesso em: 30 de março de 2009).

Esta forma de produção e utilização de conhecimento e tecnologia se diferencia, portanto, do contexto central, o que facilita a sobrevivência das firmas periféricas no contexto internacional. Isto é o resultado da ciclicidade dos acoplamentos estruturais, e nesta dinâmica, a busca de conhecimento por parte das firmas vai disponibilizar no contexto suas preferências estruturadas pela diferença centro/periferia, o que acaba condicionando as políticas científicas e tecnológicas e, finalmente, o sistema de pesquisa biotecnológico. A pesquisa biotecnológica incorporará autopoieticamente o resultado desta ciclicidade em seus próprios termos, na oferta (escassa) de conhecimento e tecnologia nos limites bioambientais. Escassa, também, porque as firmas não absorvem tais perturbações em sua autopoiesis no sistema econômico, não se sentem irritadas por aquilo que lhes é ofertado, são indiferentes, finalmente. “Bioambiental” é o limite temático do sistema de biotecnologia periférico, e, no interior deste contorno, as possibilidades de acordos com empresas e governos são maiores. Ou seja, “bioambiental”, como diferenciação periférica, pode ser entendido como um elemento no regime que reduz a complexidade dos encaminhamentos possíveis nos acoplamentos dos sistemas.

Nossa expectativa é que, ao trabalhar com doenças causadas por parasitas, *Schistosoma manssoni*, que ocorrem em regiões com baixo nível de desenvolvimento, em regiões tropicais e subtropicais, trabalhando com doenças negligenciadas pela indústria farmacêutica, pelo mercado farmacêutico, e isso é uma coisa que motiva bastante, é uma possibilidade de manter um nível de competição com grupos localizados fora do país, principalmente em termos farmacêuticos. Doenças como diabetes, Alzheimer, obesidade, doenças coronárias, tudo isso é pesquisado intensamente pela indústria farmacêutica, então é muito difícil você entrar numa competição dessas. Por outro lado, pesquisando parasitas negligenciados você tem um pouco mais de tempo e você consegue fazer a sua pesquisas sem ser atropelado. Mesmo assim, desenvolver um medicamento é uma coisa que para nós demora, é uma pesquisa para trinta anos, vinte anos, a indústria farmacêutica com toda a tecnologia e recursos, dura doze anos, dez anos (E6).

As mesmas bases que promovem a diferenciação como acima, promovem a “desdiferenciação” com base no critério de observação centro/periferia. O que não se coloca relacionado a temas vinculados ao código centro/periferia, como “doenças

negligenciadas”, corre o risco da negação e da impossibilidade de reprodução, desde um ponto de vista econômico, político e científico-organizacional. Neste último caso, desaprovação pelos pares, consequências imprevistas, e mesmo “resultados insatisfatórios” aparecem como condição da escolha do lado errado do código binário centro/periferia. Deste modo, toda nova expectativa criada sofre rechaço do sistema das mais variadas maneiras, desde o rechaço pela não publicação internacional em revistas centrais, dado que centro/periferia estruturam também níveis de confiança diferentes, até o rechaço dos pares periféricamente localizados, como a seguir.

Nós temos critério aqui dentro, mas tem laboratório que não tem critério nenhum. O laboratório de uma professora aqui pegou dinheiro público, e o que ela quis fazer? Ela quis fazer pesquisa com câncer de seio (sic). Genética de câncer de mama é a coisa mais pesquisada no mundo, em geral hoje você tem que estar ao lado de um hospital, ao lado de uma equipe médica, tudo ajeitado para que a coisa funcione. Ela não pensou nesses detalhes, foi um fracasso. É algo bonito, fundamentado teoricamente... (E20).

Portanto, como critério de diferenciação, centro/periferia vai estruturar comunicações no interior do regime de produção periférico. Ressalva-se porém que este critério é tangencial aos sistemas do regime de produção. Dado o fechamento operacional, cada sistema vai, à sua maneira, observar tal diferenciação que perpassa todo o regime de produção de conhecimento. A economia pensará nas vantagens competitivas, a política científica e tecnológica direcionará seus programas de incentivo para tais temáticas – recentemente, pode-se notar o Fundo Setorial CT-BIOTEC e CT-AGRO, e a Política de Biotecnologia. Neste regime dinâmico, a ciência direciona suas preferências temáticas, programáticas, investigativas para densificar o acoplamento com os outros sistemas. A dinâmica evolutiva cria uma ciclicidade de perturbações que cria contextos emergentes de pesquisa. Deste modo, a pesquisa tecnocientífica biotecnológica evolui para mecanismos de variação e seleção, localizados naquele espectro estruturado de expectativas cuja heteroreferência é a diferenciação do regime de produção de conhecimento entre centro/periferia. Ao ultrapassar a fronteira de demarcação centro/periferia, a citação acima o demonstra, corre-se o risco de negação não só pelos membros da organização científica, mas pelos membros envolvidos em grupos de resolução de problemas, localizados em regimes de produção de conhecimento periféricos.

Deste modo, embora não haja temas “credenciados”, “apropriados”, “legítimo” na investigação, pelo menos explicitamente, não se pode ignorar que em função da diferenciação centro/periferia no regime de produção de conhecimento periférico, cria-se uma inflação temática que, em casos extremos pode se transformar em “febre”. Febre, ou “moda”, como também se usa, é o sintoma sistêmico das exigências cada vez maiores do entorno, cujas consequências pode ser a desdiferenciação em função do abandono de linhas, temas e projetos de pesquisa, não enquadrados nas expectativas criadas. Por isso, de algum modo, pode-se abdicar, *ad nauseam*, de uma posição central no sistema global de ciência e tecnologia, com temáticas globais, tecnologias globais, conhecimentos globais. Como expõe a entrevista abaixo, todas as modas ressaltadas referem-se ao modelo periférico bioambiental.

A gente passou por época em que se você não tivesse a palavra sustentabilidade no projeto ficava difícil ser aprovado. Agora a gente está em uma fase de agricultura familiar. Infelizmente, no financiamento da pesquisa existe muito modismo. Cria-se assim o que parece ser o foco daquele momento e se você não conseguir encaixar sua pesquisa naquilo fica muito difícil de conseguir recurso. E os biocombustíveis parecem que vão ser o tema, provavelmente (E2).

Esta canalização da complexidade societal com criação de complexidade sistêmica é um processo ininterrupto de variação, seleção e restabilização da comunicação, portanto, é, neste processo, que reside a evolução sistêmicas. Em função disto, temas “quentes” emergem e eles só podem ser compreendidos em função dos acoplamentos estruturais que cada regime de produção de conhecimento estabelece. Estas diferenciações temáticas estão relacionadas ao regime de produção de conhecimento, historicamente construído, cuja posição no sistema global de ciência e tecnologia é auto-observado como periférico. O trecho abaixo ilustra a posição do Brasil no que tange a doenças negligenciadas. O entrevistado, pesquisador da FIOCRUZ, articula o potencial de pesquisa nacional com o mercado potencial dessas doenças no mundo.

O Brasil tem uma posição singular: é um país em desenvolvimento que é afetado tanto pelas doenças de países pobres como pelas de países ricos. A indústria tem a oportunidade de lucrar com medicamentos feitos para os que podem pagar, como na Europa e nos Estados Unidos. Mas também precisamos de fármacos para a população que sofre com doenças tropicais e infecciosas. Só que, ao contrário dos países africanos e asiáticos, que também têm essas doenças, temos capacidade técnica

para desenvolvimento desses fármacos. O fornecimento para os outros países que necessitam poderia impulsionar nossa indústria e resolver os problemas da população. Na verdade, vemos uma oportunidade única para o país nessa área (MOREL, 2007).

A questão não é somente de objetividade do contexto periférico ou não, se de fato estas posições são reais ou ideologicamente construídas. Mais que isso, deve-se ressaltar, a partir da observação de segunda ordem, que centro/periferia é um critério de observação, corriqueiramente, utilizado pelos grupos de pesquisa para se referir a sua posição no sistema global de ciência e tecnologia. É exatamente este critério de observação que estrutura a objetividade cotidiana das pesquisas e que condiciona as expectativas em torno das seleções que, cotidianamente, são feitas. Entre aqueles grupos que trabalham na pesquisa e desenvolvimento de fármacos, todos tiveram uma forte incidência da codificação “doenças negligenciadas”, que é um código que por sua vez é decorrência da codificação centro/ periferia.



Ilustração 7 Código doença negligenciada  
Fonte: Elaboração do autor.

O cenário de pesquisa em doenças negligenciadas é uma forte canalização de esforços e criação de expectativas em decorrência das possibilidades ainda abertas no mercado global. É uma forma de se colocar em um nicho distante dos *blockbusters* da indústria farmacêutica. É uma forma, ademais, de canalizar a complexidade, reduzindo-a com um critério constrangido pelo regime de produção de conhecimento periférico.

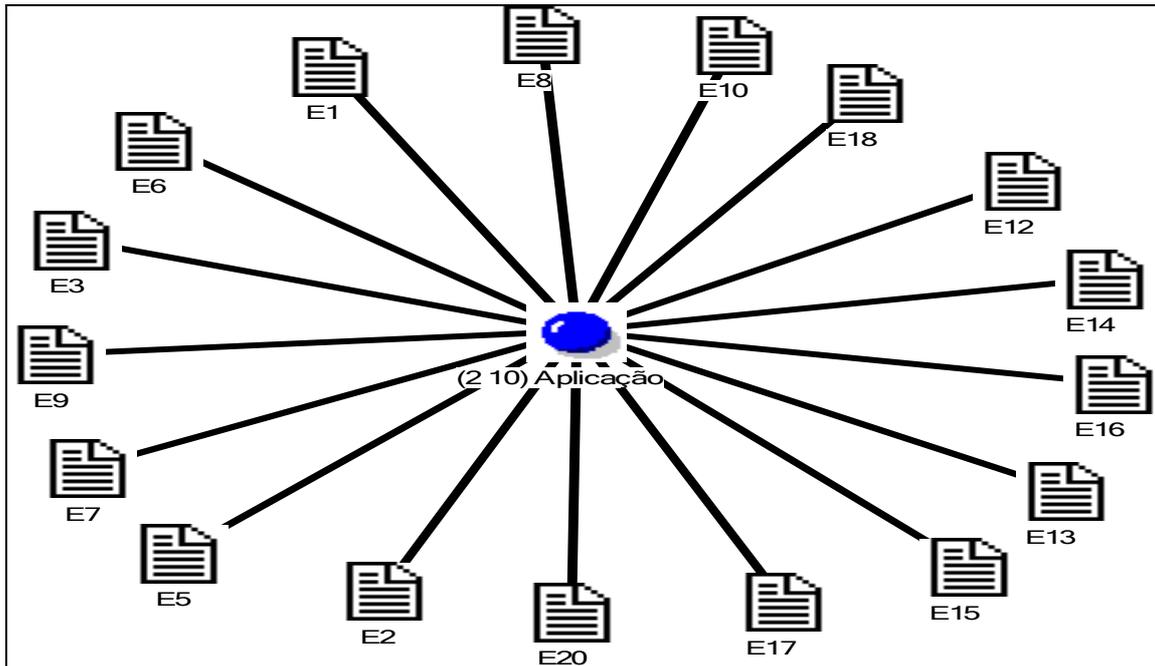
Abriu um edital de doenças negligenciadas, até onde eu sei não havia isso antes. Tem leishmaniose, malária, lepra, tuberculose... estava entre elas. Essas políticas são interessantes para investimento, direcionar o dinheiro. Eu acho que o problema é que se pulveriza o recurso, e aí entra

um monte de coisa, se tivesse que dar retorno já teria dado, eu gosto dessa canalização de recursos. Parece que essa política nova de biotecnologia é acertada, eu acho que você não pode exigir que um grupo de pesquisa produza alguma coisa em dois anos, porque atrasa a liberação de recursos, quase sempre se atrasa. Nós temos um projeto milênio aprovado já faz um ano, foi liberado só um dinheirinho, então em um projeto de dois anos você acaba não cumprindo aquilo e isso não é uma boa política de investimento (E12).

A binarização da comunicação incidirá nos eventos sistêmicos que se processam no interior dos grupos de pesquisa. A binarização do regime de produção de conhecimento em centro/periferia incide em todos os sistemas do acoplamento, na pesquisa funciona como qualquer outro código de comunicação: reduz complexidade das possibilidades de pesquisa, torna possível a comunicação e, ao mesmo tempo, aumenta as chances de sucessos evolutivos na ciclicidade dos acoplamentos entre sistema e entorno. Determinados códigos tornam a comunicação mais provável por articular sentido no sistema. Estes códigos, generalizados simbolicamente, ao fornecerem critérios para a auto-observação e hetero-observação do entorno, constroem o sistema em um sentido restrito, circunscrito aos seus limites operacionais.

### 5.3 Ciência reproduzida: ciência aplicada

Dado o regime de produção de conhecimento periféricamente estruturado, com preferências específicas, e os critérios de criação de linhas e temas de pesquisa, observa-se também que tal direcionamento satisfaz (reproduz) ao código “inovação tecnológica” como se verá a frente. Não obstante, em um contexto de diferenciação pela condição periférica e pela informação (motivação) ciclicamente resultante de inovar, a “aplicação” se destaca também como código.



**Ilustração 8 Código aplicação**  
**Fonte: Elaboração do autor.**

Das entrevistas, a sua maioria apresenta a aplicação como critério para a criação de novas linhas e temas de pesquisa. A justificativa para isso, geralmente, é uma função da heterorreferência, ou seja, da hetero-observação das condições do entorno. Geralmente, o uso da justificativa “aplicação” mostrou-se nas entrevistas como algo novo, diferenciado de períodos científicos recentes (“final de meu doutorado”), talvez como resultado, por um lado, de uma nova configuração dos processos de produção de conhecimento como um todo e, por outro, da incidência dos resultados recentes da ciclicidade dos acoplamentos estruturais na periferia do sistema global de ciência e tecnologia.

A gente tinha que obter aquele *Know-How*, como fazer micro propagação, como extrair DNA. O fim não interessava muito, era mais a obtenção da técnica, da tecnologia. Apesar das técnicas em biotecnologia continuarem avançando e cada vez mais rápido, o mundo passou desta fase da técnica pela técnica. Eu vivi uma discussão desta no final de meu doutorado, em que o programa falava que “chega de tese de clonagem de gene que não serve para coisa alguma”, para quê ele serve? Qual é a importância? O que é que vai mudar em termos de ciência? Este momento se começou a ter a necessidade de um objetivo real, ou seja, uma aplicabilidade futura, mesmo que esta aplicabilidade seja possível daqui a 10, 15 anos, mas que ela faça parte desde o início da jornada, pelo menos saber onde fica sua faixa de chegada (E5).

O código básico/aplicado, assim colocado, e a positivação programática por um de seus lados (“aplicação”) não deve ser entendido em um sentido linear, ou seja, considerando a linearidade clássica da pesquisa básica à aplicação. A aplicabilidade se refere fundamentalmente ao objetivo que estará presente já na construção do conhecimento básico, não excluindo a possibilidade de somente conhecer. A construção do conhecimento contemporaneamente articula, de forma indissociável, tais lados, dispondo um em função do outro. Ou melhor, um é condição do outro, já que o direcionamento dos acoplamentos estruturais intervém constringindo o “conhecimento pelo conhecimento”. Ainda que seja expectativa de aplicação, este lado da forma básico/ aplicado é um pressuposto estrutural da reprodução científica contemporânea.

Mesmo quando o projeto começa com enfoque muito aplicado, como foi o nosso, gerar uma molécula capaz de interferir na vida de uma parasita para criar um remédio para combater uma parasitose importante no Brasil, ou seja, o enfoque totalmente aplicado. Para você chegar a esse ponto você tem de fazer muita pesquisa básica antes. Porque você acaba descobrindo que os sistemas são mais complexos do que o que nós pensávamos anteriormente, então gerar conhecimento é importante. Conhecer mais sobre a biologia do parasito, em que as enzimas são os alvos da nossa pesquisa, é importante (E6).

Esta percepção a respeito da aplicabilidade é compartilhada pelos gestores de C, T & I (Ciência, Tecnologia e Inovação). Talvez eles tenham isso de forma mais clara já que a eles cabe a busca por recursos, a justificativa do centro de pesquisa e grande parte dos programas institucionais da organização. Neste sentido, vê-se o gestor como elemento mais sensível aos resultados da ciclicidade do regime de produção do conhecimento, operando, no nível organizacional, como o tradutor destes resultados para a prática científica. Abaixo, fragmento de discurso de um diretor de inovação de uma empresa.

Eu não tenho dúvidas de que o empresariado entra, mas desde que a gente comece a se qualificar e mostrar para ele que nós vamos sair dessa história de romantismo da ciência e vamos entrar realmente naquilo que precisa ser feito, ou seja, trabalhar em consonância com as necessidades básicas de mercado, uma prospecção de demanda clara, para que se saiba que aquele investimento que estiver fazendo tenha no futuro uma aplicabilidade. Não estou dizendo com isso que não se deve estar aplicando em pesquisa básica, é fundamental, quem vai aplicar não vai definir, mas a gente precisa estar aplicando, com certeza absoluta, em projetos que mostrem no final qual é a aplicabilidade daquelas ações (E11).

Deste modo, a elaboração de projetos de pesquisa, temas, linhas de investigação se vinculará aos critérios de observação construídos no sistema. No caso acima, na organização, parece claro que o programa - o procedimento sistêmico que estabelece as circunstâncias para atribuição de valor positivo ou negativo aos códigos (LUHMANN, 2007, p. 294) – apresenta a positividade da “aplicação” e a pertinência de sua reprodução comunicativa no contexto organizacional da pesquisa. Da mesma forma, “inovação”, “periferia”, “aplicação” comporão o quadro sistêmico-organizacional de referência à pesquisa, ao financiamento, à política. O que aqui se chama sistema de pesquisa biotecnológico periférico passa pela resignificação dos resultados da ciclicidade dos acoplamentos estruturais entre os sistemas que participam do regime de produção do conhecimento, por meio de irritações constantes. Os resultados deste subsistema da ciência, a biotecnologia, será um construto tecnocientífico que de uma forma ou de outra apresentará impresso, em sua forma, o regime de produção periférico. Porém, tal impressão é sempre o resultado da resignificação que as comunicações do regime sofrem na autopoiesis do sistema científico, e seguem o critério de seleção sistemicamente condicionado.

#### 5.4 Sistema biotecnológico e inovação

Abaixo, ilustração da incidência do tema “Inovação tecnológica” nas entrevistas.

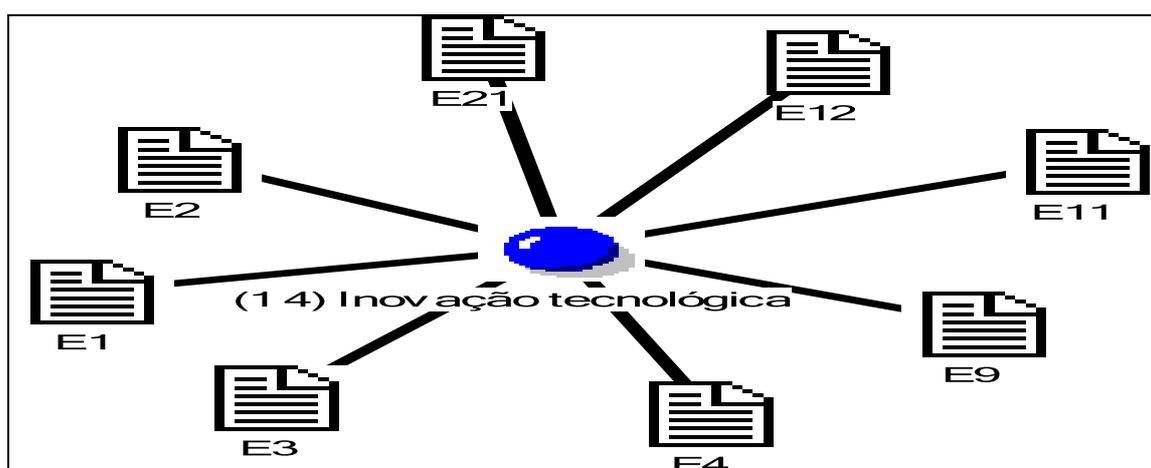


Ilustração 9 Código inovação  
Fonte: Elaboração do autor.

