



Numero: 164/2006

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

Mariana Selva Versino

**ANÁLISE SÓCIO-TÉCNICA DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE
TECNOLOGIAS INTENSIVAS EM CONHECIMENTO EM PAÍSES
SUBDESENVOLVIDOS. A TRAJETÓRIA DE UMA EMPRESA NUCLEAR E
ESPACIAL ARGENTINA (1970-2005).**

Tese apresentada ao Instituto de Geociências como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Doutor em Política Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Hernán Thomas

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto - 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP

Bibliotecário: Helena Joana Flipsen – CRB-8ª / 5283

Versino, Mariana Selva.

V615a Análise sócio-técnica de processos de produção de tecnologias intensivas em conhecimento em países subdesenvolvidos : a trajetória de uma empresa nuclear e espacial argentina (1970-2005) / Mariana Selva Versino. -- Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: Hernán Eduardo Thomas.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Inovações tecnológicas. 2. Tecnologia nuclear.
3. Pesquisa espacial. 4. Gestão do conhecimento.
5. Tecnologia - Aspectos sociais. I. Thomas, Hernán Eduardo.
II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Título e subtítulo em inglês: Sociotechnical analysis of knowledge-intensive technologies production processes in underdeveloped countries: the case of an Argentinean nuclear and space company (1970-2005).

Palavras-chave em inglês (Keywords): Technological innovations, Nuclear technology, Astronautical research, Knowledge management, technology - Social aspects.

Área de Concentração: Política Científica e Tecnológica.

Titulação: Doutor em Política Científica e Tecnológica.

Banca examinadora: Hernán Eduardo Thomas, Diego Hurtado de Mendoza, Helena Maria Martins Lastres, Lesa Maria Leme Strini Velho, Renato Peixoto Dagnino.

Data da Defesa: 28-08-2006.



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

AUTORA: Mariana Selva Versino

ORIENTADOR: Prof. Dr. Hernán Eduardo Thomas

Aprovada em: 28 / 08 / 2006

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Hernán Eduardo Thomas	_____ Presidente
Prof. Dr. Diego Hurtado de Mendoza	_____
Profa. Dra. Helena Maria Martins Lastres	_____
Profa. Dra. Léa Maria Leme Strini Velho	_____
Prof. Dr. Renato Peixoto Dagnino	_____

Campinas, 28 de agosto de 2006.

Ao Juan Carlos e à Ninfa

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao orientador desta tese, Hernán Thomas, pelo profissionalismo e dedicação com que acompanhou este trabalho.

Um agradecimento especial ao Renato Dagnino pelo afetuoso apoio com que acompanhou minha estadia no Brasil e pelos ensinamentos não deliberados, que imparte na sua contínua luta por não nos permitir esquecer “o importante”, no meio de tantas digressões sem sentido que nos propõe a Academia.

Aos professores do DPCT: Sandra Brisolla, Newton Pereira, Léa Velho, André Furtado, Sergio Salles, Beatriz Bonacelli pela cordialidade e a boa disposição que a todo momento me transmitiram. Um agradecimento particular a Leda de Gitahy cuja iniciativa permitiu que a minha passagem pelo Brasil não tenha sido tão só fugaz.

Às funcionárias do Instituto Valdirene, Adriana e Edinalva por facilitar as tarefas que a burocracia se empenha em nos fazer sofrer, com uma eficiência e carinho irrepreensíveis.

Aos meus colegas do Programa: Rubia, Simone, Claudenício, Sérgio Paulino, Henrique, Rogério, Rodrigo e muitos outros de quem, por não nomear, só espero as suas reclamações... por muitas diferentes e boas razões. Muito especialmente ao Rafael e à Solange pela paciente tarefa de corrigir a minha inicial versão da tese em portunhol.

Às amigas e amigos entranháveis... os que estão aí desde antes, os que surgiram durante... os que me mostraram de múltiplas e até insuspeitas maneiras que não existem fronteiras nem distancias para o afeto: estarei aí com vocês como vocês têm estado comigo no Brasil, Argentina ou onde seja que se encontrem, sempre.

Argentina: um outro capítulo...

O meu profundo agradecimento a Elsa Laurelli que viabilizou a minha estadia no Brasil e a continuidade futura na Argentina, com uma generosidade e compreensão difíceis de encontrar neste meio.

Ao Directório da empresa *INVAP S.E.* que autorizou a realização desta investigação e aos profissionais que participaram das extensas entrevistas realizadas. Um agradecimento particular ao Tomás Buch pela leitura minuciosa de uma versão preliminar do texto.

Aos colegas da Universidade de Quilmes, em particular a Alberto Lalouf, que também cotribuiuram com este trabalho.

Mais do que especialmente à minha família que, em momentos difíceis, conseguiu fazer com que as distancias não existessem e que gerou os laços que permitiram chegar até o final com alegria.

Este trabalho contou com financiamento da CAPES no Brasil e o *CONICET*, a *Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica* e a *Fundación Antorchas* na Argentina.

SUMÁRIO

Índice de Figuras e Gráficos.....	xiii
Índice de Quadros.....	xiii
Índice de Boxes	xiv
Lista de Siglas	xiv
Resumo	xvi
Abstract	xvii

Introdução

1. O problema	1
2. Objetivos	5
2.1. Objetivos gerais	5
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. Justificativa.....	6
4. O caso selecionado.....	8
5. Os próximos capítulos... ..	11

Capítulo 1 – Estado da questão: as diferentes abordagens analíticas e seus objetos de estudo

1.1. Introdução: os estudos sociais sobre produção de conhecimentos científicos e tecnológicos na América Latina	12
1.2. Os trabalhos realizados desde o marco analítico da economia: aprendizagem “adaptativa” e incremental	14
1.2.1. Análises agregadas e setoriais	14
1.2.2. Estudos de caso	18
1.3. A análise ideológica e de políticas	24
1.4. O enfoque sociológico na análise de tecnologias intensivas em conhecimento.....	26
1.5. Considerações finais	28

Capítulo 2 – Acerca das ferramentas teórico-metodológicas utilizadas: a construção do *framework* analítico

2.1. Introdução	29
2.2. Acerca do porque da seleção de uma abordagem sócio-técnica e da triangulação teórica realizada	31
2.2.1. Com relação ao objetivo da pesquisa	31

2.2.2. Com relação ao objeto da pesquisa	32
2.2.3. Acerca da triangulação teórica realizada	35
2.3. Uma definição preliminar do objeto de estudo	35
2.3.1. Uma “definição genérica” do objeto: a noção subjacente de tecnologia.....	36
2.3.2. Uma “definição específica” do objeto: as tecnologias intensivas em conhecimento	38
2.4. O <i>framework</i> analítico desenvolvido	40
2.4.1. A reconstrução analítica em termos sócio-técnicos: principais categorias, sua definição e alcance explicativo	41
2.4.1.1. As noções de ‘trajetória’ e ‘dinâmica sócio-técnica’	44
2.4.1.2. As noções de ‘ensamblagem sociotécnica’ e ‘marco tecnológico’	50
2.4.1.3. As noções de ‘estilo tecnológico’ e ‘estilo sócio-técnico’	51
2.4.2. A dinâmica das relações entre elementos heterogêneos.....	52
2.4.2.1. A noção de ‘co-evolução’	52
2.4.2.2. A análise estratégico-relacional	53
2.4.2.3. A noção de ‘enraizamento’/ <i>embeddedness</i>	54
2.4.3. A reconstrução analítica conforme dimensões e níveis de análise.....	54
2.4.3.1. A dimensão econômica: a ‘inovação’ como processo acumulativo e interativo.....	56
2.4.3.1.1. A inovação como processo acumulativo: a noção de ‘trajetória tecnológica’ e a sua <i>path dependence</i>	58
2.4.3.1.2. A inovação como processo interativo: as relações ‘fornecedor-produtor’ e ‘produtor-usuário’	60
2.4.3.1.3. Acerca dos “fatores” macro, meso e micro econômicos como determinantes da mudança tecnológica: a visão neoclássica, a crítica evolucionista e a perspectiva adotada na tese	60
2.4.3.1.4. O nível micro da análise: a “racionalidade econômica” dos atores	62
2.4.3.1.5. O nível meso de análise: os ‘regimes tecnológicos setoriais’	63
2.4.3.1.6. O nível macro de análise: os ‘regimes sociais de acumulação’	63
2.4.3.2. A dimensão organizacional: o enfoque subjacente.....	64
2.4.3.2.1. Acerca dos níveis macro, meso e micro na dimensão organizacional	66
2.4.3.2.2. O nível micro de análise: a noção de ‘rotina’ e as formas organizacionais intra-firma	67
2.4.3.2.3. O nível meso de análise: as relações interinstitucionais	68
2.4.3.2.4. O nível macro de análise: os sistemas de regulação sócio-institucionais	69
2.4.3.3. A dimensão cognitiva: o enfoque subjacente.....	70

2.4.3.3.1. Os distintos tipos de tecnologias e conhecimentos.....	71
4.3.3.2. A noção de ‘conhecimento tácito’	72
2.4.3.3.3. A noção de ‘conhecimentos genéricos’ e os ‘regimes de pesquisa científica e tecnológica’	73
2.4.3.3.4. As distintas variantes da ‘aprendizagem’	74
2.4.3.3.5. A noção de ‘capacidade de absorção’	75
2.4.3.3.6. A noção de ‘resignificação de tecnologias’	75
2.4.3.4. A dimensão espaço-territorial: o enfoque subjacente	76
2.4.3.4.1. O nível micro de análise: a manifestação espacial das rotinas dos atores	78
2.4.3.4.2. O nível meso de análise: a manifestação espacial das relações interorganizacionais e interinstitucionais	79
2.4.3.4.3. O nível macro de análise: os horizontes espaço-temporais e a noção de ‘sistemas nacionais de inovação’	79
2.4.3.5. A dimensão política: a política como processo	80
2.4.3.5.1. O nível de análise macro: os ‘regimes políticos de governo’ e as ‘políticas implícita e explícita de C&T’	81
2.4.3.5.2. O nível meso de análise	82
2.4.3.5.3. O nível micro de análise: as “micropolíticas” dos atores.....	82
2.4.3.6. A dimensão ideológica: a ideologia como processo.....	82
2.4.3.6.1. O nível micro de análise: a racionalidade ideológica dos atores	83
2.4.3.6.2. O nível meso de análise: a noção de ‘ideologema’	84
2.4.3.6.3. O nível macro de análise: as “ideologias dominantes”	84
2.5. Implicações metodológicas do <i>framework</i> analítico selecionado: acerca dos procedimentos utilizados para a sua aplicação	85
2.6. Acerca da metodologia, o trabalho de campo e a forma de apresentação dos resultados.....	87

Capítulo 3 - Descrição do caso: a trajetória sócio-técnica da empresa INVAP S.E.

3.1. Introdução	91
3.2. Fases da trajetória sócio-técnica analisadas.....	93
3.2.1. Fase I (1971/1976) Antecedentes: o <i>Programa de Investigaciones Aplicadas</i> do <i>Centro Atómico Bariloche</i> (CAB) da <i>Comisión Nacional de Energía Atómica</i> (CNEA)	94
3.2.2. Fase II (1976/1984) Conformação da firma: contratada do Estado (Plano Nuclear Argentino)	99
3.2.3. Fase III (1984/1988) Reorientação de objetivos: inserção no mercado internacional	106
3.2.4. Período 1989/1991: Crise profunda	112

3.2.5. Fase IV (1992 – 2005) Recuperação e diversificação: abertura da Área Espacial	114
3.3. Elementos da trajetória sócio-técnica analisados conforme dimensões e diferentes níveis de análise	120
3.3.1. A dimensão econômica	120
3.3.1.1. Evolução tecno-produtiva	120
3.3.1.2. Evolução financeira da firma	123
3.3.1.3. Evolução da estratégia de produção (<i>in house</i> vs. <i>outsourcing</i>) e de seleção de fornecedores	125
3.3.1.4. Evolução do <i>mix</i> de produção: diversificação vs. especialização produtiva	127
3.3.1.5. Tipos de mercado e evolução da carteira de clientes (nacional vs. estrangeiro).....	128
3.3.2. A dimensão organizacional	132
3.3.2.1. O nível de análise intrafirma: a estrutura organizativa formal... do “oculto” ao explícito	132
3.3.2.2. A estrutura organizativa “de fato” da firma: a organização do trabalho em base à “PT’s”	136
3.3.2.3. Direção, gerenciamento e tomada de decisões.....	139
3.3.2.4. Política de recursos humanos	142
3.3.2.4.1. Evolução da quantidade de pessoal	142
3.3.2.4.2. Perfil profissional e antiguidade do pessoal	145
3.3.2.4.3. Distribuição do pessoal conforme gerências	147
3.3.2.4.4. Capacitação, formação e cooptação de recursos humanos.....	149
3.3.2.4.5. Salários e bônus de participação nos lucros	150
3.3.2.5. O nível interinstitucional	152
3.3.3. A dimensão cognitiva	153
3.3.3.1. Circulação de informação e conhecimentos a nível intrafirma	153
3.3.3.2. Aprendizagens interativas: relações com instituições estatais de P&D	154
3.3.3.3. Aprendizagens interativas: relações usuário/produtor e produtor/fornecedor	155
3.3.3.4. Estilo de produção de conhecimentos: ressignificação de tecnologias, reutilização de capacidades, regime transversal de produção de conhecimentos	157
3.3.3.5. Tipo e operatoria de produção de conhecimentos dominante: conhecimentos genéricos e dinâmica <i>problem solver</i> para a geração de soluções não estandardizadas “à medida do cliente”	160
3.3.3.6. Patentes e apropriabilidade dos conhecimentos	164
3.3.4. A dimensão espaço-territorial	165
3.3.4.1. O espaço desde o nível de análise meso/macro	165

3.4.2. O espaço desde um nível de análise micro ou intrafirma	168
3.3.5. A dimensão ideológica	169
3.3.5.1. 1º. Momento (1971/84 – Fases I e II) Tecno-nacionalismo estado-dependente	170
3.3.5.2. 2º. Momento (1985/91 – Fase III) Pragmatismo mercado-dependente orientado à sobrevivência	172
3.3.5.3. 3º. Momento (1992/2004 – Fase IV) Pragmatismo “empresarial” orientado à busca de novos negócios	173
3.3.6. A dimensão política	176
3.3.6.1. Políticas explícitas e implícitas de C&T	176
3.3.6.2. As políticas institucionais e a micropolítica dos atores.....	177

Capítulo 4 – Análise do caso: uma trajetória sócio-técnica de desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento no marco das dinâmicas sócio-técnicas que caracterizaram o sistema nacional de inovação argentino (1970-2005)

4.1. Dinâmicas e trajetórias sócio-técnicas: co-evolução, processos de auto-organização e causalidades múltiplas	179
4.1.1. A dimensão econômica em primeiro plano	182
4.1.1.1. Dinâmica econômica sistêmica e crise da firma	182
4.1.1.2. Dinâmicas sócio-técnicas e estratégias tecno-produtivas	184
4.1.1.3. Tipo de mercado e estratégia de sobrevivência da firma	185
4.1.1.4. Estratégia “ofertista” vs “ <i>demand pull</i> ” conforme dinâmica sócio-técnica	187
4.1.2. A dimensão política em primeiro plano	188
4.1.2.1. Relações políticas internacionais, orientações dos governos locais e suas consequências para o desenvolvimento da trajetória sócio-técnica analisada	188
4.1.2.2. Regimes políticos de governo e estratégia micro-política dos atores....	190
4.1.2.3. Estrutura normativa do SNI, estilo de funcionamento do Estado argentino e estratégia micro-política dos atores	191
4.1.2.4. Políticas explícitas de C&T e a sua influência na trajetória analisada.....	192
4.1.2.5. O papel do Estado em primeiro plano ao longo da trajetória considerada	193
4.2.5.1. Os múltiplos papéis do ator estatal.....	193
4.2.5.2. Relações contratuais “enraizadas”	195
4.2.5.3. Dinâmicas sócio-técnicas e mudanças no rol estatal	196
4.1.3. A dimensão ideológica em primeiro plano	197

4.1.3.1. Ideologias dominantes conforme dinâmica sócio-técnica e mudanças no conteúdo dos ideogramas e a auto-percepção do empreendimento por parte dos atores	197
4.1.4. A dimensão espaço-territorial em primeiro plano	199
4.1.4.1. Miudanças nos horizontes espaço-temporais conforme dinâmica sócio-técnica	199
4.1.4.2. Localização “periférica”, mercados de países subdesenvolvidos e criação de filiais no exterior	200
4.1.4.3. A localização espaço-territorial da iniciativa: sua dimensão simbólica e suas conseqüências para o estilo de produção de conhecimentos tecnológicos....	201
4.1.4.4. A condição periférica (re)criada no micro-acionar dos atores.....	203
4.1.5. A dimensão artefactual e praxica em primeiro plano.....	205
4.1.5.1. A busca orientada ao desenvolvimento do produto final	205
4.1.5.2. A ideia de “fechar o ciclo do produto” como adaptação às características do sistema local e nacional de inovação	205
4.1.5.3. A noção de “tecnologias críticas” e suas conseqüências para as estratégias tecno-produtivas conforme dinâmicas sócio-técnicas e “maturidade” da tecnologia.....	206
4.1.5.4. A noção de ‘tecnologia à medida’	208
4.1.5.5. O “objeto tecnologia” como conhecimento único de múltiplas aplicações	208
4.1.6. A dimensão cognitiva em primeiro plano.....	209
4.1.6.1. Regime transversal de produção de conhecimentos, resignificação de tecnologias e estratégias tecno-produtivas adequadas ao tipo de produto, escala de exemplares únicos e necessidades dos clientes	209
4.1.6.2. Práticas de produção de conhecimentos e ‘economias de escala’	209
4.1.6.3. Processos de aprendizagem interativos segundo dinâmica sócio-técnica	210
4.1.6.4. A utilização do sistema de patentes como mecanismo de proteção e indicador <i>proxy</i> da realização de “inovações”	211
4.1.7. A dimensão organizacional em primeiro plano	212
4.1.7.1. Capacidade de gerenciamento de projetos complexos e estrutura organizativa <i>ad-hoc</i> adaptada à flexibilidade exigida pelas diferentes dinâmicas sócio-técnicas	212
4.1.7.2. Estilo de produção de conhecimentos por “fertilização cruzada” de projetos, organização sob a modalidade de PT’s e política de recursos humanos.....	213
4.1.7.3. Organização <i>ad hoc</i> auto-organizada conforme dinâmica sócio-técnica..	214
4.1.7.4. Metas e tipo de trabalho da organização	215
4.1.8. Marcos tecnológicos e estilos sócio-técnicos de produção de tecnologias..	216
4.1.9. Ensamblagens e dinâmicas sociotécnicas.....	221

Capítulo 5 – Conclusões gerais

5.1. Introdução	224
5.2. O caso analisado à luz das perguntas iniciais da pesquisa	226
5.3. Os desenvolvimentos tecno-produtivos intensivos em conhecimento no âmbito latino-americano.....	233
5.3.1. Tecnologia e lógica de produção capitalista	233
5.3.2. O Estado no início, o desenvolvimento, a continuidade... (e o fim?)	234
5.3.3. INVAP S.E. e a criação da suas próprias condições de sustentabilidade	237
5.3.4. Seqüência evolutiva de produção e venda de tecnologias conforme mercados.....	238
5.3.5. Tipos de produtos e tipos de mercados	240
5.3.6. Tipos de conhecimentos envolvidos nos desenvolvimentos e <i>mix</i> de produção.....	241
5.3.7. A figura dos “guerrilheiros tecnológicos” desde o lado da produção.....	242
5.3.8. A periferia (re)produzida: do sonho autonomista à inserção no mercado internacional.....	243
5.4. Acerca de questões teórico-metodológicas	247
5.4.1. A unidade de análise considerada: assimetria na análise da firma com relação a outros atores	247
5.4.2. Conseqüência deste enfoque para a utilização de noções “clássicas” da economia.....	248
5.4.2.1. A noção de ‘apropriação de externalidades’	248
5.4.2.2. Acerca da noção de ‘mercado’ e as ‘relações contratuais’	249
5.4.2.3. As noções de ‘trajetória tecnológica’ e ‘trajetória sócio-técnica’	250
5.4.3. O nível de análise dos atores para superar as limitações das explicações econômicas	251
5.4.4. A busca de ‘explicações’ desde um enfoque sócio-técnico	251
5.5. Alguns insumos derivados para a definição de políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação	253
5.5.1. As atuais políticas de inovação à luz da experiência analisada	253
5.5.2. O organizacional e o cognitivo em experiências locais de produção de bens intensivos em conhecimento.....	255
5.5.3. Revendo a oposição entre “políticas de oferta” vs. “políticas de demanda”.....	256
5.5.4. Os modelos lineares revisitados à luz de um enfoque sócio-técnico.....	258
5.5.5. A noção de ‘adequação sócio-técnica’ como guia para a definição de políticas de CTI locais e regionais.....	259
Referências Bibliográficas.....	264

ÍNDICE DE FIGURAS E GRÁFICO

Figura Nº 1 – Trajetórias (TST) x Dinâmicas Sócio-técnicas (DST) no tempo (t)	46
Figura Nº 2 – Trajetórias Sócio-técnicas (TST): dimensões e níveis de análise	48
Figura Nº 3 – Dinâmica (DST) e Trajetória (TST) Sócio-técnicas: sua definição e categorias de análise conforme níveis	49
Figura Nº 4 – Estrutura básica durante o período 1976/81	133
Figura Nº 5 – Estrutura básica durante o período 1981/91	134
Figura Nº 6 – Estrutura de Gerências por Áreas e Serviços conforme Esquema Matricial durante o período 1998/05	135
Gráfico Nº 1 – Quantidade de funcionários ao 31/12 de cada ano	144

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro Nº 1 – Marco analítico-conceitual utilizado	43
Quadro Nº 2 – Marco analítico-conceitual conforme dimensões e níveis de análise	55
Quadro Nº 3 - Descrição da trajetória sócio-técnica analisada.....	91
Quadro Nº 4 – Detalhe de produtos e processos gerados na trajetória analisada.....	122
Quadro Nº 5 – Evolução das vendas anuais (em dólares) - Anos 1992-2004 (Fase IV).....	125
Quadro Nº 6 – Clientes de <i>INVAP S.E.</i> - Anos 1992-2004 (Fase IV)	129
Quadro Nº 7 – Vendas de <i>INVAP S.E.</i> conforme clientes (em dólares) - Período 01/02/91 – 30/06/04 (Fase IV)	131
Quadro Nº 8 – Quantidade de funcionários ao 31/12 de cada ano	143
Quadro Nº 9 – Distribuição do pessoal conforme tarefas realizadas em 2001	145
Quadro Nº 10 – Distribuição de profissionais da firma conforme grau acadêmico	146
Quadro Nº 11 – Distribuição do pessoal por Gerências	148
Quadro Nº 12 – Aplicação do marco analítico-conceitual ao caso analisado	180
Quadro Nº 13 – Esquema dos conteúdos das conclusões	225
Quadro Nº 14 – Insumos para pensar o desenho de políticas de CTI locais em setores intensivos em conhecimento	261

ÍNDICE DE BOXES

Box N° 1 – Produção <i>in-house</i> de maquinaria e ferramentas de trabalho	126
Box N° 2 – Desenvolvimento das Câmeras Óticas Satelitais	163
Box N° 3 – História do armado do liofilizador	202
Box N° 4 – História do armado do primeiro microsatélite argentino	218

LISTA DE SIGLAS

AECL: Atomic Energy of Canada Limitede

ALUAR: Aluminio Argentino

BID: Banco Interamericano de Desenvolvimento

CAB: Centro Atómico Bariloche

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEPAL: Comissão Econômica para América Latina

CITEFA: Consejo de Investigaciones de las Fuerzas Armadas

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica

CNIE: Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales

COBRA: Computadores e Sistemas Brasileiros

CONAE: Comisión Nacional de Actividades Aeroespaciales

CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

CONUAR S.A.: Combustibles Nucleares Argentinos Sociedad Anónima

CRUB: Centro Regional Universitario Bariloche

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade

C&T: Ciência e Tecnologia

CTI: Ciência, Tecnologia e Inovação

DST: Dinâmicas sócio-técnicas

EEUU: Estados Unidos de América

EMBRAER: Empresa Brasileira de Aeronautica S.A.

ENSI S.E.: Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería Sociedad del Estado

ENTEL: Empresa Nacional de Telecomunicaciones

FAE S.A.: Fábrica de Aleaciones Especiales Sociedad Anónima

P&D: Pesquisa e Desenvolvimento

INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

ISI: Modelo de Industrialização por Substituição de Importações

IMPESA: Industrias Metalúrgicas Pescacona Sociedad Anónima

INVAP S.E.: Investigación Aplicada Sociedad del Estado

MERCOSUL: Mercado Comum do Sul

MIT: Massachusetts Institute of Technology

NASA: National Aeronautics and Space Administration

PEA: Población Económicamente Activa

PLACTS: Pensamento Latinoamericano em Ciência, Tecnologia e Sociedade

PIA: Programa de Investigaciones Aplicadas

PT's: Paquetes tecnológicos

RECYT: Reunión Especializada de Ciencia y Tecnología del MERCOSUR

SATI: Servicio de Asistencia Técnica a la Industria

SENID: Servicio Naval de Investigación y Desarrollo

SCOT: Social Construction of Technology

SNI: Sistema Nacional de Inovação

TIC's: Tecnologias da Informação e das Comunicações

TST: Trajetórias sócio-técnicas

YPF: Yacimientos Petrolíferos Fiscales



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

Mariana Selva Versino

**Análise sócio-técnica de processos de produção de tecnologias intensivas
em conhecimento em países subdesenvolvidos. A trajetória de uma empresa
nuclear e espacial argentina (1970-2005).**

TESE DE DOUTORADO

RESUMO

A tese analisa como tem sido possível o desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento bem sucedidas em termos comerciais, em países em que existe escassa relação entre pesquisa e produção e onde o usual é a manufatura de bens com pequeno valor agregado. O estudo focaliza-se em processos concretos de criação e incorporação de conhecimentos à produção, desde uma abordagem sócio-técnica que integra as dimensões sociais, econômica, política e ideológica, analisadas de forma isolada e como “fatores externos” à produção da tecnologia na literatura existente.

A pesquisa analisa as estratégias desenvolvidas pelos diferentes atores (engenheiros, pesquisadores, técnicos, empresários, clientes, fornecedores, funcionários etc.) participantes dos processos de construção de tecnologias intensivas em conhecimentos. Para isso, se estuda a trajetória sócio-técnica de uma empresa Argentina de capital nacional, exportadora de tecnologia nos setores espacial e nuclear, com uma permanência no mercado há mais de uma década, e que baseia sua vantagem competitiva no uso intensivo do conhecimento.

Utilizam-se categorias teóricas da sociologia da tecnologia e da economia da inovação, a partir de uma triangulação conceitual e de uma análise crítica para a compreensão da realidade latino-americana. A metodologia do trabalho é qualitativa e histórica. Utiliza fontes secundárias além da realização de trabalho de campo com entrevistas na empresa.

A tese leva a compreender os processos de aprendizagem, produção e utilização do conhecimento em países subdesenvolvidos e ao enriquecimento das ferramentas teórico-conceituais do campo Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para a análise dos processos de mudança tecnológica e inovação na América Latina. Ao mesmo tempo, os resultados da pesquisa são um insumo de interesse para o desenho e planejamento das políticas de C&T e de inovação nacionais e regionais.



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

Mariana Selva Versino

Sociotechnical analysis of knowledge-intensive technologies production processes in underdeveloped countries. The case of an Argentinean nuclear and space company (1970-2005).

DOCTORAL THESIS

SUMMARY

The thesis analyzes how has been possible the development of knowledge-intensive technologies commercially successful, in countries where there is a weak relationship between research and production and where the usual is the manufacture of goods with small joined value. The study is focused in concrete processes of creation and incorporation of knowledge to production, from a sociotechnical approach that integrates the social, economical, political and ideological dimensions considered in an isolated way and as “external factors” to the production of technology in the existent literature.

The research seeks to understand the strategies developed by the different actors (engineers, researchers, technicians, entrepreneurs, customers, suppliers, employees etc.) participants of the processes of construction of knowledge-intensive technologies. For that, it is studied the sociotechnical trajectory of an Argentinean company of national capital, technology exporter in the space and nuclear sectors, with a permanence in the market of more than one decade and that bases its competitive advantage on the intensive use of knowledge.

Theoretical categories of the sociology of technology and the economy of innovation are used, based on a conceptual triangulation and on a critical analysis for the understanding of the Latin-American reality. The methodology of the work is qualitative and historical. It uses secondary sources besides the accomplishment of field work with interviews in the company.

The thesis intends to understand the learning processes, production and use of knowledge in underdeveloped countries and contribute to the enrichment of the theoretical tools of Science and Technology Studies (STS) for the analysis of the processes of technological change and innovation in Latin America. At the same time, the results of the research are an interesting input for the drawing and planning of Science, Technology and Innovation national policies.

Introdução

1. O problema

O desenvolvimento econômico dos países subdesenvolvidos pode ser caracterizado como tecnologicamente dependente e especializado em atividades produtivas que utilizam bens de capital e conhecimentos tecnológicos produzidos por indústrias localizadas nos países desenvolvidos¹. Existem nesses países poucos exemplos de empresas ou setores de atividade nos quais o conhecimento científico-tecnológico produzido localmente é utilizado. No âmbito internacional, os setores que competem sobre a base da incorporação de novos conhecimentos à produção estruturam-se em mercados liderados por grandes empresas com capacidades endógenas de P&D. Essas empresas possuem os recursos para gerar ou para se apropriarem de novos conhecimentos aplicáveis para o seu uso comercial, radizando a maior parte de suas atividades de pesquisa e desenvolvimento nos seus países de origem, que possuem densos tecidos produtivos, abundante mão-de-obra qualificada e relações interinstitucionais altamente desenvolvidas.

Porém, é possível registrar na região um grupo reduzido de empresas que têm conseguido gerar as capacidades necessárias para produzir tecnologias (processos, produtos, plantas “chave em mão”) altamente complexas, que requerem para o seu desenvolvimento da utilização de conhecimentos científicos e tecnológicos. Esta tese se inicia com a pergunta acerca de como tem sido viável a produção de tecnologias intensivas em conhecimento em países nos quais há uma escassa relação entre pesquisa e produção e onde o usual é a geração de bens com pouco valor agregado, pouco diferenciados e intensivos na utilização de recursos naturais e mão-de-obra barata?

¹ A participação dos países subdesenvolvidos nas exportações mundiais totais de setores de alta tecnologia tem sido incrementada consideravelmente na última década. Dito crescimento se explica em função das exportações de apenas cinco países (Cingapura, Malásia, Filipinas, Tailândia e Coreia do Sul), nenhum deles latino-americano (Mani 2000).

Para isso, são estudados os fenômenos que podem ser considerados como excepcionais e em certa medida virtuosos, compreendidos dentro da dinâmica geral do espaço social no qual se desenvolvem. Esta questão inicial, não obstante já trabalhada na literatura existente, se pretende abordar a partir de um enfoque analítico que permita lograr novos *insights* acerca dos processos de produção e utilização de conhecimentos no âmbito produtivo e, derivadamente, novas lições para o campo das políticas em ciência e tecnologia no âmbito regional.

A análise dos processos envolvidos na geração de conhecimento tecnológico em países subdesenvolvidos e no contexto latino-americano em particular tem recebido pouca atenção por parte de economistas e também de sociólogos. Só recentemente, a partir dos anos 80, o programa desenvolvido por alguns economistas heterodoxos se ocupou especificamente do tema. Em geral, a preocupação central desses economistas esteve orientada a analisar os processos de importação de tecnologias e conhecimentos através do seu licenciamento, analisando em particular a forma com que se deu a sua adaptação às condições locais de produção.

Por outro lado, a partir dos anos 90 alguns poucos sociólogos desenvolveram estudos sobre a produção de conhecimentos tecnológicos, porém de forma bastante periférica com relação às suas preocupações centrais vinculadas à análise do conhecimento científico. De fato, a maior quantidade de contribuições com relação à análise de processos locais de produção de tecnologias foi realizada por engenheiros e tecnólogos que refletiram sobre o seu próprio fazer no âmbito produtivo ou na gestão estatal, com o objetivo de obter lições de política (*policies*) para o setor. Um panorama acerca dos diferentes aportes existentes sobre o tema será apresentado no próximo capítulo, porém, é interessante marcar aqui o fato de que esta tese procura realizar um aporte em um campo escassamente desenvolvido a partir da perspectiva adotada.

Analisar a genealogia de processos de criação de tecnologias pode ser considerada uma tarefa de revisão histórica inabarcável. Cada desenvolvimento é altamente específico e, analisado em detalhe, pode supor uma tarefa descritiva interminável, muitas vezes inútil em termos do conhecimento aportado para a compreensão dos fenômenos

analisados. Esta tese, embora trate também de processos específicos e localizados de criação de tecnologias intensivas em conhecimento, tem por objetivo gerar um *framework* analítico que, ao mesmo tempo em que recupere a especificidade dos potenciais casos a ser estudados, permita compreender a dinâmica mais ampla na qual se desenvolvem os processos de mudança tecnológica em contextos subdesenvolvidos e suas conseqüências para a definição das políticas de ciência e tecnologia.

Para isso, o primeiro momento desta tese consiste no desenvolvimento de um marco analítico-conceitual que permita estudar as características de processos de produção de tecnologias intensivas em conhecimento em países subdesenvolvidos. O enfoque adotado define como seu objeto de estudo as “trajetórias sócio-técnicas” em virtude das quais se geraram tecnologias intensivas em conhecimento consideradas ‘exitosas’ em termos de sua inserção no mercado tanto nacional como internacional. Trata-se de um estudo acerca da criação e posterior exportação de bens e tecnologias por parte de empresas de capital majoritariamente nacional, pertencentes a setores de atividade que exigem um uso intensivo de conhecimentos científico-tecnológicos.

Considerando que nos processos de produção de tecnologias não só “a economia importa”, como também “importam as idéias”, “as instituições” e o “espaço sócio-territorial” em que se desenvolvem, trata-se da geração de um *framework* analítico que permita captar este pressuposto. Esta tarefa é particularmente desafiante se for considerado que não consiste na justaposição de diferentes abordagens analíticas sobre um mesmo fenômeno, mas na construção de um novo objeto de análise que dê conta da inter-relação de todas as dimensões constitutivas do fenômeno analisado.

O foco da análise são os processos de produção das tecnologias e não o comportamento da firma (ou instituição) no marco das quais se desenvolvem, o qual é analisado como outro elemento indispensável para a sua compreensão. Busca-se contribuir para o conhecimento das especificidades que caracterizam a geração de conhecimento tecnológico na região, a partir da análise de “trajetórias sócio-técnicas” relativamente ‘estabilizadas’. Isto é, através da análise de processos de produção de tecnologias que lograram se reproduzir ao longo de períodos prolongados no tempo.

Esses processos são analisados de forma diacrônica para compreender em termos históricos a origem e as modificações introduzidas pelas mudanças de cenários econômico-institucionais nos fenômenos de apropriação e geração de conhecimento tecnológico. Assim, as fases estabelecidas para compreender historicamente as trajetórias analisadas, estão correlacionadas às “dinâmicas sócio-técnicas” correspondentes – sincronicamente – a cada momento do seu desenvolvimento.

O segundo momento desta tese consiste na aplicação do *framework* desenvolvido, de modo a comprovar sua potencialidade explicativa, na análise de uma trajetória de produção de tecnologias intensivas em conhecimento desenvolvida por uma empresa estatal Argentina. Embora seja sabido que as firmas podem tomar diferentes caminhos para desenvolver produtos intensivos em conhecimento competitivos no mercado internacional, o que se busca a partir da análise em profundidade de um caso, é determinar como esses caminhos se articulam através de brechas idiossincrásicas definidas pelas características das situações locais em que operam.

A integração das conclusões obtidas a partir da revisão da literatura existente e da informação empírica proveniente do caso analisado se realiza com o objetivo de dar respostas a perguntas como as seguintes:

- Como lograram se articular os atores sociais locais que realizaram e realizam as operações de produção de tecnologias intensivas em conhecimento analisadas?
- Quais foram as estratégias levadas adiante por esses atores na produção do conhecimento necessário para lograr uma competência de nível internacional?
- Que aspectos podem ser considerados idiossincrásicos dos ‘estilos sócio-técnicos’ nacionais ou regionais no caso analisado?
- Como se desenvolveram as redes de vinculação entre os produtores locais de tecnologia e outros atores sociais (instituições de P&D, agências de financiamento, instituições financeiras, clientes, fornecedores, público)?

- De que maneira os processos de construção de tecnologia se integram às dinâmicas dos sistemas nacionais de inovação e complexos tecno-produtivos aos quais pertencem?

- Quais foram as mudanças nas estratégias dos atores tecnológicos locais frente às novas regras econômicas e institucionais introduzidas na Argentina durante os anos noventa?

- Em que medida as políticas de ciência e tecnologia incidiram nos processos de criação de tecnologia analisados?

2. Objetivos

Uma possível enumeração dos objetivos que guiaram a realização deste trabalho pode ser resumida da seguinte maneira.

2.1. Objetivos gerais

- Elaborar o instrumental teórico-analítico que permita captar a complexidade e diversidade dos processos de produção de tecnologia e, em particular, as condições para o seu desenvolvimento no âmbito local.

- Analisar a partir de uma perspectiva sócio-técnica a dinâmica dos processos de construção social de tecnologias intensivas em conhecimento consideradas ‘exitosas’ em termos da sua inserção no mercado (nacional e internacional) em países subdesenvolvidos.