Em função de todas as transformações que o regime de produção de conhecimento periférico passou, atentando para seu funcionamento em tripla hélice, principalmente, desde a re-orientação dos últimos quatro governos, cada vez mais as práticas organizacionais vão no sentido de potencializar a relação universidade (como organização científica) – agência financiadora governamental (como organização política) – empresa (organização econômica). Esta re-orientação leva necessariamente à uma lógica cíclica voltada para a inovação tecnológica, mesmo que somente como objetivo, diretriz norteadora, ou, na linguagem sistêmica, expectativa.

No caso da EMBRAPA hoje, nós temos uma diretoria que se dispôs a mudar, o nosso Plano de Desenvolvimento da EMBRAPA (PDE), o planejamento, mudou. Antes nós tínhamos pesquisa-desenvolvimento e apenas transferência de tecnologia, hoje nós inserimos o conceito de inovação no nosso PDE, hoje nós temos pesquisa desenvolvimento e inovação, transferência está dentro do conceito de inovação. E aí então começa a mudar. Desde o documento maior de planejamento, as unidades descentralizadas agora têm a orientação de estar fazendo seus planos diretores e com base na orientação do plano diretor maior, que é o conceito de inovação. Esta mudança toda vem de uma necessidade. Se a EMBRAPA continuasse, ou qualquer outra instituição de C & T continuar atuando da forma como vêm atuando, elas acabam. A tendência é esta, você tem que mudar, e tem que ser estruturalmente, não adianta dizer que só vai mudar (E11).

Esta expectativa, voltar os esforços científicos para objetivos claros de inovação tecnológica, modifica a percepção dos cientistas do processo científico. Se era possível anteriormente encontrar observações sobre o funcionamento científico baseadas na lógica linear, ou seja, o pesquisador faz pesquisa e cabe a outros âmbitos a exploração das potencialidades tecnológicas, isso mudou com o novo regime de produção baseado na inovação tecnológica. Não há mais a separação entre pesquisa básica e aplicada, ou entre ciência, tecnologia e inovação. Estes processos se misturam na observação do próprio trabalho por parte do pesquisador. Deste modo, a finalidade da pesquisa não necessariamente corresponderá a uma fase específica, mas estará já contemplada em todos os passos que o pesquisador executar. Para inovar é necessário que as seleções, em cada fase da pesquisa, sejam na direção de algo novo, mesmo sem saber que no fim,

efetivamente, se obterá algo novo<sup>150</sup>. Ou seja, a expectativa de “inovação” se generaliza simbolicamente, condicionando todas as fases da pesquisa.

Você tem uma questão bem final que é: se você identifica um processo, você abre a possibilidade de manipulação dele. Se você tem a possibilidade de manipulação, você tem a possibilidade de criar um novo produto. Minha intenção no final é primeiro, a mais simples, é tentar uma compreensão melhor dos processos fisiológicos que eu estudo. Em segundo, é se este maior e melhor conhecimento vai me permitir identificar candidatos à manipulação. Onde mexer? Onde mexer eu vou identificar, mas não a ponto de comprometer o desenvolvimento normal da planta, ou qualquer outra característica. Terceiro, ter um produto diferenciado, com características mais adequadas em relação ao problema que você está estudando (E2).

A percepção não linear da inovação faz com que várias expectativas cristalizadas durante décadas na pesquisa periférica, baseadas na construção do conhecimento pelo conhecimento e para o treinamento, sucumbam a um estreitamento das relações grupo de pesquisa – empresa – governo. Pode-se dizer que a densidade dos contatos coevolutivos entre diferentes sistemas sociais alcançou um estágio de maior densidade e maior coordenação quando a política de C & T passa a se pautar pelo eixo da inovação, como descrito no “Livro Branco” (2002). Esse eixo é resultado da ciclicidade dos acoplamentos estruturais entre Estado – empresa – organização científica. No contexto comunicativo da atividade científica, “inovação”, como informação ambiental, gera a re-estabilização do processo sistêmico em um patamar de busca por “tecnologias que promovam o desenvolvimento social e econômico”. Isto engendrará, em um nível, a transversalidade de outros códigos de comunicação como “aplicação”, “utilidade”, “novidade”. Isso quer dizer que, a despeito da lógica do funcionamento que estrutura a investigação tecnocientífica, atualmente esta lógica é cortada, transversalmente, por *atratores* comunicativos absorvidos pela autopoiesis do sistema científico. Assim, embora nem o sistema político e nem o econômico possam controlar a reação do sistema científico a esta mudança ambiental, eles podem, no regime de produção do conhecimento, decidir sobre o que deveria ser financiado, o que deveria ser incentivado, qual pesquisa é inovadora, qual pesquisa é lucrativa. Em função disto, a disponibilidade de preferências políticas e econômicas, em dado período de tempo em determinado regime de produção de conhecimento, pode

---

<sup>150</sup> A definição de algo novo também será uma construção em função da relação da tecnologia que funciona com suas possibilidades legais relativas à saúde pública e com suas possibilidades econômicas relativas a sua lucratividade.

influenciar (ou não) as preferências do sistema científico, isto depende do próprio sistema. Fala-se em “utilidade social”, “aplicação tecnológica”, “novidade” nos programas de investigação tecnocientíficos, em função da preferência por “inovação” como resultado dos acoplamentos estruturais do regime de produção. As expectativas geradas na ciência, deste amplo processo de transformações ambientais, direcionam todo o subsistema de biotecnologia, desde os projetos criados, às conclusões publicadas.

O diretório dos grupos de pesquisa no Brasil (DGP), do CNPq, expõe os objetivos de cada pesquisa de forma incontroversa, embora muitas vezes, esteja exposta somente a dimensão relativa ao futuro, ou seja, diz respeito às expectativas estruturais que a autopoíesis constrói. Decorre que, na maioria das vezes, a descrição dos grupos de pesquisa segue a lógica de uma “carta de intenções” e, para satisfazer, já que está acoplado, as disposições do entorno - as perturbações de outros sistemas - acaba superestimando suas próprias capacidades tecnocientíficas. Porém, o que importa são exatamente estas “intenções”, já que são pistas de desenvolvimentos pretéritos da relação sistema/ entorno, embora aponte para dimensões futuras, e por isso apresentam poder de decepção. A ação científica é produtora de risco de decepção cognitiva para a própria expectativa do sistema, e fonte de perigo para os outros sistemas, mas, o fato de agir já traz por si mesmo incrustado as expectativas que se densificaram na relação sistema/entorno.

No DGP vê-se impressa a repercussão da ciclicidade entre sistema e entorno, manifesta nos códigos acima assinalados, que se apresentam como mecanismos de *steering*, principalmente no que tange ao resultado “inovação” da ciclicidade. No trecho abaixo, para o desenvolvimento da armadilha contra a dengue há uma empresa relacionada para o desenvolvimento da tecnologia, que foi aberta pelo líder do grupo de pesquisa, por meio de um edital de financiamento de empresas de base tecnológica associadas a universidades, da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Desenvolvidos a armadilha e o atraente sintético, o caminho foi o patenteamento e a implementação do sistema, hoje em funcionamento em cidades brasileiras, na Austrália e Canadá.

Os projetos desenvolvidos pelo Laboratório de Ecologia Química de Insetos Vetores (LabEQ), ICB/UFMG, visam encontrar métodos alternativos para o monitoramento e/ou controle de vetores de doenças de importância na saúde humana e animal por meio de desenvolvimento de armadilhas e identificação de semioquímicos (feromônios, odor humano sintético, atraentes de oviposição, etc). Nesta linha de atividade, destaca-se o desenvolvimento de novas tecnologias para o controle de *Culex* sp, *Aedes* sp. flebotomíneos, anofelinos e *Musca domestica*.

Desde 1998, o LabEQ vem desenvolvendo pesquisas na área de Ecologia Química com o *A. aegypti*. Entre as tecnologias desenvolvidas, destacam-se a armadilha MosquiTRAP®, que captura fêmeas grávidas de *A. aegypti*, e o atraente de oviposição AtrAedes®. Associado à MosquiTRAP® e ao AtrAedes® foi desenvolvido um sistema de monitoramento informatizado, denominado de Monitoramento Inteligente da Dengue (MI-Dengue) que permite aumentar a velocidade da transferência de informações sobre a presença e a densidade do vetor em áreas urbanas. Os produtos tecnológicos já foram patenteados pela UFMG (INPI. PI0106701-0, 20 de dez. de 2001 e INPI PI0203907-9. 05 de set. de 2002) e estão sendo utilizados no monitoramento do *A. aegypti* em área urbana de onze municípios brasileiros. Atualmente as tecnologias estão sendo avaliadas pelo Ministério da Saúde para obter a norma técnica que permitirá a implementação em todo o território nacional.

A relação universidade-empresa inaugurada, levou à concentração das linhas de pesquisa do grupo em torno dos objetivos da nova tecnologia (quadro 9, à frente). Conseqüentemente, este sistema tecnológico (Monitoramento Inteligente da Dengue [MI-Dengue]) busca a expansão, como estratégia de generalização da inovação conquistada. Todas as questões envolvidas no processo de inovação tecnológica, limites normativos e mudança econômica passam a fazer parte da heterorreferência do sistema de pesquisa, tornando-se parte, como motivação (generalizada simbolicamente), das comunicações autopoieticamente reproduzidas. É o que ocorre com o objetivo “inovação tecnológica”. Novos limites operacionais são construídos e passam a ser referências internas (motivação) para as decisões organizacionais, publicações científicas e interesses cognitivos, criando novas redes de expectativas concatenadas. Um dos pesquisadores do grupo, também acionista da empresa que desenvolveu a tecnologia, relata a entrada do grupo neste regime de produção de conhecimento, em que a competição entre empresas é fonte de diferenciações internas.

E hoje, o produto que a gente tem, que foi avaliado pelo ministério da saúde, caso alguém venha a pirateá-lo, a gente já tem o melhor. Então, esta é uma política que a gente tem de P&D. A hora em que o produto está no mercado já tem um outro no forno, que é o que ocorre com grandes empresas. Obviamente que a empresa é pequena, mas a gente tem a capacidade de estar fazendo isso (E1).

A heterorreferência criada no sistema refaz estratégias com base no acoplamento com sistemas do entorno. No caso acima, a referência ao mercado cria novas expectativas para o grupo, deste modo, vinculando as perturbações mercadológicas às respostas

tecnológicas em forma de “novidades tecnológicas”. Esta vinculação, autoconstruída, cria expectativas de inclusão/exclusão de linhas de pesquisa, novos objetivos, novas *expertises* e cria limites aos objetivos possíveis. O sistema busca densificar a relação com o entorno com aquilo que lhe caracteriza, ou seja, produção de conhecimento tecnocientífico. Deste modo, há um pragmatismo em sua evolução, no sentido de que sua evolução é determinada por aqueles conjuntos de fatores autopoieticamente construídos, com vistas a reproduzir os acoplamentos, e portanto de se autorreproduzir. Isto se dá com base em sua racionalidade específica, que não pode ser reduzida à nenhuma racionalidade universal ou que transcenda à cadeia reprodutiva que lhe atribui identidade e sentido. Esta racionalidade é a capacidade, que cada sistema tem, de se diferenciar do entorno e controlar as repercussões no entorno com base na repercussão sobre si mesmo (ESPOSITO, 1996). Esta racionalidade pragmática tem a ver, somente, com a especificidade do subsistema biotecnológico, suas expectativas estruturais e preferências seletivas. Deste modo, as preferências abaixo, de linhas e objetivos, devem ser compreendidas com base nesta racionalidade que se constitui visando, ainda que como expectativas, o controle de suas repercussões em sua própria reprodução.

**Quadro 10 Grupo de Pesquisa Ecologia Química de Insetos Vetores**

Linha de pesquisa	Objetivos
Avaliação da armadilha BG-Sentinel® como método de captura de anofelinos em Porto Velho (RO) visando à substituição da isca humana	Avaliar a armadilha BG-Sentinel na captura de <i>Anopheles darlingi</i> , com as modificações físicas adequadas ao comportamento do anofelino. Testar na armadilha os componentes presentes no odor humano, como: ácido láctico, amônia e ácidos carboxílicos na tentativa de melhorar o desempenho e especificidade da armadilha BG-Sentinel modificada, para a coleta de anofelinos antropofílicos.
Desenvolvimento de Armadilha e Atraentes para Captura do Vetor da Leishmaniose	Desenvolvimento de atraentes sintéticos e de armadilhas que capturem o inseto, antes de exercer a hematofagia em mamíferos, evitando a proliferação da doença.
Desenvolvimento de armadilha e atraentes para o monitoramento de Mosca doméstica	Desenvolvimento de um produto tecnológico, seguro e atóxico de monitoramento e controle da mosca-doméstica utilizando feromônio. Através de armadilhas de sucção munidas de feromônio sexual, a serem desenvolvidos no presente projeto, será possível o combate às moscas de forma eficiente no mercado doméstico e corporativo (empresas produtoras de alimentos, fármacos, matadouros e laticínios), configurando então a esta inovação, potencial de comercialização em todo o mundo.
Desenvolvimento de atraentes sintéticos de oviposição a partir de ovos e larvas de <i>Aedes aegypti</i> (Diptera: Culicidae) e avaliação em armadilhas para captura de adultos do vetor da dengue	Estudar a ecologia química de fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> em relação ao feromônio de oviposição. - Estudar o comportamento de oviposição de mosquitos infectados e não infectados. - Extrair, identificar e sintetizar o feromônio ou atraentes voláteis de oviposição para <i>Aedes aegypti</i> . - Avaliar o potencial do feromônio de oviposição em programas de monitoramento e/ou controle de <i>Aedes aegypti</i> . - Monitorar o inseto em armadilha contendo o feromônio sexual.

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa, CNPq (acessado em março 2009)

As motivações generalizadas no sistema biotecnológico em torno da heretorreferência “inovação”, no processo de acoplamento entre sistema e entorno, criam novos contextos, portanto, para a produção científica e tecnológica. No decorrer do processo evolutivo ininterrupto dos acoplamentos que se verificam no regime de produção de conhecimento periférico, as informações geradas, posteriormente, neste regime já serão incorporadas à rede autopoiética, tendo como base aquelas informações anteriores. Deste modo, devido a recorrência com o passado – em termos estruturais (funcionamento) e temáticos (como no quadro acima: “testar na armadilha os componentes presentes no odor humano”, “estudar o comportamento de oviposição de mosquitos infectados e não infectados”, entre outros) –, a construção interna da referência externa “inovação”, não terá possibilidades ilimitadas, mas restringir-se-á aos limites comunicativos, autopoieticamente, tal é o processo de *steering*, acima mencionado. Assim, toda informação que adentra as comunicações sistêmicas, mesmo aquelas consensuadas por

equipes de solução de problemas, sofre o filtro da estrutura semântica, da organização, das preferências internas, dos interesses cognitivos, e das temáticas.

Isso acarreta mudanças nas preferências do sistema científico que são, tão somente, mudanças nas preferências pelo lado do código binário. A “inovação” como heterorreferência faz o sistema renunciar preferências estritas, por conhecimento básico – já que nesta modalidade já está inscrita a aplicação –, conhecimento velho – a não ser como referência –, e o “conhecimento pelo conhecimento” – a não ser que tal recursividade tenha como referência a tecnologia. Fundamentalmente, a “inovação” como heterorreferência necessita que se renuncie à verdade – como estrutura que “delimita o âmbito das operações comunicativas” (LUHMANN, 2007, p. 339). Em função de novos critérios de observação, o sistema biotecnológico direciona seus critérios de seleção para códigos estruturados para o conhecimento que funciona. “Inovação” como expectativa generalizada no sistema, embora seja informação da organização científica e tenha sentido somente enquanto decisão, “de inovar”, desencadeia preferências internas que no nível do acoplamento estrutural entre organização científica e sistema científico leva às preferências (seleções) que vão desde a escolha dos membros, até a definição das linhas de pesquisa. Em função disto, o sistema é afetado. Estas preferências são seleções com valor estrutural que influenciará todo o grupo de pesquisa, ao servir como horizonte para futuras seleções.

## 5.5 Ciência como Biotecnologia, ciência como ferramenta

Este regime periférico de produção de conhecimento privilegia, portanto, um fluxo de comunicação na pesquisa que segue códigos como “funcionamento”, “inovação”, “aplicação”, “legal”, “periférico”. Sob estes mecanismos de direcionamento, a construção da tecnologia selecionará, dentre uma gama de possíveis saídas construídas internamente, aquele produto mais acoplado ao entorno, ou seja, que apresenta as perturbações externas em forma de respostas internas. Neste sentido, a prática que opera por meio das seleções apropriadas para chegar à tecnologia apropriada ao regime de produção é, também, direcionada para o uso de tecnologias apropriadas em laboratório. Afinal, determinadas tecnologias experimentais custam caro, ou são ilegais. A biotecnologia, como ferramenta de pesquisa, sofreu estas perturbações e, como dito, muitas pesquisas foram abandonadas em função da inadequação quanto às expectativas internas e perturbações externas. Ao avanço da tecnologia experimental, da ferramenta de pesquisa, se diferenciou entre duas

formas de construir conhecimento tecnocientífico, quais sejam, biotecnologia clássica (ou tradicional) e moderna, a primeira não envolvendo as técnicas de biologia molecular, transgenia. Nisso coube um mundo de controvérsias, porque a ferramenta importa para o tipo de produto, e isso vai determinar o progresso científico e as chances de mercado.

Então você tem duas estradas: uma é aumentar o conhecimento usando a biotecnologia e o outro é você poder desenvolver novos produtos. Dá para fazer pesquisa sem biotecnologia, mas muita coisa só é possível de ser feita se usar uma técnica de biotecnologia. A gente tem alcançado patamares produtivos que começam a se tornar difíceis de serem alterado, não em média de produção, mas nos máximos que se tem alcançado. É possível que os avanços agora se dêem não em termos de quantidade, mas de qualidade da alimentação, aí a biotecnologia abre um outro campo que é a possibilidade de modificar a característica do produto que eu tenho, ou mesmo criar produtos completamente novos (E2).

A produção do conhecimento vai estar ligada ao próprio uso da tecnologia, inclusive a produção da ferramenta vai tomar parte do trabalho de investigação na ciência. E como se viu no capítulo 3, o desenvolvimento das técnicas laboratoriais é o novo filão das firmas de biotecnologia.

Eu participei junto com alguns colegas do desenvolvimento do sistema de biobalística, nós fomos pioneiros nisso no mundo, que é um sistema usado para transformação de plantas, mas pode ser usado para micro-organismo, para células animais. No início era um sistema utilizado só para algumas espécies, hoje ele vem sendo amplamente utilizado. Inclusive todas as plantas liberadas comercialmente até agora foram transformadas com este sistema (E7).

Os limites acima apontados dos patamares de produtividade vão pressionar o conhecimento no sentido da criação de produtos novos, e, pelo o que se nota, isto exigirá mais, e novas, tecnologias experimentais. Deste modo, vê-se que os limites do entorno – como acima, produtividade – perturbam a prática de pesquisa no sentido da busca por tecnologias, o que, no entanto, será uma possibilidade tecnológica interna, uma seleção interna entre tecnologias disponíveis. Ademais, a escolha entre tecnologias modernas ou tradicionais responde, exatamente, a estes limites experimentais, decorrentes do histórico do grupo.