- Aplicar o marco analítico desenvolvido à análise de um caso de uma trajetória sócio-técnica local de produção de tecnologias com alto valor agregado em função do conhecimento incorporado.

- Gerar insumos que permitam otimizar o desenho e o planejamento de políticas públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação.

2.2. Objetivos específicos

- Definir e caracterizar os diferentes ‘grupos sociais relevantes’ que participaram na criação e consolidação de trajetórias sócio-técnicas que deram lugar à geração de tecnologias intensivas em conhecimento.
- Identificar as estratégias desenvolvidas pelos atores envolvidos (engenheiros, investigadores, técnicos, empresários, clientes, fornecedores, funcionários, público etc.) para a geração e apropriação do conhecimento tecnológico necessário para a criação das tecnologias estudadas.
- Caracterizar os marcos tecnológicos / *‘technological frames’* que configuraram o espectro de ações possíveis e desejáveis para os diferentes atores envolvidos.
- Releva os mecanismos de aprendizagem tecnológica desenvolvidos pelos diferentes atores analisando, entre outros, o papel desempenhado pelas “relações usuário-produtor” e “produtor-fornecedor” na construção final das tecnologias desenvolvidas.
- Integrar na análise do caso selecionado as dimensões econômica, técnica, social, espaço-territorial, política e ideológica inerentes à produção social de tecnologias a partir do estabelecimento de diferentes dinâmicas de produção de conhecimentos ao longo do seu desenvolvimento.

3. Justificativa

A compreensão dos diferentes aspectos relacionados com a produção de tecnologia na América Latina é particularmente interessante para a busca de vias de desenvolvimento para a região. Em particular, se isso é feito a partir da análise da situação de casos

significativos dentro de países de certo peso relativo em termos da possibilidade de incentivar uma dinâmica sistêmica de desenvolvimento e integração regional.

A tese espera realizar contribuições em três aspectos. Em primeiro lugar, através da compreensão - tanto no plano tecno-produtivo como no tecno-econômico e sócio-político - da viabilidade, condições de permanência e sustentabilidade econômica de produções tecnológicas intensivas em conhecimento no âmbito local. Para isso é analisado o comportamento atual e as mudanças com relação a períodos anteriores dos diferentes atores tecnológicos locais - empresas, estado, unidades de pesquisa e desenvolvimento etc. - a partir do acompanhamento do seu desempenho através do tempo.

Em segundo lugar, esta pesquisa espera contribuir ao enriquecimento das ferramentas teórico-conceituais com que atualmente conta a comunidade científica do campo dos estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para analisar os processos de mudança tecnológico e inovação na região. Esta proposta de pesquisa, no marco dos trabalhos atualmente existentes, se apresenta como original em um duplo sentido. A partir do ponto de vista de seu objeto, poucos trabalhos têm analisado trajetórias tecno-produtivas intensivas em conhecimento na região. A partir do ponto de vista de sua abordagem teórico-metodológica, embora sejam registrados apenas escassos e muito recentes trabalhos na literatura de análise de empresas e da produção de tecnologias em América Latina que adotam uma perspectiva sócio-técnica.

Por último, a proposta que se realiza nesta tese se justifica não só pelo aporte que possa realizar em termos cognitivos, mas também pelas contribuições que gere em função de uma nova forma de encarar os processos de definição de políticas públicas em ciência e tecnologia para a região. Sem adiantar as “lições derivadas” da análise realizada, considera-se que a abordagem selecionada para examinar processos concretos de produção de tecnologias permite desmistificar a idéia de que existam políticas públicas “únicas” para o desenvolvimento de tecnologias localmente concebidas. Muito menos que seja possível considerar a “empresa” como uma unidade de sentido unívoca e homogênea e o sujeito destinatário das mesmas. Também permite desafiar o suposto de

que o ideário da autonomia em matéria tecnológica seja suficiente para produzir desenvolvimentos alternativos e socialmente desejáveis para a região.

Assim, os resultados desta pesquisa resultam um insumo de especial relevância para a planificação estratégica de políticas científico-tecnológicas, tanto no âmbito nacional como regional (MERCOSUL, RECYT). Conhecer as condições que tornaram possível a produção de tecnologias de origem local que atualmente estão sendo comercializadas em mercados nacionais ou internacionais resulta de especial interesse para compreender as atuais restrições/possibilidades da economia (Argentina) para o desenvolvimento de produções que incorporem um alto valor agregado. Partir das dinâmicas sócio-técnicas concretas de produção de tecnologias intensivas em conhecimento constitui, a nosso entender, o melhor caminho para identificar as estratégias reais dos diferentes atores e seus efeitos sistêmicos sobre as dinâmicas sociais das quais formam parte. Neste sentido, a análise proposta tem importantes implicações para imaginar uma redefinição da engenharia institucional que caracteriza os organismos de ciência e tecnologia (C&T) nacionais, assim como para desenhar políticas de integração econômica e de cooperação científico-tecnológica regional.

4. O caso seleccionado

O recorte inicial do trabalho empírico foi estabelecido com o objetivo de delimitar processos localmente gerados de produção de tecnologias com alto grau de conhecimento incorporado. A seleção esteve orientada pela busca de produções tecnológicas intensivas em conhecimento desenvolvidas localmente em empresas:

- de capital majoritariamente nacional,
- com participação em mercados de exportação,
- que baseiam suas vantagens competitivas no uso intensivo de conhecimentos, e
- com uma permanência no mercado de mais de uma década.

Tendo em conta este recorte, não são muitos os casos que integram o universo a ser considerado. A partir da informação secundária disponível e da consulta a especialistas na temática, foi selecionada uma empresa argentina com estas características: a empresa *Investigación Aplicada S.E. (INVAP S.E)*. Essa empresa pertence a dois setores tradicionalmente considerados de “alta tecnologia”, o nuclear e o aeroespacial.

A empresa constitui um caso significativo na América Latina, pois:

- desenvolve produtos intensivos em conhecimentos científico-tecnológicos;
- é uma firma viável, com uma trajetória de cerca de três décadas de atividade;
- exporta tecnologia incorporada e desincorporada a países subdesenvolvidos e desenvolvidos;
- tem conseguido ganhar licitações internacionais e ocupar nichos de mercado, competindo com as empresas líderes nos seus setores de atividade dos Estados Unidos, Alemanha, França, Japão e Canadá.

A empresa *INVAP S.E.* também é um caso peculiar se comparada à escala internacional. A empresa opera simultaneamente em dois setores de alta complexidade: construção de reatores nucleares de experimentação e desenho e montagem de satélites artificiais. Não existem no mundo empresas dedicadas simultaneamente a esses dois nichos tecno-produtivos intensivos em conhecimento. As empresas do setor são, geralmente, firmas altamente especializadas ou filiais ou divisões técnicas de grandes grupos empresariais (por exemplo, em reatores: *Siemens, Hitachi, Škoda*; em satélites: *Boeing, Loral Space Systems*). O único caso similar que foi possível registrar é o da empresa italiana *Labem SpA* (comparável em termos de faturamento e quantidade de funcionários à *INVAP S.E.*²). Esta empresa, porém, se dedicou inicialmente à produção de aparatos eletrônicos para pesquisa na área da física nuclear e atualmente desenvolve a

² Dados para o ano 2002: Faturamento: US\$ 51 milhões – Pessoal: 407 funcionários.
<http://www.laben.it> (27/08/03)

instrumentação e subsistemas de bordo para satélites, e não se dedica à construção de reatores ou satélites como produtos finais.

Finalmente, a firma Argentina também é excepcional em termos de seu volume de negócios em comparação com as firmas estrangeiras com as quais concorre. A empresa tem um faturamento médio de 40 milhões de dólares anuais. As principais empresas do setor espacial mostram um volume médio de negócios muito mais alto. A divisão de satélites de *Boeing* tem um volume de negócios de 3.000 milhões de dólares³, *Lockheed Martin* de 2.800 milhões, *Alcatel Space Netherlands* de 2.700 milhões, *Astrium* (parte de *European Aeronautic Defence and Space Company*) de 2.500 milhões e *Loral Space & Communications* de 1.000 milhões⁴. Na área nuclear a comparação é similar: *Technicatome* gerou negócios de 230 milhões de dólares no ano 2000, *Atomic Energy of Canada Ltd.*, 326 milhões no período 2001/2002 e a Divisão Serviços e Soluções Industriais do grupo *Siemens* realizou vendas de 4.800 milhões no período 2002/ 2003.

Se as características apresentadas fazem do caso analisado um empreendimento excepcional e atípico, também é interessante avaliar os aspectos em que o mesmo não responde a uma dinâmica totalmente diferenciada da operante no resto das empresas nacionais argentinas. Neste sentido, um dos objetivos da análise do caso será o de vincular as lógicas dos atores participantes na trajetória sócio-técnica estudada com a dinâmica mais ampla que influi na constituição das racionalidades subjacentes às estratégias de ação por eles selecionadas.

³ O montante total das vendas anuais do grupo *Boeing Aerospace* é de US\$ 54.100 milhões.

⁴ Federação Internacional de Trabalhadores das Indústrias Metalúrgicas, “A indústria da Aviação e a Aeronáutica: motor de crescimento e tecnologia essencial do século XXI”, Conferência Mundial sobre a Indústria Aeroespacial, Toulouse, França, 16-19 junho de 2002.
http://www.imfmetal.org/main/files/Aerospace_Report_total_eng.pdf (01/07/03)

5. Os próximos capítulos...

A seguir, são apresentados brevemente os diferentes capítulos que constituem o corpo desta tese.

No primeiro capítulo é realizada uma revisão da literatura existente sobre a temática com a finalidade de analisar os objetos de estudo e abordagens utilizadas para a análise do problema proposto. O objetivo final deste capítulo é o de situar o trabalho realizado no marco dos estudos existentes sobre o tema.

O segundo capítulo desenvolve as categorias e supostos subjacentes do marco analítico-conceitual utilizado, a partir da construção de um *framework* teórico-metodológico adequado às características do objeto de análise construído nesta tese.

O terceiro capítulo descreve a trajetória sócio-técnica selecionada em função da reconstrução de sua história e evolução ao longo do tempo. Um primeiro item reconstrói essa história a partir da identificação de quatro fases no seu desenvolvimento. Os seguintes itens discorrem sobre a evolução das suas principais dimensões (econômica, organizacional, cognitiva, espaço-territorial, ideológica e política) de forma sistemática e, nos casos em que é necessário, também cronológica.

O quarto capítulo analisa o caso descrito a partir da relação das dimensões e elementos desenvolvidos de forma sistemática no capítulo prévio, com a lógica das diferentes dinâmicas sócio-técnicas no marco das quais operaram ao longo de sua história.

Por último, no quinto capítulo de conclusões se realiza uma avaliação do *framework* conceitual utilizado em termos de suas potencialidades explicativas e se estabelece uma discussão acerca das possíveis aplicações dos resultados obtidos para a definição das políticas de ciência, tecnologia e inovação nacionais.

Capítulo 1 – Estado da questão: as diferentes abordagens analíticas e seus objetos de estudo

1.1. Introdução: os estudos sociais sobre produção de conhecimentos científicos e tecnológicos na América Latina

A consolidação do que poderia ser considerado uma “sub-disciplina” ou um “sub-campo” dentro das Ciências Sociais dedicado aos “estudos sócio-históricos da ciência e da tecnologia” dista muito de ter sido alcançada no âmbito latino-americano. Não tem sido consolidada como uma sub-disciplina nem da Sociologia nem da História, isto é, nos âmbitos de sua *natural* inserção disciplinar. De fato, os poucos trabalhos desenvolvidos na área se encontram enquadrados dentro do denominado “campo dos estudos sociais em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)”⁵, que tem se constituído no âmbito de inserção *habitual* dos estudos sobre a produção de conhecimento científico e tecnológico na região. Também é arriscado falar da existência de um sub-campo dentro dos estudos CTS dedicado à sociologia ou à história da ciência e da tecnologia, porém talvez seja possível falar de uma área temática dentro do mesmo. Embora em um processo de crescente institucionalização, a ainda incipiente constituição do campo CTS impediria referir a uma de suas áreas de conhecimento como um sub-campo consolidado.

Certamente um efeito paradoxal se dá na constituição do “campo CTS”, devido a seu caráter multidisciplinar: a quantidade de estudos sobre o postulado “mesmo” objeto tem sido uma das principais razões do seu fortalecimento: aquela que permitiu a criação de espaços de circulação de conhecimentos como revistas e congressos especializados e instancias de formação de pós-graduação no tema. A variedade de formações disciplinares dos produtores dessas contribuições e a diversidade de abordagens e

⁵ Para uma aproximação à história da constituição do campo dos estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na América Latina ver os trabalhos de Albornoz et al. 1996; Kreimer et al. 2004; Oteiza 1991; Sutz 1996; Vaccarezza 1998a, 1998b, 2004; Vessuri 1987.

ferramentas analítico-conceituais utilizadas têm constituído quase tantos “diferentes” objetos como aportes existentes, diluindo a unidade cognitiva que – delimitando fronteiras menos difusas para o seu objeto – o consolidaria de uma forma que envolveria menos discussões. Nesse sentido, é interessante seguir – de forma “meta-reflexiva” a partir dos estudos reflexivos existentes sobre o próprio campo – a evolução do debate acerca da formação disciplinar ‘autorizada’ para abordar os problemas CTS e observar a “luta” entre as disciplinas que buscam se tornar hegemônicas ou ao menos legitimar um espaço “científico” para seu desenvolvimento. Em alguns casos, os debates giram em torno da oposição entre as produções de cientistas sociais e aquelas que, produzidas por cientistas de profissão, não utilizam ferramentas conceituais especializadas. Em outros, trata-se de debates que as mesmas disciplinas sociais estabelecem com o fim de definir um objeto de estudo legítimo e assim consolidar um novo campo científico para seu desenvolvimento.

Um efeito paradoxal similar pareceu produzir-se entre a necessidade do fortalecimento disciplinar dos estudos CTS para se constituir como campo reconhecido academicamente, em contraposição à abordagem interdisciplinar e “aplicada” que define sua natureza. Como assinala Vaccarezza (1998b), a tendência à transformação do “movimento CTS” no “campo de estudos CTS” se dá sem a plena integração dos seus membros dado que opõe, de um lado, aqueles que vêem a esse espaço como um âmbito de reflexão para a *praxis* (seguindo a tradição crítica de suas origens) e, do outro, aqueles que o entendem como um campo de especialização cognitiva e que procuram introduzir no seu funcionamento as normas que regulam a atividade acadêmica. Dada a natureza interdisciplinar do seu objeto e o momento atual da sua trajetória, as “zonas cinzas” são muitas e as influências se dão em um duplo sentido: alguns profissionais voltados à prática da gestão em temas vinculados à ciência e a tecnologia participam ao menos parcialmente do jogo acadêmico – especialmente no último período em que a tendência a academização das atividades se viu incrementada – e parte dos pesquisadores acadêmicos (mais que em outras subáreas temáticas das disciplinas a que pertencem) geram projetos associados à busca de soluções para problemas sociais ou de gestão.

Esta tensão que atravessa o “campo CTS” tende a inclinar-se para o lado acadêmico no caso dos estudos sobre a “produção de conhecimentos científicos e tecnológicos”, a

“constituição de ‘tradições de pesquisa’”, a “análise de ‘artefatos’ e produções tecnológicas concretas”, entre outros. Isto se deve - ao menos em parte - à utilização nestes trabalhos de um corpo teórico-analítico relativamente estabilizado nos países desenvolvidos que surge da conformação das sub-disciplinas da sociologia da ciência e a sociologia da tecnologia nos anos 70 e 80. Esta tese se situa no marco desta linha de trabalhos que, como se verá a seguir, não contam com muitos antecedentes no âmbito latino-americano.

O objeto de estudo desta tese tem sido definido como o seguimento da produção de tecnologias intensivas em conhecimento em contextos subdesenvolvidos. A literatura que se aproxima à dita busca está integrada por um conjunto de trabalhos que partem de enfoques analíticos e marcos conceituais bem diferenciados. Na sua maioria se trata de trabalhos gerados a partir do campo disciplinar da economia, seja sob o formato de estudos de caso centrados em empresas situadas na ‘fronteira tecnológica’ do seu setor de atividade ou de análises setoriais e de *clusters* denominados ‘*hi tech*’ ou de ‘alta tecnologia’. Existem também, embora muito menos representadas, algumas contribuições provenientes do campo da análise de políticas e da sociologia que abordam casos pontuais de desenvolvimentos tecnológicos intensivos em conhecimento no contexto latino-americano. Realiza-se a seguir uma apresentação desses trabalhos a partir da identificação dos seus marcos analíticos e as principais hipóteses com relação aos objetos de estudo construídos a partir das suas respectivas escolhas teórico-metodológicas.

1.2. Os trabalhos realizados desde o marco analítico da economia: aprendizagem “adaptativa” e incremental

1.2.1. Análises agregadas e setoriais

Nos casos de Brasil e Argentina e em um nível de análise agregado, existem trabalhos de pesquisa sobre a década de 90 que realizam reflexões acerca do desempenho tecnológico industrial manufatureiro de ambos países e sobre a consolidação de alguns

‘sistemas locais de produção’ de ‘alta tecnologia’ no Brasil e vinculados ao setor aeroespacial (Bisang 1994; Bisang, Burachik, e Katz 1995; Cassiolato e Lastres 1997; Cassiolato e Lastres 2001; Erber 2001; Kosacoff 1993). Em um nível de análise setorial e relacionado a setores intensivos em conhecimento, existem trabalhos correspondentes em sua maior parte à década de 80 e especialmente orientados ao setor de biotecnologia (Anciães e Cassiolatto 1985; Bercovich e Katz 1990; Goldstein 1989).

Os estudos que partem da economia para a análise da incorporação de tecnologia na indústria latino-americana, reconhecem seus antecedentes nos trabalhos pioneiros da CEPAL. A escola cepalina inaugura na América Latina o estudo dos processos de aprendizagem tecnológica das firmas, antecipando-se nesse sentido ao enfoque evolucionista da mudança tecnológica (Katz 1976; Katz e Ablin 1977; Sercovich 1978). Esses trabalhos avançam na análise interna das empresas, iluminando aspectos tradicionalmente inexistentes nas análises econômicas do comportamento das firmas. Assim, se analisam: as trajetórias cumulativas de aprendizagem tecnológica das firmas, suas capacidades de acesso à tecnologia concebida como informação, seus vínculos com instituições públicas de P&D como mecanismo para a incorporação de conhecimentos científicos à produção, entre outros. Assim como no evolucionismo, a firma é considerada o *locus* da inovação e constitui a unidade de análise privilegiada, gerando-se assim uma assimetria *a priori* com relação à possibilidade de identificação de outros atores talvez mais relevantes para a compreensão dos processos de geração de tecnologias no âmbito local.