O caso do nosso grupo, engenharia genética, a gente tem buscado satisfazer alguns pré-requisitos básicos para iniciar um projeto. Primeiro tem que ser alguma coisa que os sistemas tradicionais de melhoramento tem dificuldade de lidar. Se existe alguma coisa que os programas tradicionais de melhoramento possam resolver, mesmo que seja no médio prazo, ou até no longo prazo, não deve ser um assunto para a engenharia genética. Estou falando do ponto de vista aplicado, que é o que a gente busca aqui na EMBRAPA, é claro que do ponto de vista básico você pode fazer qualquer coisa, mas do ponto de vista aplicado você tem que chegar a tecnologias que possam ser liberadas para o produtor. Neste sentido, não adianta você fazer uma planta geneticamente modificada - que exige prova de conceito, geração de evento, exige introdução em programas de melhoramento e depois exige todos os ensaios de biossegurança, e a parte regulatória, que é muito mais cara do que gerar a planta, tudo isso, que leva muito tempo - se é possível fazer de outra maneira (E7).

Havendo tecnologias variadas, a escolha, portanto, entre elas será uma decisão heterorreferente, relativa a questão de tempo para a desregulamentação, recursos a se investir, incentivo estatal, entre outros. Tudo isso perturbará as seleções contextuais em laboratório e o que for selecionado internamente é resultado da observação do entorno, por isso, apropriado às exigências externas, mais gerais. Neste sentido, o objetivo da pesquisa é um elo intermediário entre as possibilidades técnicas internas e os direcionamentos externos que irritam a prática científica. Assim, pode se falar em construção social da tecnologia: a tecnologia é socialmente construída pelo fato de que as seleções internas respondem a autopoiesis da comunicação do grupo, o que envolve, também, a reprodução da heteroreferência.

A diferenciação entre biotecnologia tradicional e moderna é uma diferença traçada pelo avanço das técnicas de biologia molecular. Esta diferença técnica será colocada sempre quando se constatar um limite para a obtenção do produto visado. Nas comunicações científicas a respeito das potencialidades da tecnologia experimental, a eficiência é pensada em termos do que oferece cada técnica para a consecução dos objetivos almejados. Conhecimento técnico, tecnologia experimental e produto visado formam uma cadeia retro-alimentada de perturbações constante, e evoluem de forma articulada. O objetivo exige determinadas tecnologias e determinados conhecimentos; determinados conhecimentos exigem certas tecnologias, e assim por diante. Não se pensa mais em fazer ciência, sem os meios adequados.

Então, por exemplo, você identifica o fungo que causa aquela doença, a ferrugem, você vai ao banco de dados das plantas que podem cruzar com a soja, vê se tem um dado de resistência para aquela doença. Se tiver, você faz cruzamento direto e introduz esta planta em um programa de melhoramento para ela recuperar as características agrônômicas. Só que muitas vezes você não encontra este gene no *pool* gênico da planta, às vezes você encontra um histórico que diz que este patógeno já foi problema para o tomate e existe um acesso selvagem de tomate que tem resistência a essa doença, você vai lá e identifica esse gene que está em uma variedade selvagem de tomate. Como você passa esse gene selvagem para a soja? É impossível fazer o cruzamento. Então, as técnicas de engenharia genética permitem você buscar aquele gene no genoma da planta de tomate, isolar esse gene, introduzir em um vetor de expressão e introduzir na planta de soja, no genoma da soja, um gene específico, o cruzamento seria impossível, com conhecimento que temos hoje, a única maneira de você fazer isso é com as técnicas de engenharia genética, e por isso nós utilizamos a engenharia genética, que é uma técnica para suprir o melhoramento tradicional. Uma vez que você introduz aquele gene numa planta de soja aquela planta passa a estar disponível para o programa de melhoramento convencional. Então a engenharia genética é só uma ferramenta de auxílio, onde você pode abranger de uma maneira muito significativa a capacidade de introdução de genes em plantas, você não fica limitado pelas plantas que não podem cruzar, você pode tirar um gene de qualquer planta e introduzir em uma planta de soja, eventualmente você pode pegar até um gene humano, um gene de bactéria, de vírus, e introduzir em uma planta de soja. Então você abrangeu muito a capacidade de produção gênica com o uso dessas ferramentas (E8).

Do fato, da tecnologia experimental ter alcançado uma centralidade para a pesquisa científica, decorrem critérios de seleção de pessoal, de linhas de pesquisa (como se viu acima), de novos objetivos. A escolha do pessoal, em função da tecnologia experimental no nível sistêmico, incidirá em novas comunicações científicas diferenciadas em função dessa *expertise* desejada, temas de comunicação novos adentram o espaço comunicativo do laboratório produzindo evoluções pontuais que terão repercussão no produto biotecnológico final.

Começamos uma série de projetos, começamos o projeto de tuberculose, montamos toda a estratégia de biologia molecular e aos poucos nós fomos crescendo, essas estratégias incluíram um monte de brinquedos, é caro fazer biotecnologia, não só em equipamentos, mas em material de consumo. Aí montamos a biologia molecular, toda a parte de química de proteínas, agora já finalizamos a parte de cinética enzimática em estado estacionário e pré-estacionário e agora estamos indo para a parte um pouco mais sofisticada de espectroscopia e espectrometria, estamos comprando um microcalorímetro e daí dá para se estudar qualquer tipo de interação, proteína-proteína, proteína-DNA, proteína-pequenas moléculas. Além disto, temos no nosso grupo um rapaz que já voltou do

seu doutorado-sanduíche para montar a parte de nocaute gênico, com micobactérias incluindo a causadora de tuberculose (E12).

É um processo incessante de geração de comunicação por meio de comunicação, e no caso da tecnociência, de comunicação que funciona. Tecnologias experimentais pressionam os limites comunicativos, assim como a *expertise*. Dada a variedade de técnicas necessárias para o desenvolvimento da biotecnologia moderna, a polissemia incide também na prática laboratorial em função da fragmentação das atribuições. Cada cientista parece falar uma língua, e neste nível, também, é necessário processos de tradução. Assim, o controle de técnicas e tecnologias experimentais, cada vez mais sofisticadas, envolve alterações comunicativas no próprio grupo. A biotecnologia, como ferramenta, inaugura uma fase de pesquisa em que as *expertises* se pulverizam em um grande número de profissionais, biólogos moleculares, geneticistas, biólogos celulares, biofísicos, entre outros. E grande parte das atribuições é determinada pela técnica e pela tecnologia experimental. É em função disto que os artigos em ciências naturais, especificamente ciências agrárias e biológicas, apresentam um número muito maior de autores do que as outras áreas<sup>151</sup>. Este processo é exemplo inequívoco de que a diminuição de complexidade sistêmica é fonte de novas diferenciações, ou seja, cria mais complexidade.

Portanto, a tecnologia experimental assume um lugar determinante na produção do conhecimento em biotecnologia. Ao se falar de inovação biotecnológica, de alguma forma, isto envolve técnicas de transgenia, envolve uma série de *expertise*, delimita o campo entre biotecnologia tradicional e moderna, delimita atribuições, e é responsável pela caracterização das novas fronteiras do conhecimento. O novo é interpretado pelos cientistas como consequência das novas tecnologias experimentais, o produto “superior” depende do avanço das tecnologias experimentais.

A gente tem que acompanhar o desenvolvimento, não pode ficar parado, principalmente em nosso caso, um centro de recursos genéticos e Biotecnologia. Nós temos que estar trabalhando com as técnicas novas, com o que tem de novo, tirando proveito disso com o uso na agropecuária, na agricultura de forma geral (E9).

Por isso eu estou propondo a produção *in vitro*, porque tem uma demanda, porque a gente tem de colocar produtos capazes de controle biológico que consigam controlar outras pragas agrícolas importantes e a gente não tem esses produtos por deficiência técnica, o dia que a gente

---

<sup>151</sup> Nos artigos consultados, alguns apresentavam até 30 autores, e com especialidades diferenciadas.

superar essas limitações de produção *in vitro* a gente vai dar um salto. Se a gente conseguisse vencer a barreira das operações genéticas a gente teria um produto superior porque a gente teria um produto estéril, não precisaria nem de colocar no campo porque a gente trabalharia com cultura de células e teria o produto o ano todo, ele seria então superior (E16).

A busca por tecnologias experimentais inovadoras bem como de novas *expertises*, trouxe como consequência o encarecimento da pesquisa e levou, cada vez mais, a organização científica à busca por financiamentos externos (HEMLIN; RASMUSSEM, 2006). Deste modo, os contatos coevolutivos entre os sistemas sociais tornaram-se mais densos, dada a necessidade cada vez maior de técnicas mais caras. Retoma-se aqui a discussão da ciclicidade dos acoplamentos estruturais. Tecnologia experimental surge como um elemento de perturbação para os grupos de pesquisa que se reproduzem observando a fronteira do conhecimento, em função disto, novas exigências nos acordos multi-institucionais são criadas. No âmbito do regime de produção do conhecimento, ocorre desde a perturbação da economia por mais financiamento até a perturbação do direito pela legalização de novas tecnologias, por exemplo, clonagem e célula-tronco. Sendo a ciência um sistema global, a sua fronteira também é global, e a fronteira tecnológica central é buscada, também, pela periferia.

E aí tem muito mais problemas, porque você fica dependendo da tecnologia, porque não pode pesquisar, então como fica liberado você vai usar aquilo que foi produzido por outros países, portanto você vai ficar dependendo da ciência desenvolvida em outros locais (E2).

Mas por que tratar a tecnologia experimental contemporânea como central na prática científica e não considerar o mesmo, da tradicional? A resposta a esta questão parece residir na própria estrutura de reprodução do sistema tecnocientífico. A codificação novo/velho parece perfeitamente coerente com a forma como a ciência e a tecnologia se reproduzem, ou seja, buscando sempre o novo em função da concepção generalizada de que a ciência é um empreendimento altamente provisório, de que o conhecimento é momentâneo. A dissolução do conhecimento tecnocientífico é, assim, mais intenso que a do conhecimento cotidiano, este mais estável. Nas entrevistas vê-se a tendência de caminhar em direção ao que oferece a biotecnologia moderna, principalmente no que toca o melhoramento genético clássico. Este é uma modalidade de melhoramento genético que não intervêm no nível molecular do espécime, mas na escolha entre variedades mais aptas

a determinado clima e condições de solo. Ou seja, utiliza aquilo que a “natureza” por si mesmo criou. Ademais, esta é uma forma muito antiga de melhoramento, e em função disto, as entrevistas as apresentam, em um patamar de eficiência inferior às técnicas modernas. Estas inclusive serão vinculadas a expectativas generalizadas como “biossegurança” e “produtividade”.

Se você falar de dois grandes grupos, tradicional e moderna, com certeza a moderna é muito mais rápida. Pode-se aliar a isso, como ela pode ser feita em pequenas escalas, só no laboratório, e mexer só na molécula antes de colocar no resultado final. A biotecnologia moderna te traz mais segurança, biossegurança (E9).

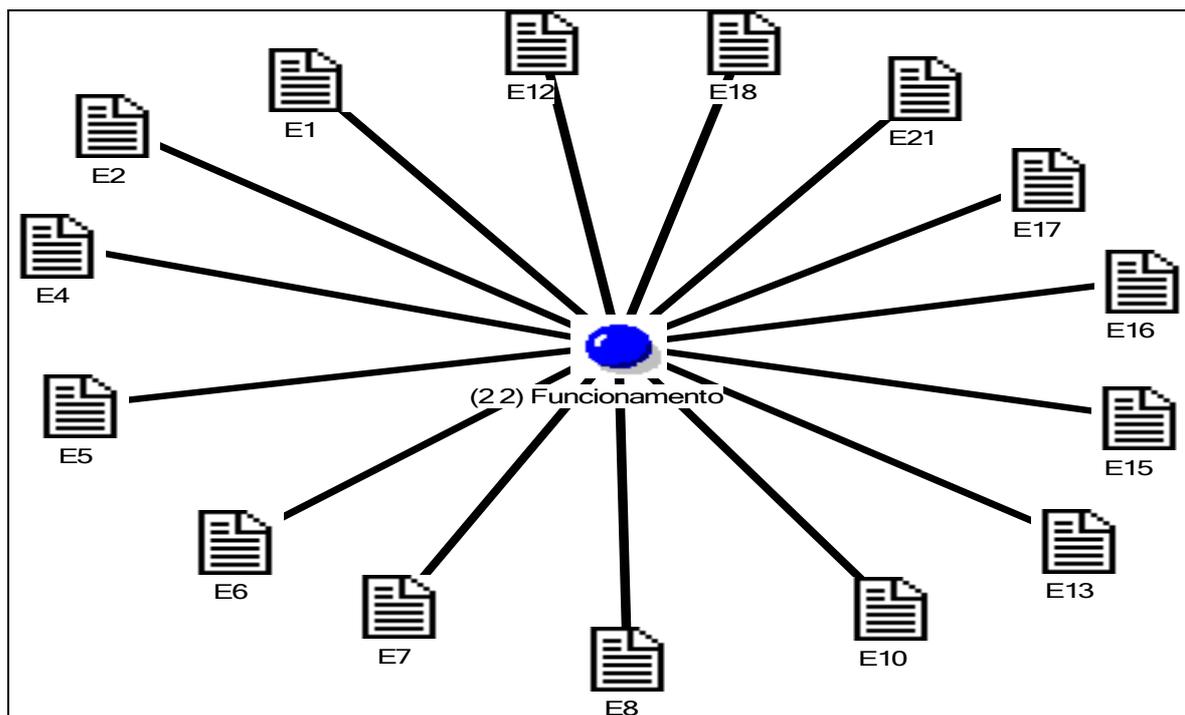
Deste modo, pressões externas e a própria estrutura da tecnociência direcionam as comunicações científicas para a biotecnologia moderna. A articulação interna entre heterorreferência e autorreferência faz com que, cada vez mais, a pesquisa biotecnológica se encaminhe para padrões comunicativos centrais, o que envolve técnicas experimentais avançadas e a produção de variedades transgênicas.

Já temos uma soja resistente a herbicida. Nós pretendemos fazer o caminho contrário à soja RR que foi gerada nos EUA e está sendo cultivada no Brasil. Nós queremos que a nossa soja seja cultivada no Brasil e nos EUA. Nós queremos fazer um lançamento global. Temos um feijão também. Só que a soja é um produto de desenvolvimento da EMBRAPA e da BASF, uma colaboração entre as duas empresas. Nós esperamos que o feijão resistente a vírus seja pedido até o ano que vem para liberação comercial, seria o primeiro produto gerado totalmente dentro do serviço público no Brasil. Temos tomates resistentes, plantas com melhoramento nutricional e estamos trabalhando com resistência a outros patógenos, principalmente fungos. Em colaboração com outros colegas, nós estamos desenvolvendo plantas resistentes a estresse hídrico, mais tolerantes à seca. Nós já temos uma soja, e queremos desenvolver feijão e outras plantas (E7).

Neste estágio da produção científica é, necessário, o domínio da técnica experimental para fazer a tecnologia gerada funcionar. Basicamente, isto é a separação do “por quê?” e do “como?”, assumindo a tecnociência a incumbência de reproduzir conhecimento antes atestado como “funciona”, quer dizer, selecionado entre uma variedade de outras possibilidades de funcionamento. De certo modo, a tecnologia experimental produz o funcionamento, já que por meio dela se acessa conhecimentos antes não acessados. Abaixo, entrevistas fortemente codificadas com “funcionamento”.

Hoje eu vejo a biotecnologia muito mais como uma ferramenta porque permite que você trabalhe com coisas que antes eram impossíveis. Através das técnicas de biotecnologia hoje eu consigo multiplicar seqüências a ponto de poder visualizá-las, de saber qual é a composição daquele fragmento, daquele gene, de DNA, de saber se aquilo tem alguma relação com a função de proteína e aí pensar em uma possível função para aquele gene que eu isolei em resposta a um determinado estresse. Ela vai funcionar como algumas análises físico-químicas há 20 anos atrás, 30 anos atrás, eram vistas, como uma maneira de obter os meus resultados e, a partir daí, eu tentar fazer uma nova interpretação (E2).

Talvez se a gente conseguir entender o que é que está acontecendo, na resistência de uma planta específica, se a gente conseguir identificar o que está acontecendo, como é que este processo se desenvolve de uma forma mais molecular, metabólica, talvez haja a possibilidade da gente conseguir materiais que apresentem uma resistência mais durável (E2).



**Ilustração 10** Código funcionamento

**Fonte:** Elaboração do autor.

A comunicação científica é a tal ponto determinada pelos procedimentos tecnológicos para fazer funcionar, que seu conteúdo é essencialmente alterado. Isso bifurca as comunicações científicas, entre o que funciona e o que não funciona, conduzindo o

subsistema biotecnológico a uma forma estruturada por tudo aquilo que autopoieticamente funcionou.

Quando você vai expressar a levedura, uma proteína que é imunogênica, com intuito de fazer uma vacina, você pode expressar essa proteína, pegar ela pura, fazer testes em rato, mas ela pode não responder, ou seja àquela proteína pode não servir como vacina. Então você idealizou que aquela proteína poderia ter um bom resultado, por ela ser de superfície e por ela ser imunogênica, mas ela não funcionou. Então se o produto tecnológico que você idealizou antes não se concretizou e se você não publicar estes dados, não declarar que aquilo não funcionou, outra pessoa vai tentar outra vez, então isso precisa ser divulgado (E10).

Mas para você poder fazer isso, tem que entender como aquela proteína funciona, tentar entender a estrutura tridimensional dela para poder acertar um desenho de um bom inibidor. Mas para você ter essa proteína, você tem que clonar, tem de fazer uma bactéria produzir um monte, porque senão é impossível (E12).

Essa é a parte da biotecnologia que prevalece hoje no mundo da ciência moderna que é a tecnologia voltada para a descoberta de funcionamento de mecanismos genético-moleculares (E15)

O que eu acho importante que uma variedade de aveia tenha? Para fazer sucesso no Brasil ela precisa ter boa adaptação, ela precisa de bons genes para resistência ao alumínio e a ferrugem; e isso você só conhece suficientemente porque você conhece a funcionalidade desses genes, é assim que nós construímos (...). O avanço do conhecimento na área molecular é importante para ver como funciona o organismo, então era evidente que esse conhecimento todo na área de biotecnologia ia produzir uma revolução no conhecimento da ciência como um todo (E13).

Fazer funcionar modifica a estrutura da ciência em relação à prática e a justifica por meio da tecnologia, alternando, finalmente, sua função. O código funciona/ não funciona impera nas comunicações científicas, como resultado da história dos acoplamentos estruturais no regime de produção. Deste modo, como resultado de um desenvolvimento histórico complexo da ciência, sistematização de suas comunicações e posterior organização, a ciência do fim do século XX, como sistema que participa de um regime de produção de conhecimento, configura-se como produtora de tecnologias, bifurcando suas comunicações entre aquilo que funciona e o que não. Segundo Knorr-Cetina (2005, p. 59), “Se há um princípio que parece governar a ação do laboratório é a preocupação dos cientistas pelas coisas ‘que funcionam’, o qual aponta a um princípio de êxito mais que de verdade”. Tudo o mais, fica excluído da prática científica, por razões que estão inscritas na

ciclicidade do regime de produção: “inovação”, “segurança”, “periferia”, “tecnologia”, “legal”. O que importa é que a produção do conhecimento é modificada exatamente porque a motivação é alterada da busca da verdade para a busca do funcionamento, esta sendo a expectativa cognitiva que orienta o sistema.

Com isto, não se quer dizer que não haja muitas referências ao que é verdadeiro e não-verdadeiro, porém o uso deste código se apresenta mais como artifício retórico e, muitas vezes, é usado exatamente naquele contexto comunicativo onde a ciência busca sua “justificação social”, sua “superioridade cognitiva,” e, de forma mais precisa, onde tal sistema se coloca como superior epistemologicamente às outras formas de conhecer o mundo. De outro modo, lá onde a comunicação científica cotidiana se expressa, na “manufatura do conhecimento”, a prática laboratorial expõe as consequências da dependência tecnológica, expressa comunicativamente por aquilo que funciona e o que não.

Buscar fazer que as coisas “funcionem” é uma busca muito mais mundana que a da verdade, e uma busca na qual a vida cotidiana da ciência é constantemente convertida em crédito mediante a publicação. Em consequência, é o objetivo de fazer que as coisas “funcionem” o que se reforça como objetivo concreto e factível da ação científica, e não o distante ideal da verdade que nunca se alcança totalmente (KNORR-CETINA, 2005, p. 59).

O conteúdo “mundano” da ciência que funciona é, tão somente, o resultado da imanência do processo social inscrito como perturbação no regime de produção de conhecimento, do qual a ciência faz parte e observa de acordo com os seus próprios processos constituintes. Observa, ademais, autopoieticamente, portanto convertendo as observações em problemas científicos “factíveis”: capazes de funcionar. Esta imanência dos objetivos científicos tem a ver com a forma funcionalmente diferenciada da sociedade moderna, e deve ser compreendida como a perda da fundamentação teológica da ciência pré-moderna e com a ascensão posterior da pura fundamentação social, como conhecimento “útil”, “inovador”, “seguro”.

## 5.6 Conhecimento publicado: funcionamento e caixa-preta

Ao afirmar a mudança estrutural do código reprodutivo da ciência e as consequências para a reprodução do conhecimento científico, tem-se ressaltado que esta

mudança é resultado de perturbações externas e de critérios de seletividade internos. Neste sentido, todo resultado científico é resultado de um processo de autorreferência da comunicação interna, porém aberto à observação externa, ainda assim com base em suas próprias operações. A observação (externa e interna) insere, na rede recursiva, novos encaminhamentos e direções de pesquisa que, em caso mais geral, modifica o próprio código de reprodução, sempre como automodificação. Este processo pode ser entendido como derivado do acoplamento estrutural entre sistemas e como formador de um regime de produção de conhecimento, cuja circularidade de perturbações fará com que avance como um todo, em um processo de coevolução.

A coevolução estará inscrita no resultado da pesquisa, de todo modo. Artigos e tecnologias, livros e pareceres técnicos apresentarão a marca das seleções anteriores no sistema científico. Se se entende estes produtos como estabilização – cristalizações de formas comunicativas sistemicamente construídas – de um processo anterior de variação – em várias formas que funcionam – e seleção, a questão a se investigar nestes produtos é: dentre toda a variação alcançada, dentre as várias possibilidades que funcionaram, por que se seleciona como se seleciona?

Uma primeira resposta, parcial e circunstancial, porém passível de generalização, é que os produtos da “pesquisa empreendedora” não têm mais como finalidade a reprodução entre somente aqueles pares científicos de outrora – bioquímicos entre bioquímicos, biólogos moleculares entre biólogos moleculares e assim por diante. A “ciência empreendedora” necessita reafirmar os contatos coevolutivos sempre, e uma forma é apresentar-se como acoplada, em termos temáticos, legais, tecnológicos. Assim, os artigos, por exemplo, vão lançar mão de estratégias literárias para informar seu *savoir-faire* para firmas e governos. Isto pode significar novos contratos de financiamento e a garantia de reprodução dos grupos em biotecnologia.

Um dia eu recebi um e-mail, o cara perguntando..., que tinha lido em revistas tais, um artigo tal, aí me perguntou: “você tem o clone?”. O clone é a bactéria que produz, é a bactéria “engenheirada”. “Tem”. “Você quer produzir esta proteína para a gente?”. “Quero”. “Mande-me o preço”. O equivalente a 30 mil dólares a grama. Estes negócios são caros, porque tem tecnologias. Aí veio eu, o fulano, a cicrana, “30..., 25?”. “Cobra 30”. “30”, disseram eles, “manda tanto”. E já fizemos a segunda exportação para eles, está no catálogo deles, no catálogo da Merck na Europa e no catálogo da (inidentificável) nos EUA. Eu não fiz o contato, eles é que fizeram o contato. Mais uma vez é a importância da pesquisa científica no desenvolvimento de produtos. Sem a pesquisa

científica nós não teríamos publicado estes *papers*, e o cara não teria visto, se eu partisse direto para produzir e não publicasse, ele não iria me conhecer. Aí entrei em contato (E4).

Este trecho oferece um relato da função “propagandista” da pesquisa científica, impressa em artigos. Isto faz com que, como foi relatado, se busque publicar em meios de divulgação observados pelas firmas de biotecnologia. O objetivo da publicação transcende a busca pelo “capital científico” e pode-se falar em processo de reconversão entre sistemas sociais diferenciados: o funcionamento, para a ciência, significa, para a economia, ganho. Deste modo, com esta mudança nos objetivos da publicação, esta passa a buscar contatos com o exterior direcionando a comunicação impressa, para elementos comuns que transcendem a ciência.

Porém, além desta função propagandista pela qual as seleções se efetuam, uma forma que vem se consolidando é exatamente relacionada ao que se está falando nos subcapítulos anteriores, ou seja, a ciclicidade dos acoplamentos estruturais, embora não participe ortogonalmente da construção da variação no sistema científico, participa, fundamentalmente, fornecendo condições externas que perturbam a seleção. Se se assume que a propaganda é um contato, ela deve ser posta em condições para produzir efeito esperado, ou seja, contribuir para o acoplamento do sistema e para sua reprodução com base na racionalidade pragmática a que se fez menção, anteriormente. Estes efeitos vêm sob a forma de uma série de informações que circulam pelo regime de produção de conhecimento e dizem respeito aos resultados que o regime assume. Para dizer novamente, política científica e tecnológica, legislação, estratégias econômicas das firmas. Com isto, não se quer dizer que exista comunicação científica com o entorno, muito pelo contrário, a produção da variação é um feito científico, mas tolerada pelo entorno. A questão é que o entorno tolera de determinada maneira e é, esta maneira, aquilo que exige, conseqüentemente, determinadas seleções científicas.

Desta forma, seguindo as publicações dos grupos de pesquisa, é possível verificar a relação entre o critério de seleção e entorno, ou como diz Knorr-Cetina (2005), entre recursos e interesses. Todas as seleções estarão vinculadas de alguma forma à configuração externa observada desde dentro: fome mundial, doenças crônicas, aquecimento global, degradação ambiental, entre outros. Tem-se interesse em sanar estes problemas, logo recursos para tanto emergem e conduzem as seleções que aparecerão, posteriormente, sob a forma de artigo científico. Todo este processo pode ser verificado na introdução dos artigos

científicos, ali ocorre aquilo que Knorr-Cetina (2005, p. 255) chama de “administração da relevância”, ou seja, a exposição da trama de relevância implícita nos termos técnicos: relevância para o próprio conhecimento, relevância para os interesses de outros atores (Estados, empresas, população) e, finalmente, relevância em termos de *performance* que o conhecimento selecionado apresenta, geralmente, em comparação com a variedade de outros caminhos tecnológicos possíveis. A relevância, neste sentido, deve ser entendida como uma hetero-observação do sistema, portanto, uma seleção heterorreferente.

As entrevistas apresentam as preocupações dos cientistas com o entorno da ciência: fome, doença, mudanças climática, produtividade agrícola. Toda a preocupação tem um sentido de legitimação da pesquisa, ou seja, de estabelecer uma justificativa baseada na relevância não para o conhecimento, mas para a sociedade. Eram raros aqueles entrevistados que diziam que a relevância do trabalho era o treinamento ou o conhecimento mesmo. A relevância, era sempre, relacionada a problemas locais, periféricos, que apresentavam certa urgência por parte da demanda: empresa, Estados, público geral. Isto quer dizer que os entrevistados falavam para opinião pública, com o jargão sensibilizador da “utilidade social”.

Na questão da identificação de genes candidatos à manipulação, a minha intenção é que isto venha a permitir que tenhamos materiais vegetais que possam auxiliar o público, no caso o fósforo, que é meu carro-chefe, a questão de você ter uma utilização melhor dos recursos do ambiente, uma menor contaminação também (E2).

Eu dou sempre exemplo do feijão resistente a vírus, eu acredito que o vírus do mosaico dourado é o principal problema do feijão no Brasil, eu acredito que o principal resultado que eu posso ver é esse feijão chegando no campo e o produtor passar a produzir de uma maneira mais tranquila, resolvendo aquele problema social que se forma em volta daquele problema. Porque a gente está muito acostumado a ver transgênicos como a soja da Monsanto, mais na verdade transgenia é muito mais do que isso, a transgenia pode resolver problemas sociais. Então o objetivo é ver o produto no campo e o problema resolvido (E8).

Vai poder aumentar a produção, vai aumentar a segurança alimentar, aumentando a possibilidade de se colher o que se planta, agricultura é algo muito arriscado, você planta, mas não sabe se colhe, isto aumenta então a segurança, então o vírus pode aparecer que eu vou colher da mesma maneira. O feijão está 7 reais o kg, ele era 2 reais, quem estava com o dinheiro contado para comprar a 2 reais o Kg, agora não está comprando mais, então se entrou em um processo de insegurança alimentar (E7).

O atual tratamento da tuberculose leva seis meses, se a gente conseguiu diminuir isso em dois meses e diminuir o número de quimioterápicos, se a gente conseguia diminuir a latência, ótimo, porque a gente vai salvar milhões de doentes no mundo. Só isso já nos deixaria bastante satisfeitos, porque a gente estaria vendo o nosso trabalho virando algo que te dá orgulho, ouvir dizer que isso aí foi produzido por um grupo de pesquisa brasileiro (E12).

Os artigos publicados vão apresentar a “introdução” sob a forma de administrar a relevância da mesma forma como presente nos trechos acima: o que aquele conhecimento, aquela tecnologia, pode significar para problemas urgentes. A biotecnologia contemporânea, baseada na centralidade da tecnologia que funciona, apresentar-se-á justificada em função do contato com o entorno construído pelo sistema no produto, no artigo científico. Assim, os estudos do comportamento de chamamento por meio do feromônio sexual de *Neoleucinodes elegantalis* Guenée, artigo de um dos entrevistados, inicia-se com a administração da relevância focada em torno da importância do tomate para o Brasil e para o Rio de Janeiro, região da pesquisa.

Tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill, é uma das mais importantes hortaliças no Brasil, com 55.000 ha em produção, produzindo 1,5 milhões de toneladas / ano (FAO, 1993). A produção média é de cerca de 50 toneladas / ha. Contudo, no Estado do Rio de Janeiro, a produção média de tomate é mais elevada (70 toneladas / ha) e representa 80% das hortaliças no mercado (A1).

Posteriormente, a relevância é transferida para o inseto que é objeto da pesquisa, expondo-o como um mal que deve ser combatido em função da ameaça à produção de tomates, referindo-se à economia.

A broca do tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Crambidae) é a mais importante praga em várias regiões produtoras de tomate da América Central e Sul, incluindo algumas ilhas do Caribe (Salas et al. 1992). As larvas alimentam-se dentro dos frutos do tomate, causando perdas estimadas de até 45%. Depois das larvas deixarem os frutos, elas tornam-se pupa no solo ou nas folhas (Marcano 1991). Após o acasalamento, as fêmeas depositam seus ovos em frutos pequenos (23 mm diâmetro) e sob o cálice (Blackmer *et al.* – em prelo). Cada mariposa é capaz de lançar 160 ovos (Marcano 1991). A maioria dos ovos incuba durante a primeira hora de escotofase e aproximadamente uma hora mais tarde as larvas entram nas frutas (Blackmer *et al.* in press). O atual controle estratégico inclui duas a três aplicações de pesticidas por semana (Reis & Souza 1996), e práticas culturais, tais como a destruição de frutos infestados ou solanáceas hospedeiras silvestres (Galo *et al.* 1988). Uma vez que as larvas entram na fruta, os

pesticidas são ineficazes e doses subletais de pesticidas podem levar a problemas de resistência a inseticidas. Portanto, novas estratégias de monitoramento e controle *N. elegantalis* precisam ser desenvolvidas, como o uso de um feromônio sexual (Jutsum & Gordon 1989, Ridgway et al. 1990) (A1).

Nota-se que a argumentação, após a exposição da relevância da praga, direciona-se para a descrição do ciclo de vida da larva, apresentando os danos que a mesma causa no fruto do tomate. Finalmente, o relato vai em direção às técnicas, atualmente usadas para o controle, as aplicações de pesticidas e aquelas descritas como “práticas culturais”: a destruição de frutos e o uso de solanáceas hospedeiras. Tais práticas são descritas como ineficazes e direciona, finalmente, o artigo para a busca de estratégias de monitoramento e controle do inseto por meio do uso do feromônio sexual. Interessante é que em outro artigo (A2) o autor argumenta que haveria uma maneira de melhorar a eficiência do uso de pesticidas para o combate de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée). Segundo ele,

uma simples mudança no período diário das aplicações de pesticidas, coincidindo com a atividade larval, poderá melhorar significativamente a eficácia do inseticida. Além disso, se os pesticidas forem misturados com um agente umedecido, uma cobertura para a base da fruta poderia ser alcançada, resultando em uma maior probabilidade de controle (A2).

Ou seja, outras técnicas funcionam, a questão é de grau de eficiência: pesticidas são ineficientes porque contaminam os frutos. Em meio ao não funcionamento das técnicas anteriores, ou funcionamento menos eficaz, o artigo indica a necessidade de inovação tecnológica nas práticas do controle do inseto. De seleção em seleção, a relevância vai sendo direcionada para, finalmente, o interesse do artigo: propor que o uso de feromônio sexual funciona melhor que as outras técnicas de controle da praga.

No que tange a busca de referências bibliográficas sobre o tema, o artigo apresenta a incipiência dos estudos com o referido inseto, *N. elegantalis*, administrando a relevância em torno da novidade, embora argumente que sistemas de monitoramento utilizando feromônio sexual sintético sejam comuns. Deste modo, o estudo transfere uma técnica comum no mundo todo, monitoramento por meio de feromônio sexual, para a necessidade de um dado contexto. O contexto fornece critérios de seleção que incidem na tecnologia a ser desenvolvida.

O feromônio sexual sintético de Lepidóptera tem sido amplamente utilizado para o monitoramento, determinação do tempo de pulverização e métodos de controle (por exemplo, atrair e matar, armadilha e interrupção de acasalamento) (Roelofs & Cardé 1987, Jutsum & Gordon 1989, Ridgway et al. 1990). Nenhuma informação tem sido publicada sobre o comportamento de acasalamento e sobre o feromônio sexual de *N. elegantalis*, embora se saiba que as fêmeas virgens de lepidópteros atraem machos de longa distância para acasalamento. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar a emergência de adultos e o comportamento de acasalamento da fêmea da broca dos frutos do tomateiro, *N. elegantalis*. Extração e avaliação de glândulas do feromônio sexual foram também avaliados em um túnel do vento, a fim de confirmar os componentes do feromônio sexual (A1).

Tal estratégia será criada anos depois, e veio a ser chamada de “monitoramento inteligente”, quando o líder do grupo abre uma empresa por meio de um edital do FINEP. A tecnologia que surge, a partir de então, generaliza a utilidade para todo lugar que haja caso de dengue. A inovação é negociada no momento com várias secretarias de saúde e com o ministério da saúde do Brasil, com o intuito de ser implementada em todo o território nacional. A referência aqui é a “tomada da sociedade” por Louis Pasteur, como Latour (1999) apresenta. No entanto, o sentido que a tecnologia vai adquirir, em outros sistemas sociais, muda radicalmente. A negociação com o ministério da saúde do Brasil foi classificada como “difícil” em função dos interesses econômicos e políticos atribuídos à tecnologia. No momento, o grupo busca adaptá-la para funcionar como uma armadilha para qualquer tipo de inseto. Nota-se claramente a generalização do funcionamento, provavelmente como uma estratégia de acesso a mercados, cada vez mais, globais. As linhas de pesquisa do grupo (ver quadro 9) seguem a estratégia vitoriosa e uma sinergia é construída entre laboratório (público) e empresa. A lógica do funcionamento da tecnologia, que estrutura o que se faz na empresa, passa então a estruturar, também, o que se faz no laboratório.

Esta sinergia é sobremaneira verificada na análise de um outro grupo. A administração da relevância, neste grupo, é ainda mais clara, e a diferença entre firma de biotecnologia e laboratório acadêmico é mais difícil ainda de se efetuar. Trata-se de um complexo de pesquisa localizado em um parque de alta tecnologia, compreendido em um mesmo prédio, mas com uma porta para a firma de biotecnologia e outra para o laboratório acadêmico. Não há uma separação nítida entre os objetivos do laboratório e os objetivos da empresa. Inclusive na escrita dos artigos científicos, as duas lógicas se relacionam. Quando

perguntado quais eram os objetivos dos artigos, o líder do laboratório e principal acionista da empresa respondeu:

Desenvolvimento de remédio. A base científica que te permite pensar em desenvolver medicamentos. É a parte da biotecnologia. Nós trabalhamos com biologia molecular (...). Isso é o que é feito aqui e publicado, e quando você tem o desenvolvimento aqui [refere-se ao laboratório] você leva para a empresa (E4).

O controle das tecnologias mais modernas, como o PCR, levou o grupo ao desenvolvimento de uma técnica de diagnóstico para a tuberculose. Tal doença tem sua relevância para a pesquisa e desenvolvimento, administrada por meio da diferenciação centro/periferia: “90% dos casos de TB ocorrem em países em desenvolvimento” (A3). Ademais, a eficiência da nova técnica de diagnose é administrada de acordo com seu custo e rapidez nos resultados: “uma ferramenta custo-efetiva para o diagnóstico da TB que pudesse ser usada rotineiramente seria de grande benefício” (A3, TB é abreviação de tuberculose). Finalmente, o objetivo da pesquisa, e a apresentação de algumas seleções, é exposto: “Assim, tentamos desenvolver um método rápido, de baixo custo, e direto, de PCR baseado na amplificação de um fragmento de DNA” (A3). Tudo se passa como uma comunicação de mesmo sentido, entre laboratório e empresa. A lógica do funcionamento, acompanhada da lógica da aplicação, da eficiência, do baixo custo, entre outras, perturba o fazer científico laboratorial. A diferença alegada é na aparelhagem, na tecnologia. Porém, não há como observar tal contexto sem fazer referência à ideia de que na relação entre ciência e tecnologia atual a “tecnologia faz uso criativo ocasional da ciência e ciência faz uso criativo ocasional de tecnologia” (ver quadro 4). É este tipo de interação a que se referem todos os modelos contemporâneos da relação entre ciência e tecnologia (capítulo 3). É, neste contato, que a lógica do funcionamento adentra o sentido da comunicação científica e constrói uma série de seleções com referência a ela.

Na parte “discussão” do artigo, outros elementos entram na administração da relevância, neste sentido, é claro o interesse em uma diagnose mais rápida.

A rápida identificação do *M. tuberculosis* é crucial para a otimização da recuperação do paciente. A identificação de espécies pode levar várias semanas para ser completada, e durante esse tempo o paciente pode receber agentes antimicobacterianos inapropriados. Isto é particularmente preocupante se o paciente estiver infectado pelo *M. bovis* ao invés de pelo *M. tuberculosis*, já que o *M. bovis* é resistente à

pirazinamida, uma droga antituberculose de primeira linha. No presente estudo, desenhamos e testamos os primers BC3 e BC5, que diferenciam o *M. tuberculosis* do *M. bovis*. O fragmento genômico denominado mtp40 foi testado como alvo espécie-específico de DNA para a identificação do *M. tuberculosis*. Porém, a seqüência mtp40 mostrou-se ausente em algumas cepas de *M. tuberculosis* (A3).