Por outro lado, sendo o objeto de análise a dinâmica de comportamento das firmas, o instrumental analítico utilizado segue sendo limitado para captar os processos de incorporação de conhecimentos à produção. Em particular, a conceitualização do fenômeno em termos da noção de ‘apropriação de externalidades’, simplifica processos sociais que envolvem interações complexas entre atores e elementos heterogêneos. Neste sentido, pode-se dizer que nestes trabalhos a tecnologia – embora já não a empresa – continua sendo vista como uma caixa preta⁶. Estas ferramentas conceituais, por outra

⁶ A tecnologia é definida como “um pacote de informação técnica útil para a produção de um determinado bem ou serviço, i.e., como um fator de produção propriamente dito” (Katz 1987:14)

parte, não têm logrado incorporar nas suas explicações de nível micro do comportamento das firmas os determinantes de nível macrosocial, o que gera uma dificuldade insalvável para a introdução de sugestões de política tecnológica, que ficam limitadas a recomendações gerais de tipo macroeconômico.

A literatura cepalina, se referindo à conduta das empresas da região durante o modelo ISI (de industrialização por substituição de importações), sustenta que existem seqüências evolutivas específicas nas trajetórias tecnológicas locais. Essas seqüências surgem da adaptação das firmas a: mercados de menor tamanho e mais concentrados economicamente, insumos de menor qualidade, cadeias de fornecedores pouco consolidadas, infraestruturas de produção e serviços deficientes, uma instabilidade macroeconômica crônica e uma atmosfera competitiva baixa dado o alto grau de proteção tarifária existente (Katz 1987). Dado que o tipo de universo considerado é o setor manufatureiro em seu conjunto, se sustenta que as firmas desenvolvem atividades de produção de conhecimentos “adaptativas” e “incrementais” consistentes na adequação de desenhos originais e de diferenciação de produtos para responder à demanda local. Sustenta-se que, na América Latina, ao contrário do que acontece nos países desenvolvidos, as atividades tecnológicas se orientam menos para a busca de uma redução de custos devido à menor atmosfera competitiva dos protegidos mercados locais e se centram mais no uso da mão-de-obra qualificada disponível. Estas conclusões têm primado na caracterização da indústria latino-americana, ocultando a possibilidade de analisar atividades geradoras de desenvolvimentos tecnológicos intensivos em conhecimento que, “inovadores” ou não para a região ou para o mundo, não poderiam ser qualificados como de mera “adaptação” às condições locais.

Um dos poucos trabalhos orientados à análise de setores definidos como “*hi tech*” na América Latina, é referente às indústrias baseadas em eletrônica no Brasil: computadores, automação bancária e de processos, equipamentos eletrônicos e máquinas de controle numérico (Schmitz e Cassiolato 1992). O trabalho parte de uma definição ampla do termo “*hi tech*” e estuda um setor de intensidade tecnológica média a partir de uma aproximação que não é a única considerada nesta tese. Mesmo assim, resulta em um antecedente interessante na análise para esse tipo de setores na América Latina.

A pergunta que guia esses estudos se vincula ao debate em torno da relevância do livre-mercado vs. a intervenção estatal para o desenvolvimento de indústrias de “alta tecnologia” em países subdesenvolvidos, partindo de uma perspectiva centrada no debate acerca da definição das políticas econômicas. Os autores se opõem às teses neoliberais segundo as quais as ‘falhas de mercado’ seriam menos importantes que as ‘falhas do Estado’. Assim, consideram que as políticas de reserva de mercado e de apoio à indústria nacional aplicadas em distintos casos de indústrias baseadas na eletrônica no Brasil tiveram um importante impacto na geração de aprendizagens cumulativas e no aproveitamento das externalidades desse tipo de indústrias para distintos setores da economia (Schmitz e Hewitt 1992). Nesta tese, se mostra e se compartilha da importância determinante do Estado em função dos diferentes papéis adotados para o desenvolvimento de trajetórias de produção de tecnologias intensivas em conhecimento, mas se atribui também uma importância relativa à existência e suficiência de uma – muito menos única – política tecnológica explícita para fazer possível e viável seu desenvolvimento.

No seu conjunto, os trabalhos agregados e as mais recentes abordagens de inovação que se têm difundido na região, brindam uma imagem pouco alentadora acerca das capacidades locais de geração de tecnologias em áreas intensivas em conhecimento. As transformações territoriais associadas à reestruturação econômica mundial e os processos de mudança tecnológica que se registram no âmbito internacional condicionam e introduzem novas restrições para as economias de menor desenvolvimento relativo. No caso argentino em particular, as indústrias de base científico-tecnológica atravessam uma etapa de escasso dinamismo, senão de franca retração (Bisang, Burachik e Katz 1995). Conforme observado nas análises a respeito da conduta tecnológica das empresas argentinas, se registra que “as firmas tendem a priorizar seus esforços inovativos endógenos para as áreas de comercialização, organização da produção, reorganização geral e pesquisa aplicada, concernente aos desenvolvimentos básicos de novos produtos ou processos ou de assistência à produção.” (*INDEC-SECYT* 1998). Mais recentemente, a mesma abordagem conclui que “os esforços destinados a melhorar capacidades tecnológicas e organizacionais no período 98/01 têm-se concentrado fortemente na aquisição de tecnologia incorporada (sobretudo bens de capital, que absorve 67% do

gasto em AI), deixando de lado outras fontes de conhecimento e de desenvolvimento de capacidades”(INDEC-SECYT 2003:4).

1.2.2. Estudos de caso

Apesar da vertente analítica da economia também ter primado no enfoque de base dos estudos de caso sobre empresas intensivas em conhecimento, a profundidade que supõe este tipo de estudos demonstra que é insuficiente uma aproximação pautada por um único interesse disciplinar. Assim, partindo de uma crítica em direção à teoria da firma neoclássica, a maioria dos trabalhos que adotam esta metodologia estendem suas considerações geralmente ao campo da análise de políticas de Estado, o que mostra que não é possível partir de obviedades para dar conta das experiências deste tipo.

Tendo em conta o caso que será apresentado nesta tese, resultam de especial interesse os estudos realizados sobre empresas estatais em setores de “alta tecnologia” como os trabalhos sobre quatro casos de empresas em Índia e Brasil (Ramamurti 1987)⁷ e sobre o setor aeronáutico no Brasil, África do Sul e Indonésia (Goldstein 2002)⁸. Ambos trabalhos partem de uma matriz econômica que se ocupa do desempenho econômico alcançado pelas diferentes empresas ao longo de sua história, mas introduzem também a análise política para estudar o papel dos estados nacionais no seu desenvolvimento. É apresentado de forma mais detalhada o trabalho de Ramamurti, dado que oferece uma perspectiva mais completa sobre as experiências analisadas e inclui parte da análise realizada no estudo de Goldstein.

Ramamurti parte do reconhecimento de que os critérios para a definição das indústrias de “alta tecnologia” variam, sendo os principais indicadores utilizados para a sua definição a intensidade de capital, a taxa de mudança técnica (medida em termos da

⁷ As empresas são: *Bharat Heavy Electricals Limited* (BHEL), *Heavy Engineering Corporation* (HEC) da Índia e Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (EMBRAER) e Computadores e Sistemas Brasileiros (COBRA) do Brasil.

⁸ Neste caso também se analisa a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (EMBRAER), *Industry Pesawat Terbang Nusantara* (IPTN) criada em 1976 na Indonésia e *Denel Aviation*, criada em 1992 na África do Sul.

intensidade de P&D), a qualificação da mão-de-obra utilizada, o grau de coordenação requerido entre desenho/produção/comercialização/clientes e o grau de sofisticação técnica dos usuários⁹. Assinala-se que nos países desenvolvidos todos estes indicadores estão presentes positivamente em indústrias como a nuclear, espacial e de telecomunicações, enquanto que isto nem sempre é assim nos países subdesenvolvidos. Uma indústria de um país subdesenvolvido pode não ter uma intensidade de capital e de P&D que a qualificaria como de “alta tecnologia”, mas sim deve ser considerada como tal pelo tipo de produtos que desenvolve, tal como se verifica no caso analisado nesta tese¹⁰.

A pergunta que coloca o estudo de Ramamurti refere-se à reflexão acerca de se as empresas estatais podem ser ‘eficientes’ em setores de “alta tecnologia”. Em particular, sempre são assinaladas as dificuldades para que este tipo de empresas, associadas à lógica burocrática estatal, se dediquem a setores de produção geralmente não estandardizados, que requerem uma mão-de-obra muito qualificada e que precisam de uma agilidade e flexibilidade altas para responder às demandas de mercados sofisticados e dinâmicos. Mesmo assim, a estabilidade requerida para os gerentes destas empresas, tendo em conta que se trata de negócios em que o período entre o desenvolvimento de um produto e a sua introdução no mercado pode ser maior que cinco anos, não parece ser compatível com os períodos de tempo sustentados em uma lógica política. A idéia subjacente é que as empresas públicas e sua ligação com os períodos de tempo e interesses da burocracia estatal e da classe política não são bons companheiros para levar adiante “negócios tecnológicos”. Esse questionamento resulta como pouco sustentável, tendo em vista o caso analisado nesta tese que se constitui em um dos poucos casos de empresas produtoras de tecnologias intensivas em conhecimento com uma relativamente importante estabilidade no mercado nacional argentino. Embora esse não seja o foco da análise desta tese, o trabalho citado contribui para a análise dos variados sentidos ao

⁹ Para uma análise crítica dos diferentes critérios estatísticos utilizados para medir os setores ou as firmas de “alta” ou “baixa” tecnologia ver Baldwin e Gelhatly 1998.

¹⁰ A empresa *Invap S.E.* não é uma empresa de “alta tecnologia” em termos do critério da intensidade de P&D como porcentagem de investimentos sobre vendas (mais de 4% conforme a OECD, 1997), tampouco em termos da intensidade do capital de produção.

longo da trajetória sócio-técnica estudada nos quais o Estado mostrou-se determinante para a viabilidade do empreendimento.

Assim, a análise de quatro casos de empresas estatais em setores de alta tecnologia no Brasil e na Índia mostra que o alto poder do Estado para financiar, subsidiar e gerar ou controlar mercados para esse tipo de empresas, não é em todos os casos suficiente para sustentar uma intervenção neste tipo de setores. Os casos “exitosos”¹¹ entre os estudados neste trabalho mostram que além das motivações ‘não-econômicas’ dos governos vinculadas à promoção de setores considerados chave para a segurança nacional ou o desenvolvimento econômico nacional de longo prazo, deve somar-se a ativa intervenção de um ‘empreendedor público’ para levar adiante as iniciativas. A figura de um indivíduo que introduza agilidade e flexibilidade características do setor privado aparece como condição indispensável conforme esse autor.

Embora a abordagem escolhida no estudo de referência não se centra nas características dos processos de produção de conhecimento envolvidos, a análise oferece um panorama interessante vinculado à caracterização de experiências de empresas estatais em setores intensivos em conhecimento envolvendo diversos aspectos retomados nesta tese.

Existem alguns estudos de caso relativamente mais recentes sobre empresas que, tanto no Brasil como Argentina, lograram se posicionar como líderes no mercado internacional situando-se na fronteira tecnológica dos seus respectivos setores. Não se trata em todos os casos de setores intensivos em conhecimento, mas o seguimento em profundidade de ‘trajetórias tecnológicas’ locais resulta por momentos assimilável à busca que se realiza nesta tese. São poucos trabalhos, em primeiro lugar, porque as empresas em condições de ser objeto deste tipo de estudos não abundam na realidade latino-americana e, em segundo lugar, porque é assinalado na literatura o difícil acesso às firmas para a realização desse tipo de estudos.

¹¹ Neste trabalho se define o “sucesso” em termos da habilidade das empresas em encontrar clientes para seus produtos e para alcançar o domínio das tecnologias envolvidas na sua produção.

Um trabalho em princípio assimilável à busca realizada nesta tese pela ênfase posta na análise da produção de tecnologias consiste no estudo da trajetória tecnológica da empresa Petrobrás do Brasil na produção de petróleo ‘*offshore*’ (Furtado 1996). Partindo do conceito de ‘trajetória tecnológica’ de origem evolucionista¹², o trabalho analisa como se deu a evolução em termos de aprendizagem no caso de uma empresa que logrou alcançar a “fronteira tecnológica” no seu setor de atividade no âmbito internacional. É sustentado a partir da análise do caso que uma empresa grande de um país periférico pode alcançar dito posicionamento, mesmo a partir de uma trajetória baseada em inovações incrementais características das trajetórias tecnológicas de países subdesenvolvidos.

Criada na década de 60, até meados dos 80 a Petrobrás optou por uma estratégia de “empresa seguidora” através da compra de tecnologia importada que se ocupou de “dominar” no processo de sua adaptação às condições locais de produção. A opção da Petrobrás foi a de continuar aperfeiçoando a tecnologia já utilizada, adaptando essa tecnologia às condições de extração de gás e petróleo em águas cada vez mais profundas. Essa opção pelo “incrementalismo” foi a única viável para a firma ante a falta de recursos financeiros e tecnológicos para desenvolver opções que, por serem novas, implicariam gastos em P&D tão onerosos como arriscados. Este fato se viu minimizado em termos de suas desvantagens dentro do regime tecnológico setorial, já que coincidiu com a tendência dominante a um menor investimento em P&D depois da crise do petróleo dos anos 70. A partir de meados dos 80, a Petrobrás lançou uma série de programas de P&D que posicionaram a empresa entre as únicas na escala mundial (junto com um consórcio liderado pela Texaco do México) no desenvolvimento de tecnologias petrolíferas para águas profundas. Esses programas permitiram a sustentação e o aprofundamento do processo de aprendizagem acumulado, mas não permitiu à empresa posicionar-se como exportadora de tecnologia e de equipamentos para a indústria petrolífera *off shore*. O fato

¹² Os fatores que partem da perspectiva adotada neste trabalho para determinar a escolha de uma tecnologia em suas etapas iniciais de desenvolvimento são: do lado da oferta, as expectativas da empresa com relação ao potencial de retorno do investimento na inovação, condicionadas por sua vez por oportunidades tecnológicas e o grau de apropriabilidade da tecnologia; e, do lado da demanda, elementos como o tamanho do mercado, a influência sobre outros mercados e as oportunidades produtivas. Também no caso analisado se assinala que são importantes os fatores político-institucionais como determinantes dessas escolhas, especialmente na área energética, dada a repercussão das tecnologias utilizadas sobre o meio ambiente.

da indústria petrolífera se comportar como uma indústria madura que não requer grandes investimentos em P&D no âmbito internacional parece explicar, conforme esta perspectiva, a possibilidade de que uma empresa de um país periférico tenha podido se situar na fronteira tecnológica do setor.

A perspectiva adotada não introduz outros determinantes que não sejam os tecno-econômicos para a análise do desenvolvimento da trajetória tecnológica desenvolvida pela firma. Embora em um trabalho mais recente se introduz a categoria de “projetos nacionalistas” para definir um tipo de atividades de P&D desenvolvidas pela empresa orientado ao desenvolvimento endógeno de conhecimentos, se remete a uma definição do conceito de ‘nacionalismo’ relacionado à unidade da firma (Furtado e Gomes Freitas 2004). Por sua vez, é difícil encontrar em dito trabalho uma distinção clara entre as atribuições outorgadas pelos atores em oposição àquelas atribuídas pelos analistas ao que se denomina uma “estratégia nacionalista” para abordar projetos de P&D dentro da empresa. Embora a ênfase posta no desenvolvimento tecnológico aproxima o interesse desta tese a este tipo de estudos, tanto o marco analítico quanto o tipo de produção tecnológica analisada não permitem fazer um uso comparativo das conclusões por ele obtidas.

Outro caso é o de um estudo sobre a empresa Argentina *Industrias Metalúrgicas Pescarmona S.A. (IMPSA)*, de capital nacional, que alcançou um nível tecnológico tal que tornou possível a exportação por parte da firma de produtos complexos - turbinas hidroenergéticas - e sua transformação em uma multinacional (Gutiérrez 2000, Gutiérrez 2003). Talvez se trate do único caso argentino comparável ao analisado nesta tese em termos dos critérios estabelecidos para sua seleção. Fundada em 1907 por um imigrante italiano, *Talleres Metalúrgicos Pescarmona*, se inicia como uma metalúrgica mendocina que desenvolve equipamentos vinculados à indústria vitivinícola regional (bombas de irrigação e outros equipamentos para adegas). A partir dos anos 40, o protecionismo que prevalecia na economia Argentina e as obras de engenharia levadas adiante pelo governo da Província de Mendoza lhe permite continuidade e uma relativa diversificação. Em meados dos anos 70 registra um salto quali-quantitativo no marco do desenvolvimento de grandes obras públicas no setor hidroenergético que a leva a se autodefinir como “uma

produtora de bens de capital de alto valor agregado”. Até o final dos 80 se consolida no mercado internacional como contratada de grandes obras e fornecedora de serviços complexos, o que a leva a uma nova autodenominação como “empresa de engenharia” em um setor no qual são poucos os participantes do mercado ofertante e praticamente inexistentes aqueles provenientes de países menos desenvolvidos.

Embora a explicação do “crescimento protegido” no marco do modelo ISI e ao amparo da “benedição política” dos diferentes governos pode dar conta de uma parte da história dessa empresa, o sucesso obtido nos 90 como fornecedora de turbinas e plantas hidroenergéticas para o mercado internacional não pode ser explicado só nesses termos. A empresa passou do provimento de peças complexas para centrais nucleares e hidroelétricas à produção de geradores e turbinas como produtos finais, até chegar a encarregar-se da obra completa de instalação de centrais hidroenergéticas no país e no exterior. A hipótese básica do trabalho de referência é que dito posicionamento internacional tem sido o resultado de uma estratégia empresarial orientada à absorção e domínio autônomo da tecnologia. Apesar do enfoque analítico do trabalho utilizar as noções de ‘estratégia’, ‘estrutura’ e ‘oportunidade’ de origem chandleriano e, nesse sentido não coincidir com o adotado nesta tese, será utilizada a informação desse estudo que comparativamente nos permita corroborar ou não processos analisados no caso selecionado. Nesse sentido, esse trabalho será retomado – assim como toda outra informação secundária relevante – no item de conclusões.

Sobre o caso da empresa Argentina *INVAP S.E.* analisado nesta tese não existem trabalhos analíticos prévios aos desenvolvidos no marco do projeto de pesquisa que dá origem a esta tese (Thomas, Versino e Lalouf 2003; Versino, Thomas e Lalouf 2004). Existe um trabalho inédito escrito por um dos integrantes da firma que pôde ser utilizado como fonte primária para a obtenção de informações (Santos s/d). Trata-se da história de um dos primeiros projetos da empresa, o desenvolvimento da planta de enriquecimento de urânio, que embora seja um dos principais projetos iniciais da empresa só abarca o acontecido em uma das fases do seu desenvolvimento. Existe também uma tese de mestrado não publicada que analisa a partir de um enfoque antropológico o debate acerca

das questões ambientais suscitado pela venda de um reator nuclear para a Austrália (Spivak L'Hoste 2003).