Claramente o estudo científico acima tem como objetivo, exposto também por meio da entrevista de dois dos autores, um processo de diagnóstico mais rápido e eficiente e que seria utilizado para a produção de uma nova droga. Novamente, as seleções são direcionadas por elementos do entorno, técnicas de laboratório e literatura. Mais uma vez, é por meio deste conjunto de seleções internas que se compreende melhor o processo de construção social da tecnologia. É também por meio destas seleções que se percebe como o funcionamento e a eficácia dá sentido às investigações científicas. Esta é a lógica que contextualiza a ciência de acordo com a heterorreferência impressa na comunicação científica. Afinal, por que “otimização” e “rapidez”? A heterorreferência é o processo que produz, por meio da observação do entorno, a contextualidade da pesquisa, tão importante para que tal conhecimento se transforme em tecnologia aceita.

No entanto, não se deve derivar disso a conclusão de que a relevância é administrada em termos de heterorreferência. Todo artigo, e no geral, todo produto resultante da atividade científica, é sancionado no sistema científico – a publicação é um meio de verificar isso – por um mecanismo de autorreferência. É na observação das comunicações anteriores – materiais e métodos, teorias, literatura – que o autor consegue comunicar com mais probabilidade de ser entendido e publicado. Tem-se que fazer uso das comunicações canônicas, aceitas, reproduzidas, para que os artigos tenham maior chance de serem publicados. Neste sentido, além da comunicação científica fazer uso dos mecanismos de redução da complexidade disponíveis no entorno do sistema, gerados pela ciclicidade do regime de produção do conhecimento, a outra redução de complexidade que torna mais provável a comunicação é decorrência da auto-observação do sistema. Portanto, a lógica da redução da complexidade pelo sistema segue um caminho estruturado pelo sistema e tolerado pelo entorno. O funcionamento de qualquer tecnologia é o resultado deste processo que relaciona autorreferência e heterorreferência no sistema. Para o último caso já se fez considerações acima, resta investigar o primeiro caso, e o uso da referência interna, das expectativas cognitivas, como mecanismo da administração da relevância.

Uma das pesquisas analisadas visava “avaliar o efeito de diferentes substratos na formação de porta-enxertos de goiabeira utilizando tubetes como recipientes” (A4). Basicamente, a pesquisa fez um experimento que comparou diferentes substratos e apresentou aquele com maior potencial para a formação de porta-enxertos de goiabeira. O resultado foi positivo para um tipo específico (um substrato constituído por vermiculita + vermicomposto). Para que se chegasse a esse resultado da eficiência, foi usada uma série de técnicas convencionais (referendadas pela literatura), um processo aqui chamado de “administração da relevância técnica”, ao mesmo tempo em que se fez referência também a estudos anteriores que legitimam tal abordagem, processo chamado de “administração da relevância literária”. Deve-se ressaltar que os dois processos compõem um quadro mais decomposto daquilo que Knorr-Cetina (2005) acima chamou de “relevância em termos de *performance*”. Nestes dois casos acima, tal performance é decomposta em termos técnicos e literários. Estes dois processos compõem o quadro geral da auto-administração da relevância na comunicação científica, e, o uso dos dois reduz a complexidade das possibilidades da comunicação, tornando mais provável à compreensão.

Segundo Kämpf (2000a), recipientes e substratos com características químicas, físicas, biológicas e econômicas desejáveis são itens importantes nesse processo; assim, busca-se o aproveitamento de resíduos agroindustriais da região, encontrados em abundância, com menor custo de aquisição e de fácil obtenção. Como exemplos, são citados: o pó da casca (mesocarpo) de coco verde e maduro (*Cocus nucifera* L.) (Rosa et al., 2002; Correia et al., 2003; Weber et al., 2003), a folha de carnaubeira [*Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore] triturada e decomposta e a casca de arroz (*Oriza sativa* L.) carbonizada (Souza et al., 1995; Maia, 2000; Chaves, 2000; Rosa et al., 2002; Correia et al., 2003; Weber et al., 2003) (A4).

Da mesma forma, em outro artigo (A5), que trata do estudo de vírus (baculovírus) para o controle de insetos, principalmente em plantações de soja, pôde ser observada tal lógica.

Mais recentemente, têm sido largamente usados como vetores de expressão, proporcionando um amplo uso na medicina como agentes terapêuticos, profiláticos (vacinas) e para diagnose (O’Reilly et al., 1992; Richardson, 1995; Bonning & Hammock, 1996). Também, têm contribuído para produção de inseticidas virais geneticamente modificados (Wood & Granados, 1991; Maeda, 1995; Bonning & Hammock, 1996), o que possibilita o melhoramento das características patogênicas de baculovírus como agentes de controle biológico (Cory et

al., 1994; Miller, 1995) e a ampliação do seu espectro de hospedeiros (Kamita & Maeda, 1993; Maeda et al., 1993; Chen et al., 1998) Os baculovírus têm sido estudados como agentes de controle biológico desde a década de 60 (Payne, 1986). Devido a sua alta especificidade e ocorrência natural, os baculovírus são ótimos candidatos a serem usados em programas de manejo integrado de pragas (Moscardi, 1990; Funderburk et al., 1992; Tanada & Kaya, 1993), pois em diversos testes de segurança foi estabelecido que o vírus é inofensivo a microrganismos, outros invertebrados (exceto alguns insetos), vertebrados e plantas (Payne, 1986; Gröner, 1989). (A5).

O lastro literário apresenta a técnica como “em funcionamento” e com isso apresenta a relevância do próprio trabalho. Ademais, é neste processo que a comunicação é padronizada em torno de códigos de comunicação específicos, estruturando, por meio da reprodução de expectativas sancionadas, os caminhos da comunicação científica. A relevância, qualquer que seja a sua administração, reproduzirá o código do funcionamento em decorrência do histórico comunicativo do sistema (administração literária e técnica) e das pressões do entorno que são incorporadas aos mecanismos de administração da relevância - como interesses dos outros atores envolvidos (governo, firmas) - como informação sistêmica codificada. Isto incide no sistema e em seu resultado.

Todos os artigos consultados apresentam esta forma similar – administração da relevância técnica e relevância literária – e, muito mais que revelar certo “estilo” na comunicação científica, revelam a necessidade de reproduzir o que funciona de acordo com a literatura vigente. Se assim não o fosse, o sistema não manteria seus limites porque sua autopoiesis se dissolveria. É possível constatar neste processo uma gama de outros processos sociais subjacentes, como o conflito entre grupos, cobrando força na reprodução do que funciona e da literatura relevante. Não se pode pensar que a administração da relevância ocorre sempre em função das mesmas referências. Ao contrário, a fragmentação da prática científica, principalmente em função da “flexibilidade interpretativa” da qual a tecnologia é objeto, faz com que cada grupo administre a relevância de forma variada. Ainda que a estrutura seja a reprodução do funcionamento, isto pode ser feito das formas mais variadas possíveis.

Deste modo, pode-se falar que a tecnologia decorre de um processo de hetero-observação e auto-observação. É com a referência no entorno, construída internamente, que a ciência se constrói e se modifica, criando mecanismos singulares de reprodução. A criação de tais mecanismos segue uma lógica coevolutiva, com os outros sistemas do entorno. Nada que seja comunicação científica escapa da autorreferência, mesmo que o que

esteja em foco sejam “estados” do entorno. A política, a economia, o direito só adentram a ciência por meio da ciência e com isso sofre resignificação. Consequentemente, o significado atribuído é sempre modificado em função da contingência da reprodução comunicativa dos sistemas sociais. A ciência alterou seu código de reprodução em função das perturbações do entorno, e, devido a isso, a tecnologia tem assumido uma posição estrutural nos processos científicos.

## 5.7 Funcionamento e pragmatismo na sociologia do conhecimento

A questão da relação ciência/sociedade assume, a partir das observações acima, uma nova dimensão, na qual aspectos macro-estruturais passam a ser relevantes na compreensão tanto do que a ciência hoje significa para a sociedade, quanto do que a sociedade significa para a ciência. Com referência a esta última questão, a forma básica da estrutura da sociedade, a diferenciação funcional, implica novas formas para a ciência, novas expectativas e, finalmente, modifica o código básico da reprodução do sistema científico. Esta cadeia de alterações cíclicas no interior da ciência deve-se à construção da heterorreferência, com base nos sistemas de funções que se reproduzem no entorno, com códigos próprios, específicas expectativas e, portanto, formas de incorporar autopoieticamente as perturbações científicas. A ciclicidade destas perturbações cria uma dinâmica coevolutiva, um regime de produção de conhecimento, se o que se está analisando são as consequências deste processo para o conhecimento. Tal regime, na sociedade, responde por uma forma específica de expectativas quanto à ciência: legalidade e biossegurança quanto ao direito, aplicação e inovação tecnológica, no que diz respeito à economia, e a satisfação dos planos políticos de governos, no que concerne à política. Na ciência, responde por uma forma específica de expectativas, funcionamento da tecnologia, verificada na tese por meio do estudo do sistema biotecnológico periférico.

Esta forma de observar a ciência, como estruturada segundo o código da tecnologia, o funcionamento, traz consequências fundamentais para a sociologia do conhecimento, principalmente para aquilo que é mais caro a estes estudos: os fatores sociais que agem no estabelecimento da crença verdadeira no interior de uma comunidade científica. Tal ponto deve ser repensado se se indica a biotecnologia como âmbito de produção de tal crença. Neste âmbito cabe perguntar: qual o elemento do entorno que incide na seleção da tecnologia que funciona? A questão deve ser posta nestes termos porque a tecnologia

funciona ou não funciona, porém pode funcionar das mais variadas maneiras possíveis. Muda-se, portanto, o foco da investigação da sociologia do conhecimento: do consenso alcançado por meio de fatores sociais (cultura, poder, interesse) que moldam o conteúdo do conhecimento, para o consenso em torno da seleção do que funciona, em acordo com as exigências do entorno (legalidade, produtividade, inovação, interesses políticos). A questão é posta nestes termos porque o funcionamento do conhecimento (tecnológico) não mais faz referência àquilo que os epistemólogos chamam de conceito semântico de verdade<sup>152</sup>, no qual se busca a “essência” das coisas por meio da análise de sentenças linguísticas lógicas. Mesmo que estas sejam elementos importantes na construção do conhecimento tecnológico, neste âmbito, elas são avaliadas em relação à eficácia operativa do fim almejado.

Não se atesta o funcionamento sem alcançar sua eficácia operativa, sem indicar o mecanismo que produz o fim almejado da produção de variedades transgênicas, “mais produtivas” e “resistentes” que outras possibilidades<sup>153</sup>. Porém, nenhuma eficácia é total, deste modo, qualquer tecnologia pode ser sempre superada e nenhuma generaliza-se simbolicamente fora dos limites semânticos dos sistemas particulares, deste modo expõe sempre sua flexibilidade interpretativa. Apesar disso, técnicas funcionam na comunidade científica e tecnologias adentram a sociedade mais ampla. Mesmo admitindo a latência, na pesquisa, da busca de “maior eficiência operativa”, como o faz Queraltó (2003), isto ainda depende das autoconstruções sistêmicas, das expectativas estruturais que comandam estes juízos. Entre as possibilidades que emergem como variedades tecnológicas na produção científica, aquelas que se transformam em “paradigmas tecnológicos” ou “inovações tecnológicas” passaram por toda sorte de critérios seletivos construídos pelos sistemas que participam do regime de produção de conhecimento, e que apresentam distintas formas de interpretar a “eficiência do funcionamento”. Tais critérios respondem também àquilo que se constrói como risco nos sistemas, e que estrutura comunicações que ressaltam o perigo de determinadas tecnologias, e por isso, servem de mecanismos orientadores da seleção, afinal, “ninguém negará que também a investigação científica corre riscos e produz perigos” (LUHMANN, 1992, p. 257). Um dos subsistemas científicos que mais produzem perigos na modernidade recente é a biotecnologia.

---

<sup>152</sup> Autor representativo desta concepção é Alfred Taski. Ver especialmente Taski (2007).

<sup>153</sup> Queraltó (2003, p. 80) relaciona a eficácia operativa ao menor custo material geral e ao menor custo temporal porque a operabilidade máxima da eficácia assim requer de forma implícita: “em termos técnicos é menos operativo aquilo que custa ‘mais material’ e ‘demanda mais tempo’”.

A diferença na ciência, entre a verdade como código estrutural do sistema e o funcionamento, deste modo, envolve alteração nos critérios seletivos das variações alcançadas. A diferença surge porque o tipo de conhecimento buscado pela racionalidade sistêmica biotecnológica é o conhecimento operativo.

Trata-se de um conhecimento operativo, quer dizer, pragmático (...). isto significa um tipo de verdade embebido da eficácia operativa. Podemos falar assim de uma verdade pragmática, enquanto comprovada efetivamente de forma quase imediata e cujo produto é um utensílio, e a isso chamaríamos verdade tecnológica (QUERALTÓ, 2003, p. 81).

O conteúdo da verdade técnica ou tecnológica implica, necessariamente, uma ação sobre o real, uma ação sobre objetos, e isto a distingue da verdade teórica, semântica, de conteúdo puramente cognoscitivo. Esta última, o objeto por excelência da sociologia do conhecimento e de sua concepção epistemológica. No entanto, com a expectativa resignificada do código no interior da biotecnologia, mudam automaticamente os critérios epistemológicos na construção do conhecimento válido. O critério passa a ser, com base em tudo o que foi dito anteriormente, aquele da eficácia operativa. O conhecimento biotecnológico deve propor, assim, uma ação na realidade que se comprove por meio do funcionamento, antes mesmo de satisfazer a qualquer critério epistemológico. No que tange ao conhecimento operativo, não há, em sentido estrito e apriorístico, normas epistemológicas que orientem a comunidade de cientistas na validação de determinadas afirmações sobre a realidade. Há somente uma epistemologia que assegura como verdadeiro o conhecimento que funciona com base na promoção da relação buscada entre meios e fins tecnológicos, ou seja, “seu primeiro interesse epistemológico é promover o fim pragmático definido por seus conteúdos, ou seja, estabelecer uma relação de meios e fins na prática concreta” (QUERALTÓ, 2003, p. 83). Retoma-se aqui o imaginário baconiano dos “bons meios” para o alcance de “maravilhosos” fins para a humanidade, o que se corporifica em meios tecnológicos (tecnologias experimentais) para fins tecnológicos.

Deste modo, está se constituindo cada vez mais uma epistemologia substitutiva para a epistemologia clássica com base em uma epistemologia pragmática, tecnológica, que julga o valor do conhecimento referindo-se à promoção da técnica ou tecnologia, ou seja, com base na “melhor relação” entre meios e fins. “Melhor” deve permanecer entre aspas já que tais critérios são estabelecidos ainda pela comunidade, já que a tecnologia, ao contrário

do que afirma o essencialismo tecnológico<sup>154</sup>, não apresenta uma essência capaz de promover tal julgamento por si mesma. Assim, o argumento da sociologia do conhecimento, que busca compreender os critérios de construção da verdade em uma dada comunidade, continua válido, embora necessite da indicação, no que concerne à biotecnologia, de um critério novo para o encerramento das controvérsias, que atualmente lhe serve de base, o critério relacionado à epistemologia pragmática<sup>155</sup>. Este critério assume que as coisas tomadas como verdadeiras são aquelas que funcionam.

A epistemologia pragmática orienta-se pelo código funcionamento, sancionado por uma comunidade mais elástica, a comunidade envolvida nos acordos multi-institucionais. Estes acordos, como apresentado, tentam satisfazer aos distintos interesses que os perpassam, interesses ligados aos sistemas específicos da sociedade. Disso resulta que cada sistema, ao buscar construir formas internas para lidar com as contingências de sua reprodução, perturba o sistema científico e incide no critério de seleção da tecnologia que funciona. Portanto, participam na construção de um critério epistemológico pragmático para a prática biotecnológica, ou seja, também avaliam a eficácia operativa do fim almejado, seja no que diz respeito a sua “maior rentabilidade”, ou ao seu “menor risco à saúde”, entre outros critérios que pressionam o estabelecimento de tal epistemologia. Neste ponto, retoma-se a distinção sistema/ entorno, já que, com a efetivação das expectativas sistêmicas em torno do código da verdade pragmática, do funcionamento, o conhecimento passa a ser definido como “instrumento para a ação”, como elemento envolvido na adequação entre sociedade/ ambiente. Esta perspectiva toca as concepções do pragmatismo e do utilitarismo em relação ao conhecimento, especificamente dialoga com as escolas que vão de Charles Sanders Peirce à Hilary Putnam e de Willian James e John Dewey à Richard Rorty (HACKING, 1983). De forma mais enfática, explicita o que já era uma reivindicação destes autores, a saber, que o conhecimento não é uma representação pura da realidade, mas um instrumento de intervenção que traz incrustado o imaginário social que permeia sua construção.

O pragmatismo é, assim, uma anti-realismo, no sentido de que o conhecimento seja uma adequação desinteressada e livre de pressupostos sociais a uma “realidade” disponível à compreensão. Há uma descrença generalizada entre estes autores quanto à reivindicação

---

<sup>154</sup> Tal abordagem é explícita em Heidegger (1997) e Queralto (2003), e implícita em Habermas (1980b), especialmente em “conhecimento e interesse”, embora este posteriormente reveja suas concepções, como em Habermas (1997). Para uma crítica ao essencialismo tecnológico, ver Feenberg (1999).

<sup>155</sup> Sobre o pragmatismo na epistemologia é ainda clássico Rorty (1979).

da epistemologia clássica de que se pode justificar a verdade, apresentando sua correspondência à realidade, como se essa se nos apresentasse de forma essencial nas proposições científicas. Como afirma Rorty (1982, p. 162) “a primeira característica do pragmatismo é o anti-essencialismo que se aplica a noções como ‘verdade’, ‘conhecimento’, ‘linguagem’, ‘moralidade’ e objetos similares da teoria filosófica”. O conhecimento, seja qual for, não passa de convenção por meio da conversação, e que a filosofia platônica, ou qualquer outra sorte de metafísica, substituiu o primado da conversação no estabelecimento da “verdade”, “do bom”, “do justo”, pelo “iluminado estado de consciência” (Rorty, 1982, p. 164), mais tarde retomado de forma moderna em Descartes. Rorty e outros pragmatistas, principalmente aqueles que vieram após o giro lingüístico de Wittgenstein, argumentam que não existem restrições ao conhecimento, exceto aquelas que emergem na conversação, para o estabelecimento da verdade ou de qualquer outra expressão da linguagem humana.

A verdade tecnológica deve ser pensada, portanto, nestes termos, relacionada à comunicação, como o faz Luhmann (1996a), e compreendida dentro da dinâmica social da reprodução da sociedade por meio da transformação do improvável em provável. É no intento de ser útil – outro critério do pragmatismo - em termos sociais, que a verdade tecnológica é reproduzida. Utilidade adquire, aqui, um sentido sistêmico, ou seja, aquilo que é útil para o sistema e para a sua reprodução, o que envolve fundamentalmente a heterorreferência e autorreferência do sistema. Ao se referir ao que é útil ao entorno, “seguro”, “produtivo”, “inovador”, “lucrativo”, “competitivo”, o sistema cria fontes de contato com o ambiente que densificam as relações sistema/ entorno tornando mais provável sua reprodução. Esta construção e reconstrução de critérios internos/externos de se avaliar a verdade tecnológica generaliza as expectativas em torno do que funciona. Neste sentido, a verdade técnica é um elemento útil ao sistema científico, já que torna mais provável a sua reprodução. Finalmente, é o processo de construção desta verdade eficaz, e a estabilização desta modalidade de verdade, que os estudos sociais da ciência devem se ater quando pretendem compreender a construção do conhecimento em biotecnologia. Este é outro deslocamento que a reprodução da ciência, como funcionamento, exige.