1.3. A análise ideológica e de políticas

Outra vertente de análise é constituída por trabalhos que se encaixam dentro da tradição da Ciência Política ou da análise de Políticas. Dado que na América Latina o desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento esteve estreitamente vinculado à intervenção estatal, existem estudos que se ocupam dos aspectos institucionais, ideológicos e geopolíticos considerados chaves para a sua explicação. Nesses casos, não muito numerosos, têm sido desenvolvidas explicações que dão conta da construção de capacidades científico-tecnológicas locais e a sua materialização na constituição de empresas públicas ou privadas orientadas ao desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento.

Esses trabalhos, em forma explicitamente contraposta à tradição econômica de estudos sobre aprendizagem tecnológica, estão centrados na influência de variáveis de nível meso e macro no desenvolvimento tecnológico e industrial. Em particular são considerados os casos de Brasil e Argentina referentes aos setores nuclear (Solingen 1996), nuclear e informático (Adler 1986, 1987, 1988) e da indústria bélica (Dagnino 1989, 1994; Dagnino e Proença Jr. 1998). As principais temáticas abordadas por esses trabalhos referem-se às relações existentes entre a difusão das ideologias do 'progresso', 'desenvolvimento' e 'modernização' nas políticas tecnológicas nacionais; a determinação das estruturas políticas domésticas e as características das instituições setoriais de políticas industriais; e a importância da função geoestratégica conferida pelos governos militares aos desenvolvimentos em áreas como a nuclear, aeroespacial ou de armamentos.

Assim, o trabalho de Solingen (1996) explica as diferenças no desenvolvimento de políticas industriais na área nuclear nos casos de Argentina e Brasil em função dos diferentes graus de consenso macropolítico e de autonomia institucional da burocracia

setorial. No Brasil, um alto grau de consenso macropolítico com relação às metas e meios para o desenvolvimento industrial, mas com um processo de tomada de decisões setorial segmentado, levaram a indústria nuclear a desenvolver-se da mesma maneira que o grosso da indústria nacional, isto é, mediante a compra de tecnologia estrangeira. Enquanto que na Argentina um baixo nível de consenso macropolítico, não obstante com instituições setoriais com um alto grau de autonomia para a tomada de decisões, permitiram um desenvolvimento nuclear exitoso. Neste trabalho a mudança tecnológica é vista como uma variável dependente ou “uma função dos determinantes macropolíticos e institucionais” (Solingen 1996: 184) e não é um objeto de análise enquanto processo de produção de conhecimento.

Os trabalhos de Adler, por sua vez, mostram que os fatores “estruturais” não podem explicar as razões da existência de projetos tecnológicos autônomos em setores nos quais não é esperável que participem países subdesenvolvidos. Em particular, sustentam que a ideologia tecno-nacionalista de certos grupos pragmáticos anti-dependentistas no interior das instituições estatais setoriais determinaram o sucesso desses projetos. Também com ênfase na análise dos valores geoestratégicos dos distintos setores das Forças Armadas, Dagnino e Proença Jr. explicam os desenvolvimentos realizados pela indústria armamentista brasileira.

Em seu conjunto, as ferramentas conceituais e analíticas utilizadas nesses trabalhos, orientadas por outros interesses, não conseguem captar as relações de ordem micro que estão na base dos fenômenos de produção de conhecimentos tecnológicos. Não obstante, suas conclusões são de especial interesse para a compreensão das dimensões institucional, política e ideológica do caso de análise desta tese.

1.4. O enfoque sociológico na análise de tecnologias intensivas em conhecimento

Uma linha que se aproxima ao enfoque adotado nesta tese é a das análises micro da mudança tecnológica que, no marco de enfoques provenientes de disciplinas como a antropologia ou a sociologia, buscam relacionar os fenômenos tecnológicos aos processos culturais em que se encontram imersos (Santos e Díaz 1997, Vessuri 1997). Trata-se de trabalhos ainda incipientes, que não têm avançado no desenvolvimento de ferramentas analíticas que articulem os processos micro/macro ou que, até o momento, não têm dado praticamente conta de produções tecnológicas intensivas em conhecimento. A seguir apresentamos os poucos casos encontrados.

Existe um trabalho de análise de uma inovação tecnológica realizada a partir de uma perspectiva sócio-técnica no caso da indústria petrolífera da Venezuela (Vessuri e Canino 1996) e outro de corte histórico sobre a construção do ‘caça nacional’ argentino (Lalouf 2005). Recentemente se estão somando outras análises de empresas e de produção de tecnologias na América Latina, sejam casos “exitosos” ou não em termos comerciais, partindo dessa perspectiva de análise (Canino e Vessuri 2006; Fernandes e Cukierman 2006). Nesses estudos se mostra a potencialidade do enfoque sócio-técnico construtivista para captar o papel adotado pelos diferentes atores nos desenvolvimentos tecnológicos analisados. Não obstante, ainda é limitada a utilização do mesmo para lograr explicações que vinculem esses aspectos a problemas de nível macro em suas diferentes dimensões. Também se encontra praticamente ausente nesses estudos a exploração das categorias da economia da inovação para interpretar os resultados encontrados.

Um caso interessante em termos comparativos para a análise realizado nesta tese é constituído por dois trabalhos sobre o setor informático de Brasil realizados desde uma perspectiva calloniana de análise sócio-técnica (da Costa Marques 2000, 2004). No primeiro caso se trata da análise da política de reserva de mercado no setor informático que se implementou entre 1977 e 1990 como um instrumento de promoção do desenvolvimento tecnológico local através da produção de computadores. A análise mostra como dita política antes de ser entendida como o fracasso que atualmente

representa para o imaginário brasileiro, foi durante os 70 uma experiência de “interação positiva entre os princípios democráticos e um projeto de desenvolvimento tecnológico do país” (da Costa Marques 2000: 111). E isso foi assim graças à existência de um “coletivo técnico e politicamente agenciador” conformado por profissionais críticos e politicamente ativos, que operacionalizaram durante os 70 a política de reserva de mercado de minicomputadores. Quando apareceram os microcomputadores no mercado durante os 80 a intervenção militar aos órgãos encarregados de implementar a política, desarticulou a participação desse coletivo e as medidas de política não se adequaram criticamente ao novo cenário. Isso levou ao conseguinte fracasso de uma política que replicou medidas prévias para um novo objeto, sem o apoio do debate da comunidade de informática sobre as questões industriais, comerciais e tecnológicas comprometidas.

O segundo trabalho é constituído pelo estudo do patenteamento e produção de clones de distintos modelos de computadores Macintosh por parte da firma Unitron de Brasil. Trata-se dos modelos Mac 512 - denominado o “Mac da periferia” - e o modelo Mac 1024 que lograram ser copiados através de engenharia reversa, sem infringir os direitos de propriedade intelectual da empresa *Apple*. No trabalho se sustenta que as explicações técnicas e legais são insuficientes para dar conta do fenômeno e se mostra como operaram um conjunto de elementos heterogêneos (“as empresas competidoras no mercado de PCs”, os “conflitos políticos com os EUA”, os “amigos do presidente” Sarney nesse momento, as “questões morais (e não legais)” envolvidas). A dualidade colonizado/nacional e colonizador/estrangeiro é explorada para identificar as diferentes “traduções” callonianas que levaram ao “sucesso” e posterior “fracasso”/fechamento da iniciativa. O estudo da empresa Unitron mostra, segundo o autor, que se uma empresa pequena com um equipamento muito limitado em um país periférico foi capaz de produzir um caso para ser submetido a juízo, é possível afirmar que é viável e relativamente barato gerar produtos tecnologicamente sofisticados por engenharia reversa de forma legal. Mas isso não pode ser explicado a partir de questões técnicas ou legais, senão mediante a análise de como foram criados novos espaços de negociação para fazer de uma “imitação”/“cópia” inaceitável do colonizado – em tanto contraposta ao “original” estrangeiro – uma “engenharia reversa” aceitável.

1.5. Considerações finais

Essa breve referência à literatura que se ocupa de analisar a produção de tecnologias intensivas em conhecimento na América Latina teve por objetivo situar o trabalho que será apresentado a seguir no marco da literatura existente sobre o tema. Cabe destacar que em cada uma das linhas e trabalhos apresentados são analisados distintos aspectos do fenômeno tecnológico que em muitos poucos casos, por enquanto, são postos em inter-relação na análise. Ao mesmo tempo, são poucos os trabalhos que se ocupam da produção de conhecimentos em si mesma. Em geral, se apresentam as decisões tecnológicas das firmas como decisões de sujeitos unívocos dotados de uma racionalidade econômica de mercado. Poucas vezes essa lógica é entendida em termos dos atores tecnológicos que atuam no desenvolvimento dos conhecimentos, cuja racionalidade dista muito de ser exclusivamente orientada por questões de custo-benefício.

No capítulo seguinte se constrói um marco analítico-conceitual compreensivo que permite iluminar, ao mesmo tempo, todas as dimensões e elementos que intervêm nos processos de construção de conhecimento tecnológico. Dito *framework* analítico se aplica depois na análise de um caso, como uma forma de pôr a prova sua capacidade explicativa. A intenção da tese é não pouco ambiciosa e por isso – como as tecnologias – deve ser lida como um produto, mas também como um processo.

Capítulo 2 – Acerca das ferramentas teórico-metodológicas utilizadas: a construção do *framework* analítico

2.1. Introdução

Como objetos de estudo, a mudança tecnológica em geral e a produção de tecnologias intensivas em conhecimento em particular são temas complexos. Os trabalhos que têm se ocupado da construção de teorizações com relação à mudança tecnológica ainda não têm elaborado marcos teóricos que possam dar conta dessa complexidade de uma maneira completa e consistente. A maioria das aproximações existentes provêm de diferentes matrizes disciplinares (história, economia, sociologia, política etc.) e abordam a mudança tecnológica de forma segmentada e parcial, respondendo aos interesses cognitivos próprios de sua tradição disciplinar.

O capítulo anterior se ocupou de realizar uma revisão da literatura dedicada ao estudo do desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento no contexto latino-americano. Nele pôde-se constatar que as aproximações conceituais existentes não dão conta do objeto que, a partir de uma abordagem conceitual alternativa, se constrói e se analisa neste trabalho.

A noção de '*framework analítico*' é referente a uma construção teórico-conceitual desenhada *ad-hoc* para a análise de um objeto que ainda não tem sido conceitualizado, nem operacionalizado a partir das ferramentas conceituais selecionadas. Por tratar-se de uma construção arbitrária, oferece a oportunidade de integrar um conjunto de categorias provenientes de diferentes marcos teóricos, deixando ao mesmo tempo aberta a possibilidade de criar novas categorias e conceitos mais adequados à descrição das características do objeto de estudo analisado. Obviamente, os riscos da liberdade que outorga um dispositivo destas características não podem ser assumidos sem que antes sejam estendidas as 'redes de segurança' necessárias para impedir a realização de saltos

epistemológicos inadequados. Com o objetivo de explicitar essas decisões e suas consequências para a posterior análise se desenvolve o presente capítulo.

Parte-se de conceber a tecnologia como um processo de construção social de múltiplas dimensões. Esse ponto de partida define a escolha de uma abordagem de corte eminentemente sociológica para a construção do *framework* analítico utilizado. Assim, as categorias teóricas e as estratégias metodológicas provenientes do **programa construtivista da sociologia da tecnologia** (Programa *SCOT*) cumprem um papel diferenciado dentro do conjunto de ferramentas selecionadas. Elas definem o espaço explicativo no marco do qual se integram as categorias provenientes de outros marcos teóricos. As diferentes dimensões dos processos de produção de tecnologias considerados requerem um particular instrumental teórico. Nesse sentido, trata-se de complementar as ferramentas teórico-metodológicas construtivistas na análise de algumas dimensões que têm sido pouco consideradas por esta abordagem. Forma parte da tarefa de construção do *framework* analítico desta tese explicitar as categorias a ser utilizadas e as formas em que as mesmas se integram no exercício de reconstrução analítica dos processos de desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento estudados.

São apresentados a seguir quatro itens nos quais, a partir de aproximações sucessivas, se explicita a proposta teórico-metodológica adotada. Em primeiro lugar, é explicado o motivo da escolha de uma abordagem sócio-técnica e da triangulação teórica realizada. Em seguida, são enumeradas as categorias que utilizadas tanto na reconstrução analítica como na posterior análise do caso trabalhado. Em terceiro lugar, são apresentados os procedimentos utilizados para operacionalizar as categorias selecionadas e, por último, é apresentada a abordagem metodológica e a forma de apresentação dos resultados.

2.2. Acerca do porquê da escolha de uma abordagem sócio-técnica e da triangulação teórica realizada

A adoção de um *framework* de corte eminentemente sociológico deriva tanto do objeto como dos objetivos de pesquisa selecionados¹³. Recupera-se, para mostrar isso, a pergunta com a que se inicia a pesquisa: “como tem sido possível e economicamente viável o desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento em países que se caracterizam por mostrar pouca relação entre pesquisa e produção e nos quais o usual é a produção de bens com escasso valor agregado, pouco diferenciados e intensivos em recursos naturais e mão-de-obra barata?”.

2.2.1. Com relação ao objetivo da pesquisa

Há algo particularmente indicativo na pergunta que se formulou ao início desta pesquisa: trata-se de uma pergunta pelo ‘como’ e não, ao menos em princípio, pelo ‘por que’ (Law e Bijker 1992a). Partindo da pergunta acerca de ‘como foi possível’ a geração de tecnologias intensivas em conhecimento em contextos em que isso não era esperável, pretende-se alcançar uma descrição que permita trazer à luz os elementos que constituem (se o fazem) um “estilo tecnológico” particular de construir tecnologias em nossas sociedades. Esse ponto de partida não é neutro. Há um suposto subjacente no enfoque selecionado que sustenta que explicar o *como* é o caminho mais adequado para encontrar os *porquês* ou, inclusive, a única maneira de chegar a responder perguntas de esse tipo.

Considera-se a esse enfoque como o mais adequado para o estudo do objeto considerado, dada a necessidade de construir novas categorias que dêem conta das particularidades do desenrolar de processos de construção de tecnologias em países subdesenvolvidos. Não só as ferramentas teóricas existentes são limitadas para o

¹³ É sabido que explicar esta decisão envolve introduzir considerações acerca das preferências da pesquisadora, mas a finalidade desses comentários é apenas mostrar a pertinência do enfoque adotado para realizar o estudo proposto.

seguimento de processos de geração de tecnologias em países periféricos por ter sido pensadas para outras realidades; assim também, esses processos adquirem uma complexidade e especificidade próprias, por se desenvolverem em espaços nos quais não existe uma densidade tecno-produtiva que induza à adoção de comportamentos relativamente homogêneos para o conjunto dos atores¹⁴. Embarcar-se em investigações com marcos teóricos que estabelecem relações causais lineares entre variáveis predeterminadas inibiria a possibilidade que uma perspectiva como a adotada abre para compreender novas realidades.

2.2.2. Com relação ao objeto da pesquisa

Não faz falta reproduzir aqui as argumentações que falam da complexidade que caracteriza os processos de produção de tecnologias. Resulta relevante avançar sobre o enfoque sócio-técnico selecionado para analisar processos de produção de tecnologias, dado que introduz uma ‘novidade’ a respeito de perspectivas analíticas prévias. A mesma se baseia na idéia de que não é possível distinguir *a priori* ‘fatores’ que, como vetores exógenos, determinam os processos de produção de tecnologias. A saber, existem elementos políticos, sociais, culturais, econômicos etc., mas eles não são exógenos ao processo de construção das tecnologias. Entendidos como dimensões, devem ser identificados a partir da descrição empírica do processo estudado, isso é, historiando a forma em que ditas dimensões operaram em cada caso.

A idéia de “tecido sem costuras” presente nas perspectivas construtivistas coloca não só que os elementos ‘não-tecnológicos’ são importantes para compreender a construção de tecnologias e que não se pode determinar por adiantado quando um problema deve ser tratado como social ou como tecnológico. Essa idéia também propõe a construção de um novo objeto de estudo que se define como ‘sócio-técnico’. A própria “natureza” de dito objeto é então diferente à dos objetos construídos a partir de enfoque tradicionais, os

¹⁴ Ainda quando partindo de uma visão crítica com relação à existência de ‘*best practices*’ passíveis de ser replicadas por diferentes atores tecnológicos, é reconhecido o fato de que a imitação é um mecanismo utilizado para a incorporação de conhecimentos nas organizações (Nelson e Winter 1982).

quais – em geral – continuam estabelecendo claras distinções entre os aspectos sociais e técnicos. Partindo dessa perspectiva, ‘o social’ e ‘o tecnológico’ se constroem em um mesmo movimento e não podem discernir-se mais que analiticamente no exercício retórico próprio do discurso científico, o qual deve por sua vez – sendo consciente disso – tentar recuperar o fenômeno analisado da maneira que permita dar melhor conta da concepção do seu objeto.

O suposto ontológico/epistemológico¹⁵ que está na base da perspectiva construtivista adotada é que a realidade é socialmente construída (Berger e Luckmann 1994). Parte-se da idéia de que as tecnologias são construídas socialmente a partir da experiência e a interpretação cognitiva que os atores constroem sobre ela. A tecnologia existente não é a única possível no caminho de desenvolvimento de uma lógica determinada por aspectos ‘puramente técnicos’. Pelo contrário, é o resultado de diversas negociações por parte de diferentes grupos de atores, negociações que não se pode supor que sejam determinadas por algum fator exógeno em particular. Daí, a impossibilidade de prever hipóteses que segmentem a mirada em forma prévia, em função da identificação de variáveis definidas como aquelas que são as determinantes dos processos de mudança tecnológica.

Desta maneira, a análise empírica proposta por esta pesquisa, requer um instrumental analítico que permita o seguimento de experiências concretas nas quais o conhecimento tecnológico foi gerado e utilizado produtivamente. A partir da perspectiva adotada, a existência de produções tecnológicas não pode ser explicada por um só fator: uma só iniciativa de política, uma só oportunidade de mercado, uma disponibilidade de recursos ou um determinado acúmulo de capacidades tecno-produtivas. Daí a necessidade de contar com ferramentas que, em função de seus diferentes níveis de corte analítico e de alcance explicativo e do enfoque teórico do qual provenham, permitam analisar e ordenar a informação empírica, ao mesmo tempo em que a integrem e a combinem em argumentações de um maior poder explicativo.

¹⁵ O debate acerca dos problemas derivados desse pressuposto é desconsiderado a partir da perspectiva dos estudos da sociologia da tecnologia: não se assume nenhuma posição ontológica a respeito da realidade, nem tampouco sobre os aspectos epistemológicos vinculados ao seu conhecimento (Bijker 1993).

2.2.3. Acerca da triangulação teórica realizada

O *framework* analítico construído, embora de orientação sociológica, introduz categorias desenvolvidas no marco da ‘economia da inovação’. Uma das perguntas pouco explicadas nos trabalhos da economia evolucionista é a de por que a tecnologia muda e como o faz, por que uma solução e não outra prova ser ‘paradigmática’. Nesse sentido, pode-se dizer que as análises evolucionistas se ocupam de analisar os resultados das mudanças tecnológicas ou das relações usuário-produtor e não tanto os processos que estão por trás da aparição desses resultados que é o que se busca analisar nesta tese.