## CONCLUSÃO

As discussões mais recentes a respeito da relação ciência/sociedade parecem desprezar a necessidade de uma teoria da sociedade para que se possa compreender melhor tal relação. Obviamente, e não se pretendeu com a tese afirmar o contrário, existem fragmentariamente e de forma implícita, tentativas mais recentes da sociologia da ciência, de forma mais geral os estudos sociais da ciência e tecnologia, para fazer frente a esta limitação teórica, o qual pode custar caro às expectativas compreensivas de uma geração inteira. A mais avançada tentativa de superar esta carência teórica vem de Bruno Latour (2008), e se apresenta como uma tentativa de síntese das conclusões teóricas do seu próprio trabalho, no que concerne aos estudos sociais da ciência, a teoria do ator-rede, agora generalizada para uma teoria do social. O irônico é que ele nega existir tal coisa, o social, pelo menos como foi tratado até agora, em termos de fenômenos estruturais, modelares, ou como uma sociedade, daí conceitos como “rede”, “rizoma”. Para compreender os fenômenos abordados pelos estudos sociais da ciência, falta exatamente uma teoria do social, de modo que forneça critérios teóricos claros o bastante para indicar a diferenciação ciência/sociedade. Este foi o pano de fundo da tese: observar a diferenciação ciência/sociedade por meio de um ponto de vista definido teoricamente, a saber, a teoria dos sistemas sociais, como expressado por Niklas Luhmann, Günther Teubner, Marcelo Neves, entre outros.

Tal ponto de vista forneceu mecanismos teóricos para que se pudesse indicar formas específicas que se diferenciaram no processo de evolução social, como sistema social, ciência, método experimental, economia, verdade, engenharia genética, funcionamento, entre outros elementos, que compõem o sistema da sociedade. Da mesma forma, foi possível observar a diferenciação da própria ciência com base em seu fechamento operacional, distinguindo-se dos outros sistemas e operando a partir de um código de comunicação básico, verdade/não-verdade. Com tal teoria foi possível observar também a sociedade a partir de um ponto de vista evolutivo, o que leva a compreender novos fenômenos que se diferenciam com base no tempo, como foi o caso da estrutura básica da sociedade, que na modernidade se realiza sob o primado da diferenciação funcional. Ou seja, uma forma não-hierárquica de regular sua própria evolução, com base na diferenciação por funções de seus sistemas sociais, os quais agora têm que lidar incessantemente com perturbações do entorno, que lhes irritam a autopoiesis. Estas

irritações são fontes de evolução para os sistemas. Esta teoria ademais permite que observemos, sob este ponto de vista evolutivo, as transformações do código básico da ciência, a partir do estudo de um subsistema da ciência, a biotecnologia. Finalmente, a diferenciação da sociedade global em centro/periferia é uma forma útil de observação, a despeito de o próprio Luhmann negar sua importância para a sociedade moderna. Mesmo aceitando a tese da diferenciação funcional, a diferenciação estratificada centro/periferia apresentou-se um elemento importante na regulação das expectativas periféricas, a respeito das possibilidades científicas e tecnológicas do regime de produção de conhecimento periférico, no que tange ao sistema global de ciência e tecnologia.

Assim, sob um ponto de vista teórico bem especificado foi traçado na tese um percurso descritivo da ciência moderna, em termos de sua sistematização, em torno de um código de comunicação específico, verdade/não-verdade e um conjunto de expectativas, também próprio, que lhe permitia orientar de forma particular sua comunicação, em termos de teorias e métodos, direcionando a observação e operação para a reprodução autopoietica. Tudo isso forneceu identidade e diferença à ciência, em relação aos outros sistemas, por um lado, e, por outro, lhe exigia contrapartidas para a sua reprodução.

Em uma sociedade estratificada de forma hierárquica, estas contrapartidas davam-se em torno da reprodução do conhecimento religioso: a reprodução do código da fé na construção do conhecimento era o pressuposto da ciência escolástica. Já em uma sociedade diferenciada por funções, a ciência se diferencia da religião e dos outros sistemas por meio do processo acima, operando de forma fechada com relação ao entorno, mas reproduzindo o acoplamento com os outros sistemas por meio da transformação da perturbação externa em informação da própria autopoiesis. Este fenômeno de mudança, no processo básico de reprodução do sistema sociedade, trouxe consequências para o primado reprodutivo do sistema científico e para o conhecimento, que deixa de ser construído com base no código da verdade e se baseia finalmente no código do funcionamento, com o objetivo de fazer funcionar a tecnologia.

Da mesma forma, observando sob o ponto de vista da construção da ciência, no que tange ao seu processo de organização, pode-se constatar que as decisões das organizações científicas passam a construir novas expectativas em relação à sua função. Na sociedade funcionalmente diferenciada, as decisões organizacionais quanto à função do sistema científico deixam de generalizar expectativas em relação ao conhecimento verdadeiro e passam a generalizar expectativas em relação ao conhecimento tecnológico, com base nas

perturbações do entorno. Nesta sociedade, a economia se reproduz e evolui com expectativas referentes à inovação tecnológica incessante em seus produtos e processos, com as firmas criando estratégias reprodutivas por meio da absorção de novas tecnologias. A política cria planos de desenvolvimento baseados na inovação tecnológica incessante, com objetivos de internacionalização das firmas em um cenário global, cada vez mais, competitivo. E o direito se diferencia produzindo marcos normativos com base nas transformações científicas, que, cada vez mais, perturbam seu operar, diferenciando suas organizações de modo a atender a esta complexidade crescente de normas. Cada expectativa sistêmica, criada nestas organizações, é incorporada pelas outras, que reagem oferecendo novas expectativas, em uma dinâmica coevolutiva. A dinâmica de produção de conhecimento contemporânea tem, como base, este processo, que se acentua a partir da segunda metade do século XX.

Observando em conjunto a mudança estrutural no primado reprodutivo da sociedade – da sociedade estratificada à sociedade diferenciada funcionalmente – a sistematização da ciência e a sua organização, pôde-se ver o sistema científico contemporâneo de forma mais compreensiva. A diferenciação funcional da sociedade produz uma variedade de sistemas funcionais distintos e uma complexidade de relações entre eles que obriga, a cada um, respostas constantes às perturbações de outros, incluindo a ciência que responde às subvenções econômicas com conhecimento tecnológico, aos direcionamentos políticos com expectativas temáticas correspondentes e ao direito com pesquisa legal e segura. No plano da organização e do sistema social, este último fica perturbado, incessantemente, pelos ordenamentos particulares da organização científica em termos de projetos. As expectativas do sistema passam a ser irritadas pelos planos organizacionais, que prevêm montante de recursos limitados e decisões temporais altamente restritivas, ao mesmo tempo em que influencia naquilo que é “válido”, “útil”, “seguro”, “legal”, em termos de pesquisa. Estas decisões em termos de projetos estão acopladas ao entorno, em função disto, responde às perturbações econômicas, políticas e jurídicas, acabando por, finalmente, levar o sistema científico a respostas condizentes, já que sua autopoiesis é irritada. O resultado, desta dinâmica sistêmica da sociedade na ciência, é o “funcionamento” como código estrutural de seus processos reprodutivos.

A biotecnologia foi a disciplina e área científica pesquisada, em que se constatou esta mudança estrutural no código da ciência. Deve-se, portanto, fazer esta ressalva: não se falou em todas as áreas da ciência, mas especificamente na biotecnologia. Em termos do

subsistema científico biotecnológico, o conhecimento biológico, que serve como base às investigações, foi profundamente alterado com a evolução da sociedade, acima ressaltada. O modelo orgânico e anímico que orientava a prática biológica, no início da ciência moderna vai, aos poucos, cedendo espaço a uma visão mecânica do ser vivo, em que a vida nada mais é do que um fenômeno derivado de um certo tipo de organização da matéria, deste modo, capaz de ser manipulada e instrumentalizada, da mesma forma que os objetos inanimados. Tal visão virá a ser coroada de forma inequívoca na segunda metade do século XX, em que se estabelece a molécula do DNA como base explicativa dos processos vivos. Concomitantemente, a pesquisa biológica passa a ser, cada vez mais, dependente das técnicas experimentais, de modo que grupos passam a pesquisar o desenvolvimento de tais técnicas, como a biobalística, a clonagem gênica, o PCR e os marcadores nucleares. Com isso, a tecnologia adentra o “âmbito dos meios”, condicionando os fins cognitivos, ou seja, “existem ferramentas, instrumentos, não para pensar, mas para fazer” (Hacking, 1983, p. 262).

Estas expectativas científicas e organizacionais, “conhecimento tecnológico” e “decisão de inovar” concomitantemente, se globalizam e participam da construção dos programas governamentais, em todo o mundo. Expressões como “sistema nacional de inovação”, “economia do conhecimento”, “ciência empreendedora”, passam a ser moeda corrente nas discussões sobre desenvolvimento nos Estados nacionais. No entanto, tal compreensão globalizante da modernidade da ciência e tecnologia vai apresentar peculiaridades quando é observada sob o ponto de vista da diferenciação estratificada centro/periferia. Tanto o conhecimento científico, quanto a organização científica responderão aos respectivos Estados nacionais, territorialmente contextualizados, que apresentam diferenças marcantes, historicamente, no que diz respeito à ciência e à tecnologia. Estas diferenças fornecem elementos que nos permitem observar a ciência global como bifurcada entre uma ciência que se observa e é observada “como centro” e uma outra que se observa e é observada “como periferia”. Esta ciência periférica, no caso a brasileira, é fruto, dentre outros fatores, do regime de produção de conhecimento, no interior do qual se reproduz. Este regime é formado pelas políticas científicas e tecnológicas, pelas estratégias econômicas e pelo direito. As consequências de tal regime no que concerne à ciência é o baixo índice de publicações em periódicos internacionais indexados, relativamente aos centros científicos; e a baixa absorção da produção tecnocientífica pelas firmas econômicas, e à, ainda incipiente, promoção, nas firmas, de

setores de pesquisa e desenvolvimento, que se materializa nos baixos índices de patentes depositadas nos escritórios internacionais, no que diz respeito à economia.

No entanto, a tese apresenta que tal regime de produção de conhecimento periférico cria dinâmicas diferenciadas, no que concerne a determinadas áreas relacionadas à biotecnologia, como é o caso das ciências da saúde e ciências agrárias. Nestas áreas, constata-se um melhor desempenho, relativamente às outras áreas, no que diz respeito ao depósito de patentes e publicação de artigos, o que permite afirmar que as posições centro/periferia são constantemente reestruturadas, permitindo a “centralização da periferia”. Com isto, constata-se também a concentração dos esforços do regime de produção de conhecimento periférico em áreas como “doenças negligenciadas” e “agricultura tropical”, tais áreas conseguem adentrar as estratégias empresariais e governamentais, criando aquilo que se chamou “modelo bioambiental de desenvolvimento científico e tecnológico”. Este modelo engendra elementos que potencializam a internacionalização das firmas biotecnológicas, como marcos normativos apropriados – a Lei de Biossegurança –, políticas específicas, como a de biotecnologia e inovação, editais específicos para a área e fundos relacionados aos setores de biotecnologia. Neste cenário, pôde-se notar as expectativas que tal regime generaliza: a ideia de que as áreas de saúde e agrícolas podem ser portas de entrada do Brasil na dinâmica central de produção científica e tecnológica e que tais áreas podem fornecer “vantagens competitivas” para as firmas nacionais no cenário global hiper-competitivo.

No capítulo final, foi observado que o regime de produção de conhecimento incide nas expectativas dos grupos biotecnológicos, reproduzindo, internamente, de forma autoconstruída, as perturbações do entorno. Constatou-se na periferia a relação sistema/entorno, em termos das preferências cristalizadas da prática cotidiana de tais grupos, e, em função disto, retomou-se a hipótese central, ou seja, afirmou-se que a dinâmica do regime de produção do conhecimento periférico tem contribuído para a construção da ciência voltada para o funcionamento, para a produção de tecnologias que funcionam e, finalmente, para a construção da verdade eficaz. Isto vai estar relacionado às condições ofertadas pelos últimos desenvolvimentos do regime de produção de conhecimento no Brasil, que perturba o sistema científico direcionando suas operações para a criação de novas expectativas, tais como a aplicação e a inovação. Estes elementos serão aqueles que comporão, de forma mais evidente, o espectro das pressões externas que incidirá na reprodução autopoietica do subsistema biotecnológico, ao mesmo tempo, em que as

respostas biotecnológicas, em forma de inovações tecnológicas, organismos geneticamente modificados, terapias com células-tronco, entre outros, perturbarão, como nunca, o sistema jurídico.

Estas transformações a que a produção de conhecimento passou, e que repercutiram no código de reprodução do sistema científico, implicou na égide de um novo meio de comunicação simbolicamente generalizado para as comunicações científicas, a saber, o funcionamento. Deste modo, todas as comunicações vinculadas ao subsistema científico da biotecnologia, para se reproduzir, devem se referir a este meio de comunicação. É, exatamente, a generalização de tal meio, que recria o ambiente comunicativo da pesquisa, tornando mais provável a comunicação. As expectativas de êxito comunicativo decorrem daquelas tecnologias que funcionaram no passado e que ainda reproduzem sua eficácia operativa, ou seja, reproduzem a expectativa estrutural de seu funcionamento. Aquelas que não são codificadas como operativamente eficazes, são codificadas como “não-funciona”, e aparecem como código de segurança, para as ulteriores operações do próprio sistema. Este limite traçado pelo código do funcionamento é o que permite delimitar o âmbito da biotecnologia dos demais âmbitos disciplinares, o que envolve, ainda, como acima explicitado, que outros códigos comunicativos cruzam a comunicação biotecnológica, como a aplicação e a inovação. Tais códigos se reforçam mutuamente na reprodução do sistema biotecnológico. Este reforço foi verificado na tese como resposta às perturbações do entorno, principalmente, dos sistemas político e econômico.

O funcionamento cria um conjunto de expectativas internas que será a base autopoietica da relação sistema e entorno e da reflexividade do próprio sistema. A variação das possibilidades tecnológicas que são ofertadas internamente, como resultado da prática tecnológica, terá, por um lado, nas perturbações do entorno que são incorporadas significativamente pelo sistema, condições fáticas de seleção, e, por outro, na autopoiesis do sistema, em seu histórico comunicativo, outro conjunto de critérios seletivos. As pesquisas em biotecnologia não se direcionam para resultados ótimos, únicos, a despeito da unicidade do meio simbolicamente generalizado do funcionamento. Pelo contrário, as possibilidades de seleção das tecnologias que funcionam, não dependem somente do funcionamento, mas dos elementos do regime de produção de conhecimento que adentram a lógica autopoietica do sistema, aparecendo, nas seleções, como elementos do sistema. A tese apresentou estes critérios seletivos estruturados em torno do funcionamento como contexto fático de comunicação, dado pelos acoplamentos da ciência com o direito, com a

política e com a economia. Neste sentido, constatou-se que a seleção segue a lógica, resignificada pelo sistema, da legalidade, lucratividade, produtividade, novidade, segurança da tecnologia. Estes elementos são condições ofertadas “desde fora”, e que adentram a lógica apropriada da reprodução sistêmica. Neste sentido, o que a biotecnologia expõe para seu ambiente, e que representa perigo para os demais sistemas, como se viu no capítulo 3, já é em grande parte uma seleção que levou em conta as expectativas dos próprios sistemas. Deste modo, a biotecnologia é um produto com riscos absorvidos.

Esta tese insere-se na discussão mais recente dos estudos sociais da ciência, porém, buscou enfatizar aspectos da construção do subsistema biotecnológico periférico, levando em conta os fenômenos da sistematização, da organização e da estratificação da ciência. Estes são “fatores sociais” dos mais relevantes, pois são eles que possibilitaram observar como se dá a construção socialmente condicionada, do conhecimento tecnocientífico. Deste modo, deslocou-se dos fatores sociais mais circunstanciais – elementos centrais das abordagens antropológicas de laboratório e etnometodológicas – para a concentração no âmbito mais geral da autoconstrução sistêmica, naquele espaço de interações entre sistemas, ressaltando o sistema econômico, político e do direito. Estas interações permitiram observar, fundamentalmente, a transformação estrutural do sistema científico, especificamente, seu código estrutural, da verdade para o funcionamento, ou seja, para a verdade eficaz. São as consequências da sistematização, da organização e da estratificação da ciência, para a sua reprodução atual, o que incidiu nesta transformação estrutural. Portanto, ao tratar de uma determinada forma a relação sistema e entorno, pôde-se perceber que os sistemas se perturbam ciclicamente, construindo expectativas diferenciadas, embora com base uns nos outros.

Com isto, pode-se dizer que, embora a relação ciência/sociedade possa se apresentar de maneira diferente, segundo concepções diferentes, na tese argumenta-se que se deve explicitar com mais abstração as características de tal relação, ou seja, deve-se construir uma teoria social geral que sirva de base conceitual para compreender, mais claramente, a infinidade de fenômenos concretos que emergem de tal relação. Muitas abordagens dos estudos sociais da ciência e tecnologia abdicaram de tal empreitada, qual seja, teorizar primeiro e analisar depois, exercício sem o qual, muitas vezes, incorre-se no erro de assumir a sociedade como acessível diretamente ao conhecimento, levando a concepções realistas ingênuas. Deste modo, muitas vezes, os estudos sociais da ciência pareceram aos olhos dos menos informados um discurso anticiência, já que não

explicitavam que estudar a ciência poderia ser, na verdade, uma forma de teorizar a sociedade. Por isso, alguns clássicos da área foram retomados devido à preocupação teórica geral, anterior às preocupações concretas da análise. Foi com esta perspectiva que se assumiu na tese a perspectiva Luhmanniana. Mas, ressaltando, finalmente, que ela trata melhor a sociedade contemporânea, e seus fenômenos complexos que se apresentam, muitas vezes, inacessíveis. A teoria dos sistemas de Luhmann permitiu observar a relação ciência e sociedade no interior de uma sociedade diferenciada funcionalmente, heterárquica, evitando dar primazia a somente um lado desta forma, na reprodução social total. Ao observar esta forma de dois lados, compreende-se melhor a formação sistêmica na sociedade moderna e seus processos subjacentes, incluindo a diferenciação estratificada, que permitiu a observação da formação do sistema biotecnológico periférico.

## COMENTÁRIOS FINAIS

Nestes últimos quatro anos, estive percorrendo um labirinto de informações que apontavam para as mais diversas possibilidades de pesquisa. A cada informação incorporada ao *corpus* do trabalho, se me apresentava uma série de outras possibilidades imediatamente possível de investigação. Longe de encerrar as possibilidades de seleção, conformei-me com uma possibilidade de seleção e observação que foi se construindo na medida em que a pesquisa prosseguia. O projeto de pesquisa foi-me suficiente para indicar um caminho, a saber, o de que a tecnologia emerge na ciência moderna como uma comunicação preenchida de sentido para as mais diversas formas sistematizadas. Isto posto como horizonte de pesquisa, coube-me uma outra seleção, que era a indicação de qual sistema da modernidade pesquisar. Neste mesmo caminho, muitas vezes incerto, a que segui, pareceu-me que a ciência era o sistema de onde partiam as maiores contribuições ao sentido moderno da tecnologia, no entanto, era o sistema em que as consequências de tal contexto foram menos investigadas. Cabia compreender então, qual o impacto, da demanda de tecnologia por parte do entorno da ciência, no sistema científico.

Além desta situação, um outro desconforto foi-me suscitado pela leitura do referencial teórico. Acertadamente, Niklas Luhmann empreendeu uma investigação pela construção moderna do sistema da ciência, tendo como eixo condutor da sua perspectiva os processos que garantiram, a um sistema da sociedade específico, a função de produzir a verdade. Meu desconforto surgia da pouca atenção que o autor dava a subsistemas, diferenciados no sistema da ciência, que apresentavam uma estrutura produtora de conhecimento menos estruturada pela verdade teórica, cognoscitiva, lógica, semântica, mas tinham como elemento-base da comunicação, o funcionamento. Pareceu-me que tal situação deveu-se ao fato de que o autor não havia acompanhado os últimos desdobramentos do sistema científico, imerso em um contexto, cada vez mais, preenchido de exigências como “inovação tecnológica”, “aplicação do conhecimento”, “segurança técnica”, “verdade eficaz”. Isto deveria ser algo que estava alterando a forma do sistema científico, principalmente aquelas áreas de investigação nas quais não mais se admitia o desacoplamento com a técnica moderna. Daí minha seleção do subsistema da biotecnologia. Porém, não tenho dúvidas, áreas mais recentes de investigação como a tecnologia da informação, nanotecnologia e neurociência poderiam ser igualmente

investigadas, e desconfio fortemente de que as conclusões admitiriam uma centralidade, na investigação nestas áreas, da verdade eficaz.