A complementaridade dessas duas perspectivas tem sido explorada por vários autores já desde inícios dos anos 90 (Blume 1991; Bruun e Hukkinen 2003; Coombs, Saviotti, e Walsh 1992; Geels 2004; Mac Kenzie 1992; Thomas 1999; Vergragt, Groenewegen, e Mulder 1992). A possibilidade de utilizar esses dois enfoques de maneira complementar se justifica ao menos por três razões de tipo teórico-epistemológico. Em primeiro lugar, ambos enfoques partem da realização de trabalhos empíricos para gerar as categorias que conformam seus corpos teóricos outorgando a eles um mesmo tipo de fundamento corroborativo. Em segundo lugar, não só compartilham uma mesma vocação pelo estudo de fenômenos singulares, mas também se orientam pelo interesse de integrar-los numa análise de um nível de agregação maior. Por último, ambas vertentes se caracterizam por pôr em inter-relação elementos heterogêneos. Tanto os trabalhos da ‘sociologia da tecnologia’ de raiz construtivista, como os da ‘economia da inovação’ –claramente diferenciados dos produzidos pelo *mainstream* disciplinar da economia–, integram em suas análises aos diversos atores (produtores, usuários, instituições, sistemas de inovação etc.) e as diferentes dimensões que conformam aos processos de mudança tecnológica (cultural, econômica, política, tecnológica, científica, social, estratégica, organizacional, de gestão etc.) tradicionalmente apresentadas como separadas nas análises estritamente disciplinares.

Assim, se incorporam conceitos provenientes de alguns sub-campos das ciências sociais como os da análise organizacional, político, ideológico e espaço-territorial, para compreender algumas das dimensões a ser consideradas nos processos de produção de

tecnologias analisados. Cabe destacar que as ferramentas vinculadas aos aspectos organizacional e espacial em particular têm sido escassamente trabalhadas, quando não definitivamente ausentes, nos trabalhos realizados desde a perspectiva *SCOT* (Santos 1997).

Porém, só em parte a introdução de categorias provenientes de outros enfoques analíticos pode ser explicada em função do objeto desta tese, dado que a mesma não tenta uma busca estritamente assimilável à do enfoque construtivista do programa *SCOT* da sociologia da tecnologia. Nesse sentido, a tese não tem por objetivo nem realizar a análise de um artefato singular, nem demonstrar que as tecnologias analisadas foram “socialmente construídas”; senão que inicia sua busca com a intenção de compreender como é que as mesmas foram desenvolvidas a partir da conformação dos grupos sociais que lograram se apropriar do conhecimento necessário para produzir-las. O interesse último é o de identificar modalidades particulares características das intervenções tecnológicas locais, que possam ajudar na definição de políticas científico-tecnológicas mais adequadas ao que “de fato acontece” no âmbito regional.

2.3. Uma definição preliminar do objeto de estudo

Estabelece-se uma definição preliminar das noções de tecnologia e tecnologia intensiva em conhecimento adotadas nesta pesquisa. Uma definição conceitual desse tipo estará presente inevitavelmente ao longo do trabalho, daí a preferência por explicitar-la de forma prévia à apresentação da busca empírica e teórica realizada.

2.3.1. Uma “definição genérica” do objeto: a noção subjacente de tecnologia

O termo **tecnologia** engloba tanto uma **forma social de conhecimento** quanto determinadas **práticas e produtos**. Em particular, os produtos ou artefatos – a forma com que normalmente partindo do senso comum a palavra tecnologia é associada – são a

materialização de práticas e conhecimentos tecnológicos. Essa distinção permite estabelecer dois aspectos em que se apresenta a tecnologia e que precisam ser diferenciados quando se pretende conhecer a ela; isso é, a tecnologia pode ser vista **como processo** e **como produto**. Essa diferenciação é chave para esta tese porque, embora ao longo da mesma são feitas referências a determinados produtos desenvolvidos na trajetória sócio-técnica analisada, o objeto de estudo é o processo em relação ao qual esses produtos são uma manifestação material entre outras.

De acordo com a visão construtivista selecionada para a realização desta pesquisa, a **tecnologia** – seja enquanto processo ou produto – é uma **atividade social** da qual **participam** uma **multiplicidade de atores** (Mac Kenzie e Wajcman 1985). Isso supõe duas características centrais que estariam presentes na análise dos processos selecionados. Por um lado, a tecnologia é entendida como uma **relação social** e, por outro, enquanto atividade humana é ao mesmo tempo compreendida como uma **atividade simbólica**.

Uma crítica realizada à perspectiva construtivista está relacionada à idéia de que o enfoque da construção social da tecnologia é centrado nos ‘atores’ e não dá conta dos ‘fatores estruturais’ que determinam os processos de mudança tecnológica. Porém, para alguns autores dentro dessa linha de trabalhos e também para o enfoque que se adota nesta tese, tanto os atores como as estruturas são considerados “produtos”: criar um ator é também criar uma estrutura e a criação de uma estrutura implica a criação de um ator (Law e Bijker 1992b). Os atores tanto como as estruturas são vistos como um conjunto de relações heterogêneas e contingentes e essa é a visão da qual não compartilham aqueles que consideram que esta perspectiva esquece dos elementos estruturais.

O estudo de caso analisado na tese é o de uma empresa Argentina produtora de bens intensivos em conhecimento. Porém, a empresa não constitui a unidade de análise selecionada. A empresa enquanto a forma legal adotada para o desenvolvimento de ditas tecnologias constitui parte da dimensão organizacional da trajetória sócio-técnica analisada, que envolve também outros atores tecnológicos como protagonistas. São denominados **atores tecnológicos** aqueles atores sociais diretamente vinculados com as

atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos, processos e organização da produção (Thomas 1999). Nesse sentido, a empresa é um ator entre outros dos que participam nos processos analisados, mas não a unidade de análise de referência desta tese sobre a que se pretende extrair conclusões gerais.

Nesta tese, diferentemente dos estudos realizados no marco do Programa *SCOT*, não se trata de realizar o seguimento de artefatos isolados, mas de **“famílias” de produtos** ou **“pacotes tecnológicos”** que se desenvolvem a partir de determinadas trajetórias sócio-técnicas. As perguntas acerca de quais foram os grupos sociais que intervíram na criação das tecnologias analisadas e que interpretação realizaram delas, são o ponto de partida da indagação empírica, mas o objetivo do trabalho consiste na reconstrução analítica de ‘trajetórias’ que se desenrolam no tempo ao interior das diferentes ‘dinâmicas sócio-técnicas’ locais. Daí que esses dois conceitos sejam centrais para a organização do relato e da análise do caso proposto.

Aqui seria aplicável a crítica derivada do ‘princípio de simetria’ e seu complemento ‘de imparcialidade’ da sociologia do conhecimento (Bloor 1976) - introduzido na análise da tecnologia por Callon (1986) -, que indica que tanto as trajetórias exitosas como as que não o são deveriam ser analisadas. Porém, a trajetória sócio-técnica estudada permite contemplar ambas possibilidades se for levado em conta que durante seu desenvolvimento foram geradas tecnologias que não lograram materializar-se sequer sob a forma de protótipo. Em nosso caso, a referência ao “sucesso” está vinculada à sustentação no tempo de empreendimentos que lograram uma continuidade pouco usual para o âmbito local na produção de tecnologias intensivas em conhecimento. Porém, uma análise das tecnologias desenvolvidas ao interior de cada uma de ditas trajetórias permite encontrar exemplos que não conseguiram ‘se estabilizar’ ou tão sequer ‘funcionar’.

A incorporação de categorias provenientes da economia nas quais não se encontra suposta essa maneira de conceber a tecnologia, será realizada através da redefinição de seu alcance a partir de críticas já recebidas por parte de autores construtivistas ou introduzindo as ressalvas necessárias para uma interpretação consistente com o enfoque adotado. Assim, por exemplo, a noção de mercado é concebida não mais em termos de

um conjunto de agentes atuando em relações de compra e venda a partir de uma ‘racionalidade limitada’ pela falta de um conhecimento perfeito (Nelson e Winter 1982; Simon 1959), mas essa ‘racionalidade’ se relaciona por sua vez com o grau de “*embeddedness*” / “enraizamento” dos raciocínios e estratégias dos diferentes atores no espaço sócio-técnico em que se desenvolvem (Callon 1998; Granovetter 1985).

2.3.2. Uma “definição específica” do objeto: as tecnologias intensivas em conhecimento

No capítulo anterior foi feita uma referência à literatura que se encarregou de realizar análises sobre setores, empresas ou desenvolvimentos “de base tecnológica”, “conhecimento-intensivos” ou “de alta tecnologia”, simplesmente a partir das definições e da terminologia que os autores estabeleceram para dar conta do seu objeto de estudo. Como foi assinalado, a variedade de formas através das quais é possível definir esse objeto faz necessário explicitar os parâmetros que guiaram a busca de cada pesquisa.

Existem diversas formas de definir os objetos (tecnologias, firmas, trabalhos, trabalhadores, setores da economia) dos quais se predica a qualidade “conhecimento-intensivo”; obviamente, nenhuma delas é definitiva. Em particular, o conhecimento é muito difícil de ser quantificado/observado e, conseqüentemente, a “intensidade” do conhecimento é uma noção por si elusiva. Nos fatos, o conceito de **tecnologias e firmas intensivas em conhecimento** é socialmente construído e dificilmente possa ser encontrado um critério objetivo para sua identificação (Alvesson 2000).

Geralmente se faz referência a setores “conhecimento-intensivos” ou “baseados em ciência” (Pavitt 1984) incluindo entre eles as indústrias de biotecnologia, informática, eletrônica, farmacêutica e aeroespacial. Porém, não necessariamente todas as firmas de um setor desse tipo, nem todas as tecnologias que se desenvolvem ao interior desses setores são intensivas em conhecimento. Embora à continuação são apresentados alguns parâmetros do que é considerado intensivo em conhecimento nesta tese, a escolha do caso sob estudo foi definida -segundo a metodologia adotada pela pesquisa- através da

consulta a especialistas que o identificaram como exemplo paradigmático de uma empresa nacional com uma trajetória pouco usual no desenvolvimento de produtos com um alto valor agregado em conhecimento. A isso se pode somar que se teve em conta o tipo de atividade a que se dedica a firma (desenvolvimento e venda de produtos complexos que requerem pessoal altamente qualificado e o uso de conhecimentos não estandardizados para sua produção) e os setores nos quais atua (nuclear e aeroespacial).

Tendo em conta o foco desta tese, interessa referir a essas tecnologias em função do tipo e da forma de aplicação do conhecimento utilizado. Nesse sentido, buscaram-se experiências nas quais se verifica a capacidade de resolução de problemas complexos a partir de soluções criativas que, em apenas alguns casos, podem ter sido também ‘inovadoras’. Não necessariamente uma tarefa criativa envolve conhecimentos complexos, nem tampouco uma tarefa estandardizada para a qual é necessário uma importante bagagem de conhecimentos é uma atividade intensiva em conhecimento. O que define o desenvolvimento desse tipo de tecnologias é o requerimento de conhecimento novo para a resolução de problemas complexos. É possível dizer, a partir do interesse desta tese, que se trata de **tecnologias para cujo desenvolvimento é necessária a atualização de conhecimentos provenientes de diferentes áreas disciplinares e sub-disciplinares em circunstâncias novas e não estandardizadas**. A análise desse tipo de tecnologias se apresenta especialmente adequado para compreender a lógica de produção de conhecimento tecnológico e as formas em que se vinculam os atores envolvidos no seu desenvolvimento.

A definição de tecnologia intensiva em conhecimento exige que se faça outra aclaração sobre o uso do termo nesta tese. Nesse sentido, usualmente se denomina tecnologia ao conjunto de conhecimentos orientados à produção de algum bem ou serviço referente ao manejo de técnicas de produção. Ao longo da tese, porém, a noção de tecnologia fará referência também a outro tipo de conhecimentos especialmente importantes para a produção em setores de produtos complexos que se vinculam às dimensões organizacionais, mas também sociais e ideológicas envolvidas no seu desenvolvimento.

2.4. O *framework* analítico desenvolvido

Depois de ter definido de um modo preliminar o objeto de estudo, são introduzidas nesse item as ferramentas analíticas orientadas a captar os diferentes elementos que o constituem. É preciso aclarar que o desenvolvimento de um '*framework*' analítico compreensivo se realiza com o fim de estabelecer os critérios de observação dos fenômenos analisados. Não se trata de um marco conceitual que esteja presente em todo momento na análise realizada. E isso é assim porque de fato nunca é possível *a um mesmo tempo* dar conta de todas as dimensões ou elementos de uma realidade determinada. Assim, se explicitam para o que se tem denominado cada *dimensão* do fenômeno analisado, por um lado, aquelas concepções que se constituem em critérios subjacentes da análise e, por outro, as categorias selecionadas para a sua operacionalização em exercícios analíticos posteriores.

São apresentadas, em primeiro lugar, as **categorias** que podem ser caracterizadas como constitutivas de um nível de conceitualização mais agregado. Trata-se de ferramentas analíticas que permitem dar conta do objeto de estudo selecionado mediante descrições mais 'densas', dado que colocam em interjogo os diferentes elementos analisados em função dos recortes realizados conforme diferentes dimensões e níveis de análise. Em um segundo momento são introduzidas as noções que, em um nível de análise mais desagregado, correspondem às diferentes **dimensões do objeto** (econômica, organizacional, cognitiva, política, ideológica e espaço-territorial) e seus respectivos níveis **de análise** (macro, meso, micro). Ditas noções permitem dar conta dos elementos empíricos coletados, em função de recortes que se assemelham às diferenciações disciplinares ou sub-disciplinares estabelecidas tradicionalmente para a análise da tecnologia.

É necessário referir a algumas distinções iniciais com relação à forma com que são trabalhados os diferentes 'níveis de análise' em cada dimensão. Para todas as dimensões

que são consideradas constitutivas do objeto de estudo analisado a literatura estabelece diferentes recortes conforme níveis de análise. Assim, por exemplo, na literatura econômica sobre a mudança tecnológica a dimensão organizacional por vezes refere-se aos aspectos internos às firmas e, por outras, ao conjunto mais amplo de instituições que integram um “sistema nacional de inovação”. Partindo da perspectiva adotada nesta tese, não se pode sugerir uma separação entre essas esferas estabelecidas inicialmente para, em um momento analítico posterior, vincula-las causalmente. Ainda assim, e quando se trata da descrição de fatos que precisam ser introduzidos para a análise, essa distinção é tida em conta para evitar o risco de que confundam tipos de fenômenos que não podem se correlacionar de forma causal direta e que requerem de mediações para ser introduzidos em relações explicativas específicas. Assim, a distinção conforme níveis de análise não se adota para dar conta de relações causais preestabelecidas, e sim para identificar fenômenos considerados usualmente de diferente “natureza”.

2.4.1. A reconstrução analítica em termos sócio-técnicos: principais categorias, sua definição e alcance explicativo

Em esse apartado se apresentam, em primeiro lugar, as noções que organizam a reconstrução analítica dos fatos relevados e nesse sentido ‘constituem’ o objeto investigado. Se o objeto ao que refere esta tese é “novo” para a literatura, isso se deve à utilização de ditas ferramentas analíticas. Enquanto se trata da análise de **trajetórias sócio-técnicas** de desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento e não da análise de “artefatos” ou “tecnologias” particulares, as dimensões a ser consideradas são analisadas com a ajuda de ferramentas conceituais de outras vertentes analíticas que têm desenvolvido conceitos e categorias específicas para a análise de trajetórias de desenvolvimento de família de produtos e que, em alguns casos, resultam complementares daquelas categorias desenvolvidas pela visão construtivista adotada. A tarefa consiste em construir um marco analítico construtivista que, por abordar um objeto diferenciado ao usualmente trabalhado desde a perspectiva *SCOT*, se veja enriquecido

com o uso de ferramentas que não têm sido utilizadas nem operacionalizadas em exercícios analíticos prévios dentro desta vertente (Ver Quadro N° 1).

Em segundo lugar, são introduzidas as noções que, em um nível de análise mais desagregado, correspondem às diferentes dimensões do objeto (econômica, organizacional, cognitiva, política, ideológica e espaço-territorial) e seus respectivos níveis de análise (macro, meso, micro). Ditas noções permitem dar conta dos elementos empíricos coletados, em função de recortes que semelham às diferenciações disciplinares ou sub-disciplinares estabelecidas tradicionalmente para a análise da tecnologia. Introduzidas como parte da definição de tecnologia adotada, as dimensões artefactual e praxica podem ser representadas, mas não são desenvolvidas especificamente (Ver Figura N° 2).

QUADRO N° 1 – MARCO ANALÍTICO-CONCEITUAL UTILIZADO

Perspectiva construtivista da tecnologia: <i>Principais conceitos e categorias de análise</i>						
- Trajetórias sócio-técnicas - Dinâmicas sócio-técnicas - Ensamblagem sócio-técnicas / <i>technological ensembles</i> - Marcos tecnológicos / <i>technological frames</i> - Estilos sócio-técnicos - Atores tecnológicos						
Análise dos elementos que constituem ditas categorias: <i>Principais conceitos e categorias conforme dimensões (D) e níveis de análise (NA)</i>						
D NA	Econômica	Organizacional	Cognitiva	Ideológica	Política	Espacial
Macro	Regimes sociais de acumulação	Sistemas de regulação sócio-institucionais (leis, normas)	Regimes de conhecimento científico e tecnológico setoriais / Regimes de produção de	Ideologias dominantes (<i>Laissez faire</i> vs. Tecno-nacionalismo)	Regimes políticos de governo / Políticas explícita e implícita de C&T	Sistemas nacionais de inovação
Meso	Regimes tecnológicos setoriais / Relações usuários-produtores-fornecedores	Relações interinstitucionais	conhecimentos / Tipos de aprendizagens / Capacidade de absorção / Conhecimentos	Ideologemas	Políticas de C&T setoriais	Sistemas locais de inovação
Micro	Racionalidade econômica dos atores	Formas intra-organizacionais / 'Rotinas' dos atores	genéricos/ Resignificação de tecnologias	Racionalidade ideológica dos atores	Micro-políticas dos atores	Horizontes espaço-temporais / Desenrolar espacial das rotinas dos atores
Dinâmica das relações entre elementos e níveis de análise:						
<i>Principais estratégias de análise e conceitos relacionais</i>						
- Análise estratégico-relacional - Noção de co-evolução - Noção de enraizamento / <i>embeddedness</i>						

2.4.1.1. As noções de ‘trajetória’ e ‘dinâmica sócio-técnicas’

As noções de ‘trajetória’ e ‘dinâmica sócio-técnicas’ (Thomas 1999) são introduzidas para dar conta do objeto de estudo desta tese, isso é, não mais um artefato singular, senão um conjunto de tecnologias (intensivas em conhecimento) desenvolvidas ao longo do tempo. Para abordar a evolução dos fenômenos estudados em forma diacrônica se utiliza a noção de ‘trajetória’, enquanto que a noção de ‘dinâmica sócio-técnica’ é introduzida para caracterizar de forma sincrônica momentos diferenciados na evolução histórica de uma trajetória particular.

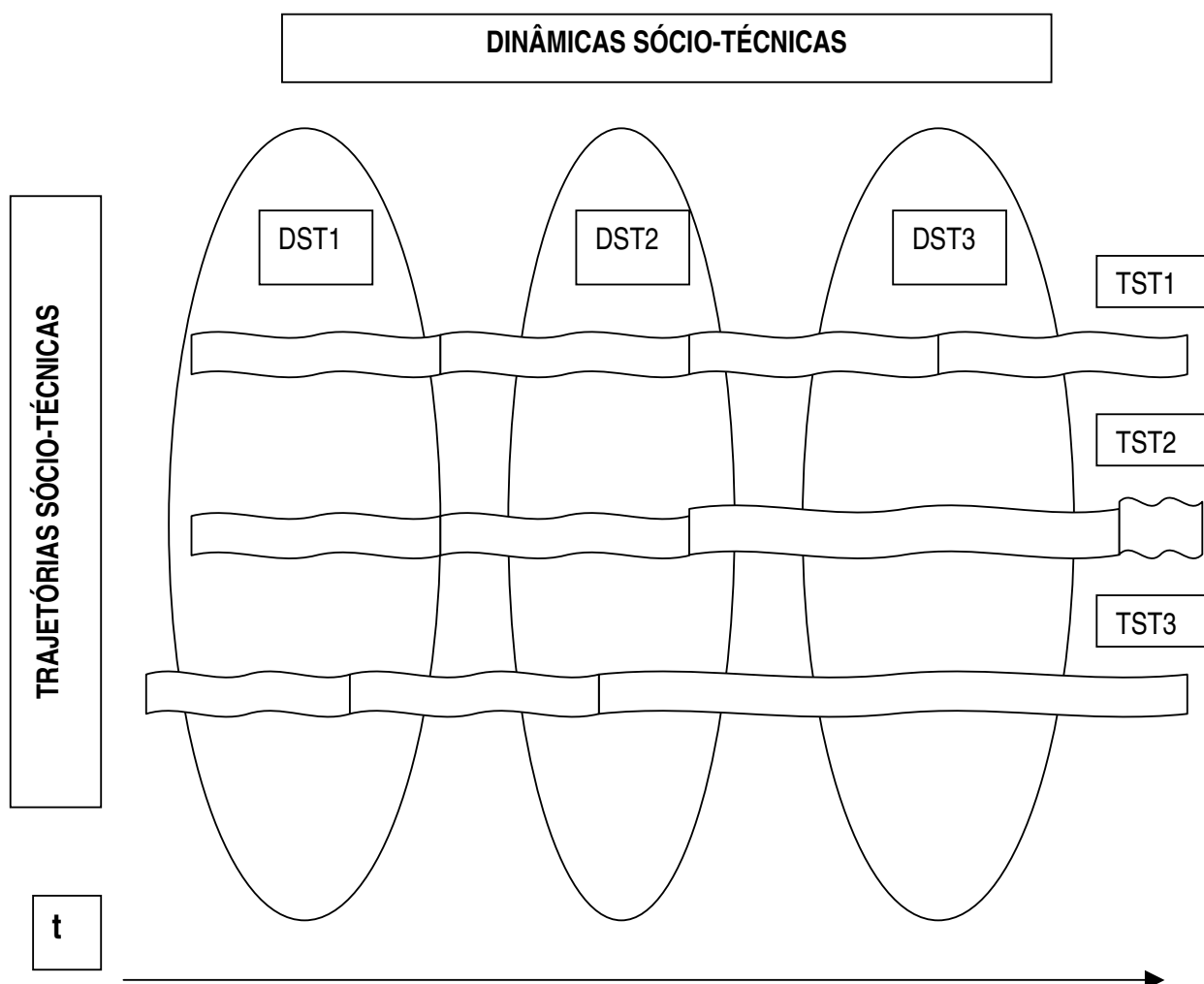
A noção de trajetória sócio-técnica é entendida nesta tese como um processo de co-evolução de produtos, processos produtivos, organizações e instituições, relações usuário-produtor-fornecedor, marcos tecnológicos / *technological frames*, relações problema-solução, processos de construção do “funcionamento” de uma tecnologia, artefatos, conhecimentos, práticas, racionalidades, políticas e estratégias de um ator tecnológico determinado (firma, instituição de P&D, universidade etc.). Esse conceito permite ordenar relações causais entre elementos heterogêneos em seqüências temporais. Embora o conceito esteja inspirado nas noções de ‘trajetória natural’ e ‘trajetória tecnológica’ da economia da inovação, procura-se superar os supostos deterministas que estas noções introduzem originariamente através de sua incorporação no marco de um enfoque sociológico construtivista (ver apartado 4.2.1.1). Assim, por exemplo, os diferentes ‘processos de aprendizagem / *learning*’ ou as ‘relações usuário-produtor’ incluídas nas noções econômicas originais, se combinam com a análise da ‘flexibilidade interpretativa’ das tecnologias ou os ‘estilos sócio-técnicos’ que esses processos e relações manifestam.

As diferentes trajetórias sócio-técnicas se desenvolvem no seio de determinadas dinâmicas sócio-técnicas e se mostram incompreensíveis fora delas. O conceito de dinâmica sócio-técnica é introduzido como uma forma de expressar a evolução das ‘ensamblagens sócio-técnicas’ / *sociotechnincal ensembles* locais. Uma dinâmica sócio-técnica é um conjunto de padrões reconstruídos pela análise que permite elucidar ou explicar uma forma determinada de mudança sócio-técnica, isso é, padrões de co-evolução de tecnologias, instituições, políticas, racionalidades e formas de constituição ideológica dos atores.

As dinâmicas sócio-técnicas são mais abarcativas que as trajetórias: cada trajetória sócio-técnica se desenvolve no seio de uma ou diversas dinâmicas sócio-técnicas ao longo do tempo. As categorias de dinâmica e trajetória sócio-técnicas são reconstruções analíticas úteis para articular formas de interação complexas entre elementos heterogêneos correspondentes, na sua vez, a diferentes níveis de análise. Uma dinâmica pode responder a diferentes critérios de recorte topológico espaço-temporais (fronteiras nacionais, território de “difusão” de uma tecnologia, região sócio-econômica, período de vigência de um determinado regime social de acumulação ou regime político de governo etc.). Desse modo, o alcance desses conceitos não é definível *a priori*, senão em cada exercício analítico particular. E além dos critérios de recorte, as dinâmicas e trajetórias sócio-técnicas podem alcançar – como as redes tecno-econômicas callonianas – a extensão diacrônica e sincrônica que determine a evolução da análise.

Na figura que se apresenta a seguir se grafica de maneira simplificada a forma com que se relacionam trajetórias e dinâmicas sócio-técnicas ao longo do tempo. Tendo em conta o exercício analítico a ser desenvolvido posteriormente, pode-se dizer que a trajetória analisada como estudo de caso desta tese atravessou ao longo de sua evolução por dois momentos que caracterizam a duas dinâmicas sócio-técnicas diferenciadas. As fases em que se divide uma trajetória podem ou não coincidir com as mudanças na dinâmica sócio-técnica; porém, sua caracterização se encontra inerentemente vinculada a ela. No item procedimental desse capítulo se explica como se trabalha com esses conceitos no exercício analítico realizado.

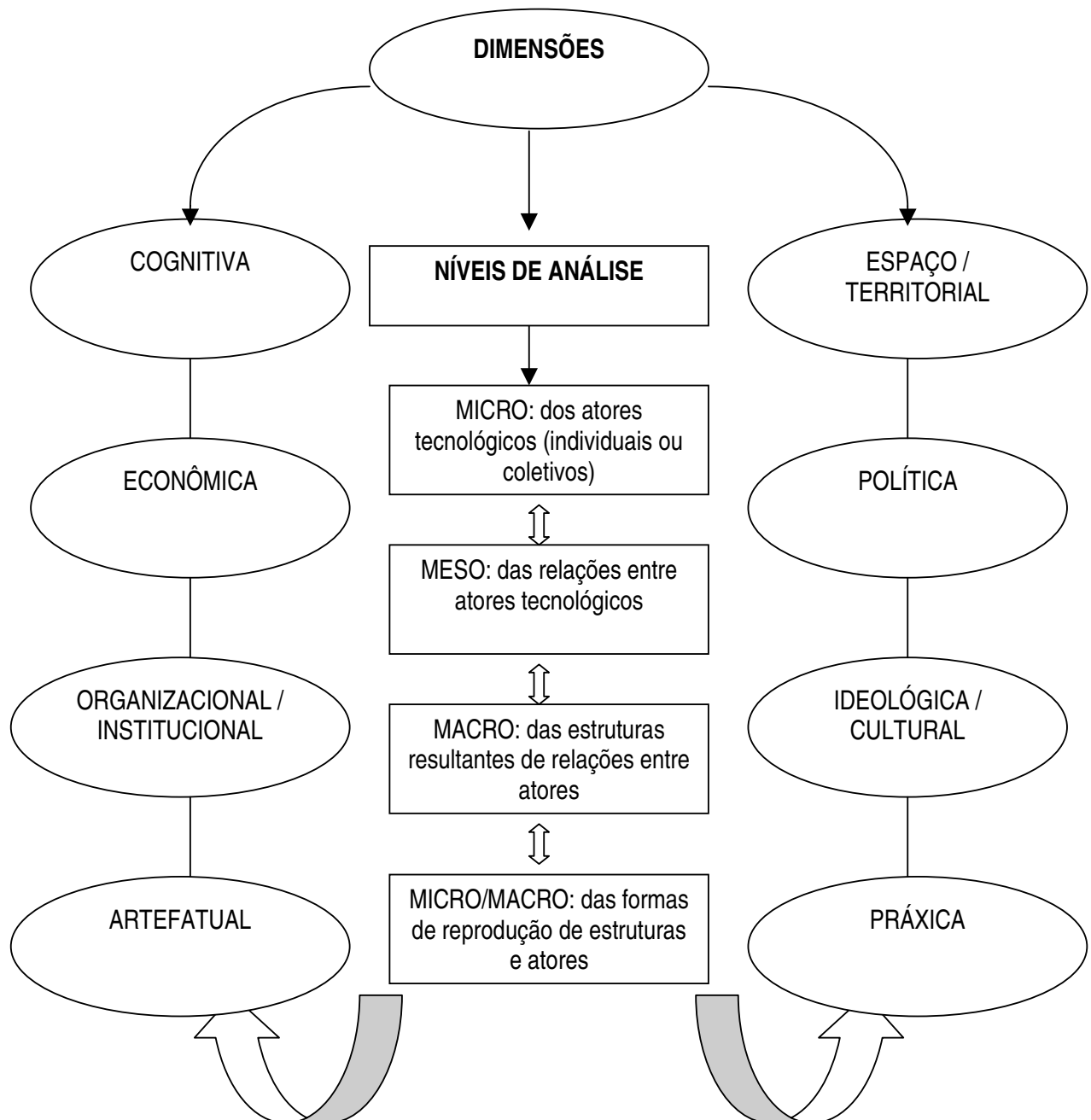
FIGURA Nº 1 - TRAJETÓRIAS SÓCIO-TÉCNICAS (TST) X DINÂMICAS SÓCIO-TÉCNICAS (DST) NO TEMPO (t)



Uma trajetória sócio-técnica é constituída por elementos que, por fins analíticos, serão classificados em função de diferentes dimensões (organizacional, política, econômica, ideológica, espacial) e níveis de análise (macro, meso e micro). Os pressupostos e categorias utilizados para dar conta da análise de cada tipo de elementos se desenvolvem no item 4.3. Na figura 2 é apresentado graficamente um esquema do conjunto de dimensões em função das quais serão analisados os elementos que conformam uma trajetória sócio-técnica.

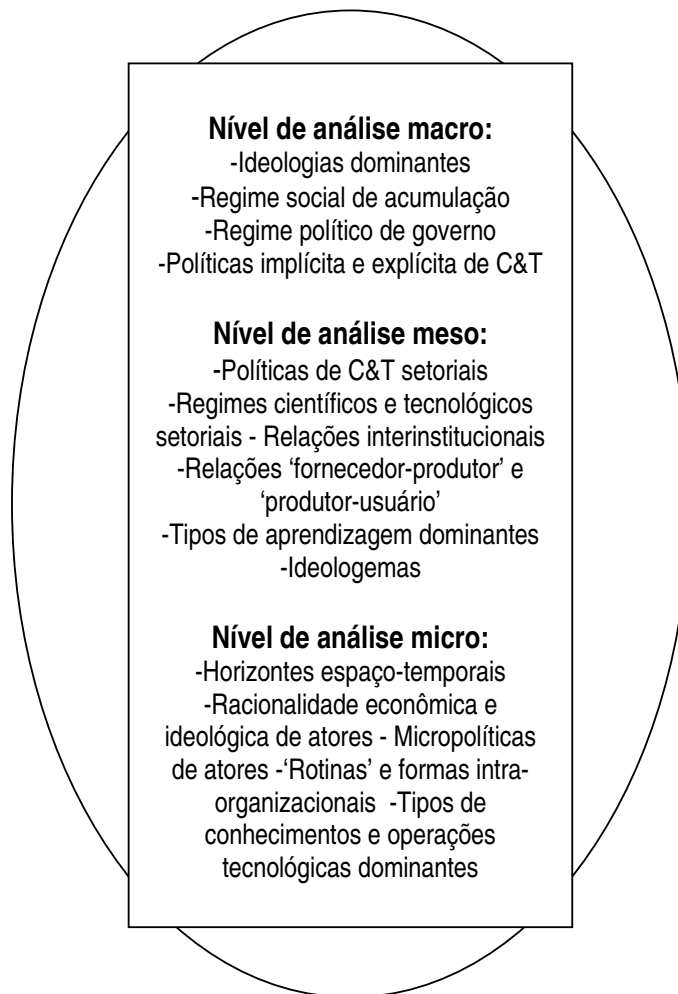
A trajetória sócio-técnica é a unidade de análise desta tese e nesse sentido seu seguimento é o eixo que estrutura os recortes realizados no exercício analítico. Ainda assim, a compreensão de uma trajetória requer que ela seja relacionada com as dinâmicas sócio-técnicas no marco das quais se desenvolve. Toda dinâmica é referente a um nível de estabilizações que difere do nível de análise de uma trajetória específica, pois envolve elementos derivados e resultantes de outras múltiplas trajetórias sócio-técnicas e sociais mais amplas. Se, por um lado, cada trajetória contribui para a conformação/reprodução de uma dinâmica sócio-técnica, por outro, não existe trajetória que não se veja limitada no seu desenvolvimento pelo resto de elementos das dinâmicas no marco das quais opera.

FIGURA Nº 2 – TRAJETÓRIAS SÓCIO-TÉCNICAS (TST): DIMENSÕES E NÍVEIS DE ANÁLISE



**FIGURA Nº 3 – DINÂMICA (DST) E TRAJETÓRIA (TST) SÓCIO-TÉCNICAS:
SU DEFINIÇÃO E CATEGORIAS DE ANÁLISE CONFORME NÍVEIS**

DST = conjunto de padrões de co-evolução de tecnologias, instituições, políticas, racionalidades e formas de constituição ideológica dos atores sociais e tecnológicos em um âmbito de estabilização mais amplo que o de uma trajetória sócio-técnica particular, quer seja chamado de sistema nacional de inovação, ensamble sócio-técnico, rede sócio-técnica ou regime sócio-técnico



TST = processo de co-evolução de elementos heterogêneos tais como produtos, processos produtivos, organizações e instituições, relações usuário-produtor-proveedor, '*technological frames*', relações problema-solução, processos de construção do "funcionamento" de uma tecnologia, artefatos, conhecimentos, práticas, racionalidades, políticas e estratégias de um ator tecnológico determinado (firma, instituição de P&D, universidade etc.)

2.4.1.2. As noções de ‘ensamblagem sociotécnica’ / ‘*sociotechnical ensemble*’ e ‘marco tecnológico’ / ‘*technological frame*’

O conceito de marco tecnológico / *technological frame* dá conta da complexidade do objeto de estudo abordado ao incluir em si mesmo elementos heterogêneos. A noção de *technological frame* refere-se ao mesmo tempo a elementos sociais e técnicos e, nesse sentido, se postula como um conceito intrinsecamente heterogêneo. Os *technological frames* incluem tanto as metas e problemas estabelecidos como relevantes para os diferentes atores, como os conhecimentos, métodos e práticas que configuram o espectro de ações dos grupos sociais envolvidos no desenvolvimento de uma tecnologia. Conforme a definição dada por Bijker (1995) os mesmos incluem metas, problemas, estratégias de resolução de problemas, requisitos para encontrar soluções, conhecimento tácito, procedimentos de teste, teorias, métodos de desenho, práticas dos usuários, artefatos exemplares, entre seus elementos principais.

Postula-se como um conceito tão heterogêneo quanto os processos e atores que estuda. Um engenheiro não pensa suas atividades em termos puramente técnicos, constrói teorias acerca dos usuários e do ambiente em que os artefatos vão a ser utilizados (Law e Bijker 1992a). Um *technological frame* não é só um conjunto de conhecimentos, também inclui os artefatos, os valores culturais, as metas dos atores. É o resultado das interações dos atores, mas também determina as possibilidades de ação. Nesse sentido pode-se dizer que a construção de um *technological frame* implica a criação de uma estrutura, seu processo de crescente estabilização e de clausura implica a cristalização de determinações irreversíveis no processo de construção de ‘o sócio-técnico’. Se por um lado o conceito busca dar conta da natureza híbrida do seu objeto, por outro tenta estabelecer uma ponte entre as estruturas e as ações dos atores. A idéia é permitir compreender não já os interesses de determinados grupos sociais, senão os padrões de comportamento resultantes da constituição desses grupos e suas interações.

Por sua vez, a noção de ‘ensamblagem sócio-técnica’/‘*sociotechnical ensemble*’ busca dar conta desse objeto *sui generis* que se pretende analisar e superar a ausência de explicações em termos de assimetrias de poder entre os atores. Uma tecnologia concebida

como uma ‘ensamblagem sociotécnica’ não é só um artefato, mas também uma instituição social. Trata-se de dois aspectos que se constroem simultaneamente nos processos de construção de artefatos e de grupos sociais relevantes. Uma análise da distribuição de metas e saberes dentro de cada ensamblagem é uma boa via para elucidar as relações de poder que impõem os limites (‘o dentro’ e ‘o fora’) por ele definidos (Bijker 1993).

Como categorias analíticas, ambas as noções permitem dar conta de um nível de agregação maior à dos atores sociais já sejam indivíduos ou grupos sociais, incorporando as relações de poder como parte da trajetória explicativa. Porém, não oferecem elementos para compreender esses fenômenos em forma dinâmica e diacrônica, daí sua inclusão dentro das categorias de trajetória e dinâmica sócio-técnicas.