Não se buscou nos capítulos responder de forma definitiva às perguntas que fiz, no entanto, não contava que as interrogações fossem se multiplicar tanto. A conclusão, que jamais poderia ser feita definitivamente, abriu, ao invés de fechar, imensas possibilidades de pesquisa, e que elas passariam necessariamente pela forma contemporânea da reprodução da ciência. Ao caminhar pelos laboratórios biotecnológicos que pesquisei, perguntava-me o tempo todo, ao me perder em um labirinto de instrumentos e computadores, pelo “*insight*”, a “verdade”, o “paradigma”, na medida em que tudo o que me era relatado, e tudo o que lia em artigos e livros sobre o assunto, dizia respeito a questões “mais mundanas”, como patentes, tecnologia, reagentes, inovação tecnológica. Não tenho dúvidas de que isto faça parte de um paradigma de pesquisa, mas tenho dúvidas se isto diz respeito à verdade que os epistemólogos clássicos investigavam, ou àquela a que Newton, Boyle, Galileu faziam menção. Parece que esta dimensão estrutural da ciência é residual nas investigações biotecnológicas. Deste modo, tudo me pareceu reconfigurado: os objetivos da pesquisa biotecnológica, as estratégias de divulgação, a avaliação da investigação, os membros da organização.

Este estado de coisa agora interessa a todos, não só ao cientista que eu encontrei no laboratório, já que o risco tecnológico é global. Se antes podíamos desprezar o impacto que a verdade tinha em nossas concepções de mundo, em nossas crenças religiosas e, mesmo, em nossas vidas, isto hoje não é possível, já que as consequências do funcionamento tecnológico atingem a todos. Quisera que sempre funcionasse! Mas, como se ressaltou, toda tecnologia pode falhar.

Em função disto, urge uma nova agenda de pesquisa para os estudos sociais da ciência e tecnologia, principalmente na periferia do sistema global de ciência e tecnologia. Os mecanismos de formação de consenso/dissenso tecnológico respondem pela relação ciência e sociedade na sociedade contemporânea. Ali, pode-se perceber a formação da crença coletiva, porém com um outro ingrediente, a meu ver, definidor da semântica científica contemporânea, a saber, o funcionamento da tecnologia. O que faz a tecnologia funcionar e, portanto, se generalizar para além dos limites científicos, é um empreendimento a ser perseguido por esta nova agenda. Ela poderá contribuir, se também generalizar-se, para uma compreensão mais acurada dos impactos tecnológicos na sociedade; para a divulgação das possibilidades engendradas por determinado consenso/

dissenso a respeito das tecnologias que possam gerar desenvolvimento social e econômico; para tornar mais explícitos os interesses envolvidos no consenso/dissenso; para promover maior sensibilidade nos usuários dos produtos tecnológicos que emergem destes empreendimentos; e, não menos importante, para abrir a caixa-preta das decisões técnicas que são tomadas, muitas vezes à revelia dos pressupostos democráticos.

## BIBLIOGRAFIA

- ABRANTES, Paulo. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. Campinas, SP: Papiros, 1998.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. *Revista de economia política*, vol. 16, nº 3(63), julho-setembro, 1996.
- ALEXANDER, Jeffrey. O novo movimento teórico. *Revista brasileira de ciências sociais*; [http://www.anpocs.org.br/portal/publicacoes/rbcs\\_00\\_04/rbcs04\\_01.htm](http://www.anpocs.org.br/portal/publicacoes/rbcs_00_04/rbcs04_01.htm), Acessado em 12/11/2006, 1987.
- ALEBRANDT, Débora; MACEDO, Juliana L. *Fabricando a vida: Implicações éticas, culturais e sociais do uso de novas tecnologias reprodutivas*. Porto Alegre: Metrópole, 2007.
- ANDERSEN, Simon C. How to improve the outcome of welfare services Governance in a systems-theoretical perspective. Copenhagen, Denmark. Paper prepared for the *Conference on Democratic Network Governance*, 21-22 October 2004.
- ANDERSON, Perry. *As origens da pós-modernidade*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1999.
- ANDRADE, Thales N. de. O problema da experimentação na inovação tecnológica. *Revista brasileira de inovação*, V. 6, nº 2, 2007, 311-329.
- ARANGO, Darío Abad. Tecnologia e dependência. In: TABAK, Fanny (Org.). *Dependência tecnológica e desenvolvimento nacional*. Rio de Janeiro: Palas, 1975.
- ARAÚJO, Cicero. & WAIZBORT, Leopoldo. “Sistema e evolução na teoria de Luhmann”. *Lua nova*, nº. 47, 1999.
- ASHBY, W. Ross. *Introdução à cibernética*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1970.
- AZEVEDO, Nara et al. “Pesquisa científica e inovação tecnológica: a via brasileira da biotecnologia”. *Dados*, V. 45, Nº 1, 2002.
- BACON, Francis. *A nova atlântida*. São Paulo: Abril cultural, 1979. (Os Pensadores)
- BAIARDI, A. *Sociedade e Estado no apoio à ciência e à tecnologia: uma análise histórica*. São Paulo, Hucitec, 1996.
- BARALDI, Claudio. Diferenciación de la sociedad. In: CORSI, Giancarlo et. Al. *Glossário sobre la teoría social de Niklas Luhmann*. México D. F.: Antrhopos, 1996.

- BARNES, Barry. Practice as collective action. In: SCHATZKI, Theodore; KNORR-CETINA, Karin; SAVIGNY, Eike V (Eds.). *The practice turn in contemporary theory*. London; New York: Routledge, 2001.
- BARNES, Barry. *T. S. Kuhn and the social science*. Nova Yorke: Columbia University Press, 1982.
- BARNES, Barry. The Science-Technology relationship: a model and a query. *Social studies of science*, vº 12, nº 166, 1982.
- BARNES, Barry; BLOOR, David e HENRY, John. *Scientific knowledge*. Chicago: University of Chicago Press, 1996.
- BARROS, Fernando A. de B. 2005. *A tendência concentradora da produção do conhecimento no mundo contemporâneo*. Brasília: Paralelo 15/ Abipti.
- BAUMAN, Zygmunt. *O mal-estar da pós-modernidade*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed.1998.
- BAUMGARTEN, *O Brasil na era do conhecimento: políticas de ciência e tecnologia e desenvolvimento sustentado*. 2003. (tese de doutorado) Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BECK, Ulrich. *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Barcelona: 1998.
- BECK, Ulrich. The Terrorist Threat: World Risk Society Revisited. *Theory, Culture & Society*, V. 19, Nº 4, 2002.
- BECKER, Markus C. The concept of routines twenty years after Nelson and Winter (1982) A review of the literature. In: <[http://www.druid.dk/wp/pdf\\_files/03-06.pdf](http://www.druid.dk/wp/pdf_files/03-06.pdf)>. *DRUID Working Paper*, Nº 03-06, 2003. Acesso em 20/09/2008.
- BEM-DAVID, Joseph. *O papel do cientista na sociedade*. São Paulo: Pioneira, 1974
- BENNER, Mats; SANDSTRÖM, Ulf. Institutionalizing the triple helix: research funding and norms in the academic system. *Research Policy* V. 29, 291–301, 2000.
- BERGER, Peter L. e LUCKMANN, Thomas *A construção social da realidade*. Petrópolis: Vozes, 2002
- BERGER, Peter L. *Perspectivas sociológicas: Uma visão humanística*. Petrópolis: Vozes, 1976.
- BERNAL, John D. *Historia social de la ciencia I*. Barcelona – Espanha: península, 1997.
- BERTALANFFY, Ludwig V. *Teoria geral dos sistemas*. Petrópolis: Vozes, 1973.
- BERTALANFFY, Ludwig V. The history and status of general systems theory. *The academy of management journal*. Vol. 15, Nº 4, 407-426, 1972.

- BIJKER, Wiebe E. The social construction of bakelite: toward a theory of invention. In: BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds). *The social construction of technological systems*. Massachusetts: MIT Press, 1987.
- BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds.). *The social construction of technological systems*. Massachusetts: MIT Press, 1987.
- BLOOR, David. *Knowledge and social imagery*. Chicago: the University of Chicago Press, 1991.
- BOTELHO, Antonio J. J. “As utopia tecnológica aos desafios da política científica e tecnológica: o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (1947 – 1967)”. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, V. 14, N° 39, 1999.
- BOUND, Kirsten. *Brazil: the natural knowledge economy*. London: Demos, 2008.
- BOURDIEU, Pierre. O campo científico. In: ORTIZ, Renato (org.). *Pierre Bourdieu: Sociologia*. São Paulo: Ática, 1983.
- BRESCHI, Stefano, MALERBA, Franco, ORSENIGO, Luigi. Technological regimes and schumpeterian patterns of innovation. *The economic journal*, 110 (april), 388-410, 2000.
- BRUNO, Giordano. Sobre o infinito, o universo e os mundos. In: *Bruno, Galileu, Campanella (os pensadores)*. São Paulo: Abril cultural, 1978.
- BURKE, Peter. *As fortunas d’O Cortesão*. São Paulo: UNESP, 1997.
- BURKE, Peter. *Uma história social do conhecimento: de Gutenberg a Diderot*. Rio de Janeiro: Zahar, 2003.
- BUSH, Vanevar. Ciencia, la frontera sin fin. *Redes: Revista de estudos sociais de la ciência*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes, vol VI, N° 14, 1999.
- CALON, Michel. Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis. In: BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds). *The social construction of technological systems*. Massachusetts: MIT Press, 1987.
- CALON, Michel. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scalops and the fishermen of St.Brieuc Bay. In: BIAGIOLI, Mario (Ed.). *The science studies reader*. New York; London: Routledge, 1999.
- CANGUILHEM, Georges. *O normal e o patológico*. Rio de Janeiro: Forense-universitária, 1978.
- CANO, Wilson. *Soberania e política econômica na América Latina*. São Paulo: Unesp, 2000.

- CARVALHO, José Murilo de. 2002. *A escola de Minas de Ouro Preto: O peso da glória*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- CASTELFRANCHI, Juri. *As serpentes e o bastão: tecnociência, neoliberalismo e Inexorabilidade*. Campinas: UNICAMP, 2008 (tese de doutorado).
- CAVALHEIRO, Esper A. A nova convergência da ciência e da tecnologia. *Parcerias Estratégicas*, N.26, junho 2008.
- CHAUÍ, Marilena. *Introdução à história da filosofia: dos pré-socráticos a Aristóteles*. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- CHESNAY, François. *A mundialização do capital*. São Paulo: Xamã, 1996.
- CHOMPALOV, Ivan; SHRUM, Wesley, Institutional collaboration in science: a typology of technological practice. *Science, Technology & human values*, V. 24, nº 3, 1999, 338-372.
- COHN, Gabriel. “As diferenças finas: de Simmel a Luhmann”. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v.13, nº 38, 1998.
- COLE, Jonathan; COLE, Stephen. 1973. *Social stratification in science*. Chicago and London: University of Chicago Press.
- COLLINS, Harry. *Changing order*. Chicago: University of Chicago, 1992.
- COLLINS, Harry. The place of the ‘core set’ in modern science: social contingency with methodological propriety in science. *History of Science*, V. 19, 1981.
- COLLINS, Harry. The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks. *Social Studies of Science*, V. 4, 1974.
- COLLINS, Harry; EVANS, Robert, *Rethinking expertise*. Chicago: Chicago Press, 2007.
- COLLINS, Harry; PINCH, Trevor. *O golem: o que você deveria saber sobre ciência*. São Paulo: UNESP, 2003.
- COLLINS, Harry; PINCH, Trevor. *The Golem at large: what you should know about technology*. Cambridge: Cambridge University press, 1998.
- CONSTANT, Edward W. The social locus of technological practice: community, system, or organization? In: BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds.). *The social construction of technological systems*. Massachusetts: MIT Press, 1987.
- CORIAT, Benjamin; DOSI, Giovanni. The institutional embeddedness of economic change: an appraisal of the ‘evolutionary’ and ‘regulationist’ research programmes. In: HODGSON, Geoffrey. *A Modern Reader in Institutional and Evolutionary Economics*. Northampton, Massachusetts: Edward Elgar Publishing Limited, págs. 95 – 123, 2002.

- CORSI, Giancarlo *et al.* *Glossário sobre la teoría social de Niklas Luhmann*. México D. F.: Antrhopos, 1996.
- CRESPI, Franco & FORNARI, Fabrizio. *Introdução à sociologia do conhecimento*. Bauru, SP: EDUSC, 2000.
- DAGNINO, Renato; DIAS, Rafael. A política de C& T vista por três de seus atores. In: SARTI, Ingrid (Org.). *Ciência política e sociedade: as ciências sociais na américa do sul*. Porto Alegre: UFRGS; Sulinas, 2007.
- DAWKINS, Richard. *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press, 2006.
- DAWKINS, Richard. *Deus, um delírio*. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- DOMINGUES, José M. *Criatividade social, subjetividade coletiva e a modernidade brasileira contemporânea*. Rio de Janeiro: Contra capa livraria, 1999.
- DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories. *Revista brasileira de inovação*, v. 5, n 1; 2006.
- DOSI, Giovanni; NELSON, Richard. A introduction to evolutionary theories in economics. *Journal of evolutionary economics*, 4, pp.153 - 172, 1994.
- DOUGLAS, Mary & Wildavsky, Aaron. *Risk and culture: An essay on the selection of technological end environmental dangers*. Berkeley/ Los Angeles: University of California Press. 1983.
- DRUCKER, Peter. *Sociedade pós-capitalista*. São Paulo: Pioneira, 2002.
- DUCATI, Rodrigo G.; Antonio RUFFINO-NETTO, Antônio; BASSO, Luis Augusto; SANTOS, Diógenes Santiago. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. Rio de Janeiro, Vol. 101(7): 697-714, 2006.
- DURANT, Will. *A história da filosofia*. São Paulo: Nova cultural, 2000.
- ESPOSITO, Elena. Racionalidad. In: CORSI, Giancarlo *et al.* *Glossário sobre la teoría social de Niklas Luhmann*. México D. F.: Antrhopos, 1996.
- ETZKOWITZ, Henry e LEYDESDORFF, Loet. “The dynamics of innovation: from national Systems and ‘mode 2’ to a triple helix of university-industry-government relations”. *Reserch policy*, New York, (29), pp. 109–123, 2000.
- ETZKOWITZ, Henry. Innovation in innovation: the triple helix of university-industry-government relations. *Social Science Information*, V. 42, N° 3, 2003.
- ETZKOWITZ, Henry. The economy and technology. In: RESTIVO, Sal (Ed.). *Science, technology, and society*. New York: Oxford University Press, 2005.
- FEENBERG, Andrew. *Questioning technology*. London; New York: Routledge, 1999.

- FONTANA, Josep. *A história dos homens*. Bauru, SP: EDUSC, 2004.
- FREITAS, Renan Springer de. Em busca da Sociologia não paroquial. *RBCS*, v. 13, n. 38, 1998.
- FUJIGAKI, Yuko e LEYDESDORFF, Loet. Quality control and validation boundaries in a triple helix of university-industry-government: “mode 2” and the future of university research. *Social Science Information*, V. 39, N° 4, 2000.
- Gadamer (verdade e método),
- GALILEU. O ensaiador. In: *Bruno, Galileu, Campanella (os pensadores)*. São Paulo: Abril cultural, 1978
- GANDILLAC, Maurice de. *Gêneses da modernidade*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1995.
- GARFINKEL, Harold. *Studies in ethnomethodology*. Englewood cliffs, New Jersey: Prentice-Hal, Inc., 1967.
- GIBBONS, Michael *et al.* *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage, 1994.
- GINZBURG, Carlo. *O queijo e os vermes*. São Paulo: Companhia das letras, 2006.
- GRANGER, Gilles-Gaston. *A ciência e as ciências*. São Paulo: Unesp, 1994.
- GROENEWEGEN, Peter. Accommodating Science to External Demands: The Emergence of Dutch Toxicology. In: *Science, Technology, & Human Values*, V.27 N° 4, 2002.
- GUESSER, Adalto. A etnometodologia e a análise da conversação e da fala. *Em Tese*, V.1, N1, 2003, págs. 149-168. <[http://www.emtese.ufsc.br/h\\_Adalto.pdf](http://www.emtese.ufsc.br/h_Adalto.pdf)> acesso em: 03/09/2008.
- GIDDENS, Anthony. *As consequências da modernidade*. São Paulo: UNESP, 1991.
- GUMBRECHT, Hans Ulrich. *As funções da retórica parlamentar na Revolução Francesa: estudos preliminares para uma pragmática histórica do texto*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003.
- GUMBRECHT, Hans Ulrich. Perception Versus Experience: Moving Picture and Their resistance to Interpretation. In LENOIR, Timothy. *Inscribing Science: Scientific Texts and the Materiality of Communication*. Stanford: Stanford University Press. 1998.
- GURVITCH, George. 1969. *Os quadros sociais do conhecimento*. Lisboa: Moraes editores.
- HABERMAS, Jürgen. Técnica e ciência enquanto ideologia. In: *Benjamin, Adorno, Horkheimer, Habermas (os pensadores)*. São Paulo: Abril cultural, 1980a.

- HABERMAS, Jürgen. Conhecimento e interesse. In: *Benjamin, Adorno, Horkheimer, Habermas (os pensadores)*. São Paulo: Abril cultural, 1980b.
- HABERMAS, Jürgen. *Pensamento pós-metafísico*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1990.
- HAGSTROM, Warren O. *The scientific community*. New York/ London: Basic Books, Inc. 1965.
- HAL, A. Rupert. *A revolução na ciência 1500-1750*. Lisboa – Portugal: Edições 70, 1988.
- HEIDEGGER, Martin. 1997. A questão da técnica. *Cadernos de tradução*. São Paulo: USP, N°2.
- HEMLIN, Sven e RASMUSSEM, Soren B. The Shift in Academic Quality Control. *Science, Technology, & Human Values*, V. 31, N° 2, 2006.
- HERRERA, Amílcar O. A ciência no desenvolvimento da América Latina. In: TABAK, Fanny (Org.). *Dependência tecnológica e desenvolvimento nacional*. Rio de Janeiro: Palas, 1975.
- HESS, David J. *Science Studies: an advanced introduction*. New York: New York University press, 1997.
- HOBBSAWM, Eric J. *A era dos extremos*. São Paulo: Companhia das letras 1995.
- HOBBSAWM, Eric. *Da revolução industrial inglesa ao imperialismo*. Rio de Janeiro: Forense universitária, 2003.
- HOOYKAAS, R. *A religião e o desenvolvimento da ciência moderna*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1988.
- HOROWITZ, Irving L. *Ascensão e queda do Projeto Camelot*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1969.
- HUGUES, Thomas P.. The evolution of large technological Systems. In: BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds). *The social construction of technological systems*. Massachusetts: MIT Press, 1987.
- JASANOFF, Sheila. *Science at the bar: Law, science, and technology in America*. Cambridge, Massachusetts, London: Harvard University press, 1997.
- KLOPPENBURG, Jack R. *First the seed: the political economy of plant biotechnology, 1492 – 2000*. Madison, Wisconsin: The University of Wisconsin Press, 2004.
- KNORR-CETINA, Karin D. Scientific communities or transepistemic arenas of research? A critique of quasi-economic models of science. *Social Studies of Science*, V. 12, N° 1, 1982.

- KNORR-CETINA, Karin. *Epistemic cultures: how the science make knowledge*. Havard University press, 1999.
- KNORR-CETINA, Karin. *La fabricación del conocimiento: un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciência*. Bernal: Universidade Nacional de Quilmes, 2005.
- KNORR-CETINA, Karin. Producing and reproducing knowledge: descriptive or constructive? *Social science information*, V. 16, 1977.
- KNORR-CETINA, Karin. The micro-sociological challenge of macro-sociology: towards a reconstruction of social theory and methodology. In: KNORR-CETINA, Karin; CICOUREL, Aaron V. *Advances in social theory and methodology : toward an integration of micro-and macro-sociologies*. Boston : Routledge & Kegan Paul, 1981.
- KNORR-CETINA, Karin; CICOUREL, Aaron V. *Advances in social theory and methodology : toward an integration of micro-and macro-sociologies*. Boston : Routledge & Kegan Paul, 1981.
- KORNBERG, Arthur. *La hélice de oro - aventuras biotecnológicas: el recorrido de la ciencia a los negocios*. Bernal, Argentina: Universidad Nacional de Quilmas, 2001.
- KUHN, Thomas. 2006. *O caminho desde a estrutura: ensaios filosóficos, 1970-1993*. São Paulo: UNESP.
- KUHN, Thomas. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1995.
- LATOUR, Bruno. *Jamais fomos modernos*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1994.
- LATOUR, Bruno. *A esperança de Pandora*. Bauru, SP: EDUSC, 2001.
- LATOUR, Bruno. *Ciência em ação*. São Paulo: UNESP, 2000.
- LATOUR, Bruno. Give me a laboratory and I will raise the wourd. In: BIAGIOLI, Mario (ed.). *The science studies reader*. New York: Routledge. 1999.
- LATOUR, Bruno. *Reesamblar lo social*. Buenos Aires: Manantial, 2008.
- LAW, John. Technology and heterogeneous engineering: the case of Portuguese expansion. In: BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds.). *The social construction of technological systems*. Massachusetts: MIT Press, 1987.
- LEIBNIZ, Gottfried W. *Monadología*. Oviedo: Pentalfa Ediciones, 1981.
- LEITE, Marcelo. *Promessas do genoma*. São Paulo: UNESP, 2007.
- LENOIR, Timothy. *Instituting science*. Stanford: Stanford University press, 1997.

- LEYDESDORFF, Loet. Luhmann, Habermas, and the theory of communication. *Systems Research and Behavioral Science*, V. 17, N° 3, 2000.
- LUHMANN, Niklas & DE GEORGI, Raffaele. *Teoria de la sociedad*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, 1993.
- LUHMANN, Niklas. *La ciencia de la sociedad*. México, D. F.: Antrhopos, 1996a.
- LUHMANN, Niklas. *La sociedad de la sociedad*. México: Iberoamericana/ Herder, 2007.
- LUHMANN, Niklas. *Social Systems*. Stanford CA: Stanford University Press, 1995.
- LUHMANN; Niklas. *A improbabilidade da comunicação*. Lisboa: Veja, 2001.
- LUHMANN; Niklas. *Introducción a la teoría de sistemas*. México D. F.: Antrhopos, 1996b.
- LUHMANN; Niklas. Por que uma “teoria dos sistemas”? In: NEVES, Clarissa E. B. & SAMIOS, Eva M. B. *Niklas Luhmann: A nova teoria dos sistemas*. Porto Alegre: Ed, UFRGS/Goethe-Institut, 1997.
- LUHMANN; Niklas. *Sistemas sociales: lineamientos para una teoria general*. Barcelona: anthropos; México: Universidade Iberoamericana; Santafé de Bogotá: CEJA, 1998.
- MACIEL, Maria Lúcia. Hélices, sistemas, ambientes e modelos. Os desafios à sociologia da Inovação. *Sociologias*. Porto Alegre, V. 1, N° 1, 2001
- MALAJOVICH, Maria Antônia M. de. *Biotechnologia*. Bernal – Argentina: Universidade Nacional de Quilmes, 2006.
- MANNHEIM, Karl. *Sociologia do conhecimento (v.1)*. Porto: RÉS-Editora, 2001
- MANSFIELD, Edwin. *The economics of technological change*. New York: W.W. Norton & Company, Inc., 1968.
- MARRAMAIO, Giacomo. *Poder e secularização: as categorias do tempo*. São Paulo: Editora UNESP, 1995.
- MARTÍNEZ, Gustavo B. Introducción a la monadología de leibnez. In: LEIBNIZ, Gottfried W. *Monadología*. Oviedo: Pentalfa Ediciones, 1981.
- MATTEDI, Marcos. *Sociologia e conhecimento*. Chapecó: Argos, 2006.
- MATURANA, Humberto & FRANCISCO, Varela. *De máquinas e seres vivos: autopoiese - a organização do vivo*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- MATURANA, Humberto. “O que é ver?” In: MAGRO, Cristina; GRACIANO, Miriam; VAZ, Nelson. *A ontologia da realidade*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1983.
- MAY, Tim. Transformations in Academic Production Content, Context and Consequence. *European Journal of Social Theory*, V.8, N° 2, 2005.

- MAZZUCATO, Mariana; DOSI, Giovanni (eds). *Knowledge accumulation and industry evolution: The Case of Pharma-Biotech*. New York: Cambridge University Press, 2006.
- MERTON, R. K., "Os imperativos institucionais da ciência". In: DEUS, Jorge Dias de (org.). *A crítica da ciência: sociologia e ideologia da ciência*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979.
- MERTON, Robert K. *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*. Madrid – Espanha: Alianza Editorial, 1984.
- MERTON, Robert K. *Sociología de la ciencia I*. Madrid: Aliança editorial, 1985.
- MIROWSKI, Philip e VAN HORN, Robert. The Contract Research Organization and the Commercialization of Scientific Research. In: *Social Studies of Science*, V.35, N° 4, 2005.
- MISA, Thomas J. 2003. The Compelling Tangle of Modernity and Technology. In: MISA, Thomas J., BREY, Philip; FEENBERG, Andrew (Eds.). *Modernity and technology*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
- MOREL, Regina L. de M. *Ciência e Estado: a política científica no Brasil*. São Paulo: T. A. Queiroz, 1979a.
- MOREL, Regina L. de M. *A pesquisa científica e seus condicionamentos sociais*. Rio de Janeiro: Achiamé, 1079b.
- MÜNCH, Richard. A teoria parsoniana hoje: a busca de uma nova síntese. In: GIDDENS, Anthony; TURNER, Jonathan. *Teoria social hoje*. São Paulo: UNESP, 1999.
- NAFARRATE, Javier Torres. “Nota a la versión en español”. In: LUHMANN, Niklas & DE GEORGI, Raffaele. *Teoria de la sociedad*. Guadalajara: Universidad de guadalajara, 1993.
- NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2005.
- NEVES, Clarissa E. B. e NEVES, Fabrício M. O que há de complexo no mundo complexo. *Sociologias*. Porto Alegre, V. 1, N° 1, 2006.
- NEVES, Clarissa E. B. Universidade e a institucionalização da pesquisa: reflexões sobre uma experiência. *Revista de sociologia*, Porto alegre, 1998.
- NEVES, Marcelo. *Entre Têmis e o Leviatã: uma relação difícil: o Estado Democrático de Direito a partir e além de Luhmann e Habermas*. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- NEVES, Marcelo. From the autopoiesis to the alopoiesis of law. *Jornal of law and society*, V 28, N° 2, 2001.

- NEWELL-MCGLOUGHLIN, Martina; RE, Edward. *The Evolution of Biotechnology: From Natufians to Nanotechnology*. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2006.
- NIGHTINGALE, Paul; MARTIN, Paul. The myth of the biotech revolution. *Trends in Biotechnology*. Vol.22, No.11, 2004, págs. 564-569.
- NOWOTNY, Helga, SCOTT, peter e GIBBONS, Michael. *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*. London: Polity Press with Blackwell Publishers.2001
- NUNES, João A. 2001. Laboratórios, escalas e medições na investigação biomédica. A oncologia entre o global e o local. In: NUNES, João A.; GONÇALVES, Maria E. *Enteados de Galileu? A semiperiferia no sistema mundial da ciência*. Porto, PT: Edições Afrontamento.
- OLIVEIRA, Bernardo J. de. *Francis Bacon e a fundamentação da ciência como tecnologia*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.
- PARSONS, Talcott. “O conceito de sistema social”. In: CARDOSO, F. H. & IANNI, O. *Homem e sociedade*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1976.
- PARSONS, Talcott. *O sistema das sociedades modernas*. São Paulo: Pioneira: 1974.
- PARSONS, Talcott. *The structure of social action*. Toronto, Ontario: Cullier – Macmillan, 1966.
- PARSONS, Talcott; SHILS, Edward (eds.) *Toward a general theory of action*, New York: Harper & Row, 1951.
- RODRIGUES, Léo Peixoto. *Introdução à sociologia do conhecimento, da ciência e do conhecimento científico*. Passo Fundo: UPF Editora, 2005.
- POSSAS, Cristina de A. Biotecnologia: perspectivas internacionais. In: BORÉM, Aloízio. *Alimentos geneticamente modificados*. Viçosa: publicado pelo editor, 2003.
- POWELL, Walter W. e SNELLMANN, Kaisa. The knowledge economy. *Annual reviews of sociology*. V. 30, 2004.
- PREMEBIDA, Adriano. *As biotecnologias e a politização da vida*. Porto Alegre: UFRGS, Tese de doutorado, 2008.
- PRICE, Derek de Solla. *A ciência desde a babilônia*. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1976.
- PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo: Editora UNESP, 1996.

- QUERALTÓ, Ramón. *Ética, tecnología y valores em la sociedad global*. Madrid: Editorial Tecnos, 2003.
- RABINOW, Paul *Antropologia da razão*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002.
- RIBEIRO, Adélia M. e NEVES, Fabrício M. A conformação dos grupos de pesquisa em biotecnologia da cana de açúcar na região norte-fluminense: a perspectiva do novo sistemismo. *Ciências sociais - Unisinos*, V. 41, 2005.
- RIP, Arie. 2003. Modernity and Technology—An Afterword. In: MISA, Thomas J., BREY, Philip; FEENBERG, Andrew (Eds.). *Modernity and technology*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
- RORTY, Richard. *Philosophy and the mirror of nature*. Princeton, New Jersey: Princeton University press, 1979.
- RORTY, Richard. *Consequences of pragmatism*. Minneapolis: University of minnesota press, 1982.
- ROSSI, Paolo. *O nascimento da ciência moderna na Europa*. Bauru, SP: EDUSC, 2001.
- RUSSO, Salvatore. The concept of matter in Leibniz. *The Philosophical Review*. V. 47, Nº 3, pags. 275-292, 1938.
- RUSE, Michael. *La filosofía de la biología*. Madrid: Alianza Editorial, 1990.
- SANTOS, Laymert Garcia. Desencontro ou “malencontro”? *Novos estudos*, N º78, julho, 2007.
- SCHATZKI, Theodore; KNORR-CETINA, Karin; SAVIGNY, Eike V (Eds.). *The practice turn in contemporary theory*. London; New York: Routledge, 2001.
- SCHWARTZMAN, Simon. *Formação da comunidade científica no Brasil*. São Paulo: Ed. Nacional; Rio de Janeiro: FINEP, 1979.
- SHAPIN, Steve. *A revolução científica*. Miraflores – Portugal: DIFEL.1999.
- SHAPIN, Steven. “Here and everywhere: sociology of scientific knowledge.” *Annual review of sociology*, vol. 2, 1, 1995a.
- SHAPIN, Steven. *A social history of truth*. Chicago: Chicago Press, 1995b.
- SHAPIN, Steven; SCHAFFER, Simon. *El Leviathan y la bomba de vacío: Hobbes, Boyle y la vida experimental*. Bernal – Argentina: Universidad nacional de Quilmes, 2005.
- SHINN, Terry. The Triple Helix and New Production of Knowledge: Prepackaged Thinking on Science and Technology. *Social Studies of Science*, V. 32, Nº 4, 2002.
- SICSÚ, Abrahan B.; ROSENTHAL, David. Apresentando um texto paradigmático. *Revista brasileira de inovação*, vol. 5, nº 1, 2006.

- SILVEIRA, C.A. 2005. *Significados sociais das biotecnologias: interesses e disputas em torno dos organismos geneticamente modificados (OGMs) no Rio Grande do Sul*. (Dissertação de Mestrado) Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural.
- SILVEIRA, Cristiane Amaro; ALMEIDA, Jalcione. Biossegurança e democracia: entre um espaço dialógico e novos fundamentalismos. *Sociedade e Estado*, V. 20, N. 1, 2004.
- SIMMEL, Georg. *The sociology of georg Simmel*. Glencoe, Illinois: The Free Press, 1950.
- SLINGH, Baldey. 1975. A transferência de tecnologia de países desenvolvidos para países em desenvolvimento. In: TABAK, Fanny (Org.). *Dependência tecnológica e desenvolvimento nacional*. Rio de Janeiro: Palas.
- SOROKIN, Pititim A. *Novas teorias sociológicas*. Porto Alegre: Editora Globo; São Paulo: EDUSP, 1969.
- STEHR, Nico. *Knowledge societies*. London: SAGE, 1994.
- STICHWEH, Rudolf. Science in the system of world society. *Social science information* 35, 1996, 327 – 340.
- STOKES, Donald. *O quadrante de Pasteur*. Campinas: Editora Unicamp, 2005.
- STRAUSS, Anselm; CORBIN, Juliet. *Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada*. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- SUTZ, Judith. The university–industry–government relations in Latin America. *Research Policy*, V. 29, 2000.
- TABAK, Fanny (Org.). *Dependência tecnológica e desenvolvimento nacional*. Rio de Janeiro: Palas, 1975.
- TASKI, Alfred. A concepção semântica da verdade e os fundamentos da semântica. In: TASKI, Alfred. *A concepção semântica da verdade: textos clássicos de Taski*. São Paulo: UNESP, 2007.
- TEUBNER, Gunther. *Direito, sistema e policontextualidade*. Piracicaba: Editora UNIMEP, 2005.
- TRIGUEIRO, Nichelangelo G. S. A comunidade científica, o Estado e as universidades do atual estágio de desenvolvimento científico tecnológico. *Sociologias*. Porto Alegre, V. 1, Nº 1, 2001.
- TRIGUEIRO, Nichelangelo G. S. *O clone de Prometeu. A biotecnologia no Brasil: uma abordagem para a avaliação*. Brasília: Editora UNB, 2002.

- TRUTE, Hans-Heinrich. Democratizing Science: Expertise and Participation in Administrative Decision-Making. In: NOWOTNY, Helga; PESTRE, Dominique; SCHMIDT-ABMANN, Eberhard; SCHULZE-FIELITZ, Helmuth; TRUTE, Hans-Heinrich. *The public nature of science under assault: Politics, markets, science and the law*. Berlin – Heidelberg: Springer, 2005.
- VAN DEN BELT, Henk; RIP, Arie. The Nelson-Winter-Dosi model and synthetic Dye Chemistry. In: BIJKER, Wieber; HUGUES, Thomas; PINCH, Trevor (Eds.). *The social construction of technological systems*. Massachusetts: MIT Press, 1989.
- WALERSTEIN, Immanuel. *Impensar a Ciência social: Os limites dos paradigmas do século XIX*. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2006.
- WEBER, Max. *A ética protestante e o espírito do capitalismo*. São Paulo: Cia. Das letras, 2004.
- WILSON, Edward O. *Da natureza humana*. São Paulo: T. A. Queiroz/ EDUSP, 1981.
- WOLFF, Kurt H. Introduction. In: SIMMEL, Georg. *The sociology of georg Simmel*. Glencoe, Illinois: The Free Press, 1950.
- WRIGHT, Susan; WALLACE, David A. Varieties of secrets and secret varieties: the case of biotechnology. In: REPPY, Judith (ed.). *Secrecy and Knowledge Production*. Ithaca, NY: Cornell University, págs 105-131, 1999
- ZARUR, George de C. L. 1994. *A arena científica*. Campinas: Autores associados; Brasília: FLACSO.
- ZATZ, Mayana. Ética: da clonagem aos testes genéticos. In: BORÉM, Aluizio; SANTOS, Fabrício R. dos; ALMEIDA, Márcia Rogéria de. *Biotecnologia de A a Z*. Viçosa: Editado pelos autores, 2003.
- ZILSEL, Edgar. The Sociological Roots of Science. *Social Studies of Science*, V. 30, N° 6, 2000.

## DOCUMENTOS

BIOMINAS. *Biotecnologia no Brasil*. 2009. Disponível em: <<http://win.biominas.org.br/biominas2008/content7.asp?id=91&versao=1&template=7&menu=1&area=4>>. Acesso em: 30 de março de 2009.

BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Livro branco: ciência, tecnologia e inovação*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. 2008a. *Indicadores consolidados*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/2068.html>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Ciência, Tecnologia e inovação para o Desenvolvimento Nacional - Plano de Ação 2007-2010*. 2007. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/66226.html>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Produção científica*. 2008b. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/8508.html>>. Acesso em: 08 de dezembro de 2008.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Decreto nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007. 2007.0 Institui a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm)>. Acesso em: 12 de março de 2008.

COMMITTEE ON MAPPING AND SEQUENCING THE HUMAN GENOME, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Mapping and sequencing the human genome*. Washington, D.C: National Academy Press, 1988. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/1097.html>>. Acesso em 10 de outubro de 2008.

JAMES, Clive. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. ISAAA Brief No.39*. New York: Ithaca, NY.

Lei de Biossegurança, número 11.105, de 24 de março de 2005

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *Converging Technologies for Improving Human Performance*. Arlington, Virginia, 2002. Disponível em:

<[http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/1/NBIC\\_report.pdf](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/1/NBIC_report.pdf)>. Acesso em 09 de fevereiro de 2009.

OECD. *Science, technology and industry: outlook 2008*. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sri/outlook>>. Acesso em 05 de dezembro de 2008.

## REPORTAGENS

BORBA, Eduardo. *Brasil produzirá medicamentos 100% nacionais*. PUCRS informação. Porto Alegre: N 130, julho-agosto, 2006

D'AQUINO, Rita. *Fortifying plants through biotechnology*. Disponível em: <[www.cepmagazine.org](http://www.cepmagazine.org)>. Acesso em: 02 de outubro, 2002.

FIORAVANTI, Carlos. *Noites mal dormidas*. *Pesquisa FAPESP*, abril, 2009.

MARCOLIN, Neldson. *Esper Abrão Cavalheiro*. *Pesquisa FAPESP*, especial, Abril – setembro, 2008.

MARQUES, Fabrício. *Risco premiado*. *Pesquisa FAPESP*, nº 154, Dezembro, 2008.

MOREL, Carlos. *Doenças da exclusão*. Disponível em: <[www.agencia.fapesp.br/materia/7850/entrevistas/doencas-da-exclusao.htm](http://www.agencia.fapesp.br/materia/7850/entrevistas/doencas-da-exclusao.htm)>. Acesso em: 05 de Outubro, 2007.

## **Entrevista semi-estruturada com líderes de grupo de pesquisa**

### **Trajatória**

- 1- Descreva sua trajetória acadêmica (projetos, temas, pesquisas, área de atuação)

### **Grupo**

- 1- Descreva a criação de seu grupo de pesquisa
- 2- Quais dificuldades enfrentaram?
- 3- Quais as pesquisas em andamento?

### **Temas**

- 1- Quais critérios orientam a criação de projetos e temas novos?
- 2- Como são incorporadas novas linhas de pesquisa?
- 3- Por que biotecnologia?
- 4- Por que a temática específica?
- 5- Descreva o grupo.
- 6- Como os pares participam do desenvolvimento do grupo?
- 7- Como a biossegurança participa em seu grupo?
- 8- O que faz para conseguir financiamento?
- 9- Qual a participação dos agentes financiadores?
- 10- Você se orienta pelas diretrizes da política científica e tecnológica?
- 11- De que forma?
- 12- Quais resultados se esperam?
- 13- Como os resultados serão utilizados?
- 14- Qual a importância dos resultados?