2.4.1.3. As noções de ‘estilo tecnológico’ e ‘estilo sócio-técnico’

A noção de ‘estilo tecnológico’ permite identificar distintas práticas e modalidades na produção de tecnologias. Desde a perspectiva da análise em termos de sistemas nacionais de inovação, já se reconheceu o risco à queda no determinismo por parte da análise evolucionista e a necessidade de complementar a noção de SNI com a de ‘estilos nacionais de inovação’ para superá-lo (Lundvall 1998). No marco desses estudos se têm encontrado diferentes “estilos nacionais de inovação”, por exemplo, conforme o tipo de governo corporativo (de curto prazo no Reino Unido, de longo prazo na Alemanha) ou conforme a inovação dominante seja baseada ou não no trabalho em equipe (baixa nos EUA e alta no Japão). Também se tem estabelecido que existem diferentes trajetórias tecnológicas setoriais conforme o tipo de instituições e a cultura de cada país (França em aeroespacial, Alemanha em máquinas elétricas e não-elétricas, Japão em eletrônica). As conclusões desenvolvidas nesses estudos não têm se ocupado de analisar os processos de produção de conhecimentos, nem da sua relação com particulares operações de uso das tecnologias.

O conceito ‘estilo sócio-técnico’ utilizado nesta tese deriva do de estilo tecnológico de Hughes (1983) e pode ser definido como uma forma relativamente estabilizada de produzir tecnologia e de construir seu “funcionamento” e “utilidade” (Thomas, 1999). Como ferramenta heurística, permite realizar descrições demarcadas na concepção construtivista que utiliza os termos de dinâmicas e trajetórias sócio-técnicas. Supõe processos de adequação de respostas tecnológicas a concretas e particulares articulações sócio-técnicas historicamente situadas: “a adaptação ao entorno culmina em estilo” (Hughes 1987). Um estilo sócio-técnico se conforma no interjogo de elementos heterogêneos: relações usuário-produtor, relações políticas entre atores, idéias e convicções ideológicas, condições geográficas, experiências históricas regionais e nacionais etc.

2.4.2. A dinâmica das relações entre elementos heterogêneos

2.4.2.1. A noção de ‘co-evolução’

Atualmente a noção de ‘co-evolução’ se encontra amplamente difundida nas análises da mudança tecnológica. Os estudos disciplinares da economia (Metcalfe, Saviotti, Dosi, Soete, Silverberg), a sociologia (Bijker, Constant) ou a história da tecnologia (Vincenti, Basalla, Petroski, Mokyr) utilizam a perspectiva e a linguagem evolucionista (Nelson 1996).

Na perspectiva de Nelson (1996), tecnologias e instituições co-evoluem, mas as tecnologias “físicas” são as que introduzem as mudanças. As tecnologias sociais ou organizacionais simplesmente se mostram apropriadas ou não para a ampliação dos efeitos das “tecnologias duras” em âmbitos de influência maiores que induzem o crescimento econômico. Há ainda nos trabalhos evolucionistas uma ausência do estabelecimento de relações da totalidade dos elementos em jogo nos processos de produção de conhecimentos tecnológicos.

Mesmo assim, a idéia de co-evolução é especialmente adequada para um enfoque que intenta pôr em relação elementos heterogêneos. Por sua vez, é compatível com uma concepção na qual os atores tecnológicos não se encontram determinados de maneira suficiente pelas estruturas e se constituem nas relações que estabelecem entre eles. Longe de supor um sentido teleológico ou determinista, essa noção permite dar conta de lógicas de auto-organização dos elementos que constituem as diferentes trajetórias e dinâmicas sócio-técnicas.

2.4.2.2. A análise estratégico-relacional

Para superar as oposições micro-macro das aproximações econômica e sociológica da análise da tecnologia, recorreremos à análise estratégico-relacional como uma forma de evitar as dicotomias derivadas da separação entre a estrutura e a agência (Jessop 2001). Partindo dessa perspectiva, a dualidade da teoria da estruturação de Giddens é superada a partir de um tratamento analítico das estruturas como estratégicas na sua forma, conteúdo e operação, e das ações como estruturadas e estruturantes a um mesmo tempo. Desse ponto de vista, se trata de ver como determinadas estruturas (aqueles elementos que nas diferentes dimensões foram denominados como correspondentes a um nível macro da análise) privilegiam a aparição de determinados atores, identidades, estratégias, horizontes espaço-temporais, algumas ações e não outras. E, ao mesmo tempo, busca-se perceber como determinados atores avaliam, analisam e representam ditas estruturas para adotar determinadas escolhas e não outras. Nesse sentido, se supõe uma racionalidade dos atores entendida como um acionar estratégico que é preciso reconstruir em função do cálculo realizado por eles mesmos em base aos conhecimentos, percepções e representações utilizados em um momento histórico particular.

Conforme colocado por esse enfoque, a recursividade na escolha de determinadas estratégias dá como resultado uma “coerência estruturada” (Harvey 1982) que em um complexo institucional determinado se pode denominar ‘regime de regulação’, ‘*milieu innovateur*’, ‘distrito industrial’, ‘sistema nacional de inovação’ ou ‘dinâmica sócio-técnica’. A complementação da análise co-evolutiva com a análise estratégico-relacional

permite a busca de explicações nas que se bem não prima um elemento, dimensão ou fator definido *a priori* como determinante das relações causais, tampouco deixa indefinida a lógica das mudanças sócio-técnicas, assinalando a elas apenas como co-evolutivas.

2.4.2.3. A noção de ‘enraizamento’ / *embeddedness*

Para superar a diferenciação entre os níveis micro/meso/macro consideramos frutífera a noção de *embeddedness* introduzida por Granovetter (1985) e utilizada em forma bastante difundida, porém muitas vezes frouxamente. Essa noção se refere ao “argumento de que a conduta e as instituições estão tão constrangidas pelas relações sociais existentes, que construir-las como independentes é um grave mal entendido (Granovetter 1985: 481/82)”. Dado o ponto de partida de caráter micro sociológico escolhido para a pesquisa, se compartilha com esse enfoque a idéia de que o papel desempenhado pelas relações pessoais e as redes que estruturam ditas relações são importantes para a compreensão da forma com que se desenvolvem os processos de mudança tecnológica.

Somente a partir desta busca se considera que é possível chegar a dar conta da forma com que o nível institucional macro pode determinar a racionalidade subjacente às decisões dos atores. Atores individuais que não se definem nem por uma “racionalidade a-histórica sub-socializada”, nem por uma “racionalidade normativa sobre-socializada” conforme a terminologia utilizada por esse autor. E instituições que adotam formas de funcionamento idiossincráticas em função das características do meio no qual operam, mas ao mesmo tempo adquirem uma autonomia relativa que condiciona os potenciais processos de mudança.

2.4.3. A reconstrução analítica conforme dimensões e níveis de análise

São apresentadas a seguir algumas das categorias e, especialmente, os pressupostos subjacentes na análise dos diferentes elementos da trajetória sócio-técnica selecionada.

Os recortes a partir de dimensões realizados nesse item não são retomados da mesma maneira na reconstrução descritiva do caso. Isso devido ao fato de que, por um lado, as dimensões de um objeto não se desenvolvem em forma isolada ou a partir de uma lógica intrínseca própria e independente e, por outro, em tanto se constituem em foco de interesse momentâneo de maneira desigual e em tempos diferentes dentro da cronologia de cada trajetória sócio-técnica particular. Nesse sentido, o seguimento estrito desses recortes para a reconstrução de um caso seria demasiado artificial e de difícil apresentação para uma leitura compreensiva dos fatos. Desde já estarão presentes na descrição da trajetória realizada e são relacionados em função dos requerimentos da reconstrução analítica posterior.

Antes de iniciar essa tarefa se apresenta um quadro analítico que adianta em forma esquemática os conteúdos desenvolvidos a continuação.

QUADRO Nº 2 – MARCO ANALÍTICO-CONCEITUAL CONFORME DIMENSÕES E NÍVEIS DE ANÁLISE

A reconstrução analítica conforme dimensões e níveis de análise		
A dimensão econômica	Supostos subjacentes e categorias de análise	• a 'inovação' como processo acumulativo e interativo • a 'inovação' como processo acumulativo: a noção de 'trajetória tecnológica' e sua '<i>path dependence</i>' • a inovação como processo interativo: as relações 'fornecedor-produtor' e 'produtor-usuário'
	Níveis de análise	• os "fatores" macro, meso e micro econômicos como determinantes da mudança tecnológica: a visão neoclássica, a crítica evolucionista e a perspectiva adotada na tese • o nível micro da análise: a "racionalidade econômica" dos atores • o nível meso da análise: os 'regimes tecnológicos setoriais' • o nível macro da análise: os 'regimes sociais de acumulação'
	Supostos subjacentes	As noções de organização e de instituição

A dimensão organizacional	Níveis de análise	- os níveis macro, meso e micro na dimensão organizacional - o nível micro de análise: a noção de ‘rotina’ e as formas organizacionais intra firma - o nível meso de análise: as relações interinstitucionais - o nível macro de análise: os sistemas de regulação sócio-institucionais
A dimensão cognitiva	Supostos subjacentes e categorias de análise	- os distintos tipos de tecnologias e conhecimentos - a noção de conhecimento tácito - a noção de ‘conhecimentos genéricos’ e os ‘regimes de pesquisa científica e tecnológica’ - as distintas variantes do ‘aprendizagem’ - a noção de ‘capacidade de absorção’ - a noção de ‘resignificação de tecnologias’
A dimensão espaço-territorial	Supostos subjacentes	A noção de espaço na literatura da mudança tecnológica
	Níveis de análise	- o nível micro de análise: a manifestação espacial das rotinas dos atores - o nível meso de análise: a manifestação espacial das relações interorganizacionais e interinstitucionais - o nível micro/macro: os horizontes espaço-temporais
A dimensão política	Supostos subjacentes	A política como processo
	Níveis e categorias de análise	- o nível de análise macro: os ‘regimes políticos de governo’ e ‘políticas implícita e explícita de C&T’ - o nível meso de análise: políticas institucionais - o nível micro de análise: as “micropolíticas” dos atores
A dimensão ideológica	Supostos subjacentes	A ideologia como processo
	Níveis e categorias de análise	- o nível micro da análise: a racionalidade ideológica dos atores - o nível meso da análise: a noção de ‘ideograma’ - o nível macro da análise: a noção de ‘ideologias dominantes’

2.4.3.1. A dimensão econômica: a ‘inovação’ como processo acumulativo e interativo

A dimensão econômica assim como as dimensões organizacional e cognitiva da mudança tecnológica são abordadas nesta tese a partir da nova conceitualização

desenvolvida pela ‘economia da mudança tecnológica’, especialmente em suas vertentes neo-schumpeteriana e evolucionista¹⁶. Algumas das categorias selecionadas provenientes destas vertentes teóricas são re-significadas em função dos supostos sociológicos que estão na base do entendimento do comportamento dos atores subjacente ao enfoque construtivista adotado. A já assinalada compatibilidade desses enfoques permite realizar esta operação sem riscos epistemológicos. Na base dessa operação está implícita a idéia de que as categorias introduzidas pela economia da inovação aumentam seu poder explicativo quando são combinadas com explicações sociológicas e político-ideológicas.

A literatura econômica abocada ao estudo da mudança tecnológica tem avançado na construção de ferramentas analíticas a partir do giro introduzido pelas vertentes neo-schumpeteriana e evolucionista (Dosi 1982; Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg, e Soete 1988; Freeman 1975; Nelson e Winter 1982). Já tem sido suficientemente documentado o giro produzido na percepção da mudança tecnológica introduzido pela economia da inovação a partir dos anos 70. Sinteticamente é possível afirmar que a partir dessa nova perspectiva de análise e em contraposição à visão neoclássica ortodoxa, se concebe a tecnologia não mais como informação codificável, explícita, articulada, imitável e de livre disponibilidade, senão como um elemento endógeno ao processo produtivo e com um forte componente tácito. Nesse sentido, a incorporação de tecnologia – agora concebida como conhecimento – por parte das firmas é vista como um processo de aprendizagem custoso, específico e acumulativo, no qual os aspectos organizacionais e institucionais desempenham um papel chave.

Na base dessa compreensão da mudança tecnológica há também uma mudança na concepção dos agentes econômicos e na teoria da firma, que permite uma maior convergência entre as análises econômica e sociológica. Os agentes econômicos deixam de ser vistos como “maximizadores” de benefícios, para ser concebidos como guiados por uma racionalidade “satisfatória”. Desde esta interpretação, os indivíduos, ao igual que as firmas, atuam a partir do seguimento de “rotinas” adquiridas historicamente e

¹⁶ Poderiam se agregar aqui as contribuições de alguns economistas institucionalistas; porém, haveria uma sub-representação desta vertente dado que historicamente neo-schumpeterianos e evolucionistas têm se dedicado ao tema da mudança tecnológica em forma mais direta do que os autores institucionalistas.

condicionadas pelo entorno institucional no qual se desenvolvem. Por sua vez, a firma deixa de ser uma “caixa preta” compreendida a partir da noção de ‘função de produção’ para se converter em uma estrutura organizacional complexa.

Duas conseqüências derivadas dessa nova concepção da inovação e a mudança tecnológica foram introduzidas com relativo sucesso na literatura econômica e resultam de relevância para a análise que se realiza nesta tese. Por um lado, a substituição dos modelos lineares de inovação por modelos interativos que incorporam os diferentes atores que intervêm na geração de tecnologia. Por outro, a idéia de que a inovação é *path dependent* e de que sua análise envolve levar em consideração a história do processo a partir do qual é gerada. A seguir são apresentadas as categorias que nesta tese introduzem essas idéias e que permitem compreender melhor o desenvolvimento das tecnologias como processo.

2.4.3.1.1. A inovação como processo acumulativo: a noção de ‘trajetória tecnológica’ e sua ‘*path dependence*’

As noções de “trajetória tecnológica” e “trajetória natural” têm sido introduzidas na literatura econômica a partir de diferentes trabalhos de autores evolucionistas como Nelson e Winter (1977), Rosenberg (1982) e Dosi (1982). A análise em termos de trajetória permite dar conta da temporalidade dos processos de mudança tecnológica. Como categoria, se mostra útil para os fins desta tese dado que permite introduzir cronologias nos processos de geração de tecnologias e fases diferenciadas em função dos diferentes padrões de interação entre os atores tecnológicos envolvidos.

Já foi assinalado o fato de que a utilização da noção de “trajetória” na literatura econômica não tem estado isenta de conotações deterministas e lineares acerca da mudança tecnológica. Conforme autores que criticaram esta conceitualização a partir de um olhar sociológico (Mac Kenzie 1992), o termo “natural” para referir a uma trajetória tecnológica indica que seu desenvolvimento está determinado por uma lógica intrínseca à tecnologia ou em consonância com as “forças da natureza”. Esta naturalização do

desenvolvimento tecnológico é a que se pretende superar a partir da análise em termos de ‘trajetórias sócio-técnicas’ que envolvem em si mesmas às distintas dimensões que influenciam no desenvolvimento de uma tecnologia.

A noção de trajetória tecnológica se relaciona por sua vez com a de *path dependence* que introduz a ‘nova’ idéia para a análise econômica neoclássica de que a “história importa”. Embora esse passo viabilize a aproximação entre as análises econômica, histórica e sociológica da mudança tecnológica, novamente deixa aberta a porta para o determinismo. Uma possível interpretação dessa noção indica que a sequência de eventos passados impede a livre escolha por parte dos agentes econômicos no momento presente. Assim, a noção de *path dependence* tem sido criticada por enfatizar mecanismos de auto-reforço na sequência de eventos que caracterizam a uma trajetória tecnológica, que impossibilitariam a existência de uma ação reflexiva por parte dos atores. Porém, também é certo que essa noção permite, e obviamente é a opção adotada nesta tese, uma interpretação não determinista.

Apenas para visualizar essa possibilidade a partir de uma noção utilizada na economia, pode-se ver como no conceito de ‘retornos crescentes de adoção’ (Arthur 1992) que explica o desempenho de uma tecnologia e sua evolução ao longo de trajetórias de aprendizagem cumulativa, permanece aberta a possibilidade de introdução de elementos que não são inerentes às qualidades de ‘eficiência’ e ‘superioridade técnica’ intrínsecas a uma tecnologia. Se, por um lado, partindo dessa perspectiva se debilita a “racionalidade neoclássica” que estabelece a escolha de uma tecnologia em função dos preços relativos (Cimoli e Dosi 1994), por outro, embora não suficientemente explorado a partir dessa vertente disciplinar, essa visão introduz a possibilidade de incorporar elementos sociais, políticos e culturais nas decisões que definem a racionalidade dos atores tecnológicos.

A idéia de que a mudança tecnológica se desenvolve em trajetórias auto-organizadas, cumulativas e que supõem uma conexão causal entre eventos passados, presentes e futuros, permite dar conta dos fenômenos de permanência e mudança na análise dos casos considerados. A perspectiva sócio-técnica contribui a debilitar o senso determinista

presente no uso destas noções por parte de alguns autores provenientes da economia, enfatizando os aspectos de contingência das decisões adotadas e de reflexividade dos atores. A noção de trajetória, por outro lado, possibilita e é compatível com as explicações que buscam vincular as decisões de nível micro tomadas por atores individuais, com as estruturas consideradas de nível macro em que se desenvolvem os processos de mudança tecnológica.

2.4.3.1.2. A inovação como processo interativo: as relações ‘fornecedor-produtor’ e ‘produtor-usuário’

Uma das conseqüências derivadas dessa nova conceitualização da mudança tecnológica tem sido a de conceber a inovação como um processo interativo. Um conjunto de trabalhos se ocupou de analisar o papel desempenhado pelas relações entre usuários, produtores e fornecedores no desenvolvimento da inovação. Tanto as noções de ‘usuário ativo’ de Von Hippel (1988) como os processos de ‘*learning by interacting*’ de Lundvall (1988) permitem analisar a mudança tecnológica como a resultante de processos coletivos nos quais interagem diversos atores. Obviamente essa conceitualização condiz com o enfoque construtivista adotado.

Para a análise dos casos selecionados, a utilização desses conceitos se mostra fundamental ao menos por duas razões. Em primeiro lugar, os produtos complexos desenvolvidos na trajetória tecnológica analisada requerem uma importante interação não só com o usuário que define especificações particulares para cada unidade requerida, mas também com a rede de fornecedores que em alguns casos se constituem em co-participantes do seu desenvolvimento. Em segundo lugar, porque a forma com que essas interações se desenvolvem revelam muito acerca das particularidades locais de produção de tecnologias. Nesse sentido, uma análise desse tipo de relações é uma via privilegiada para captar a maneira em que se auto-concebem os atores envolvidos nas trajetórias analisadas, assim como para visualizar a compreensão do entorno em função do qual tomam suas decisões.

A análise desse tipo de relações, por outro lado, permite responder à posição assumida nesta tese de que a unidade de análise não são as firmas em si mesmas. Tomando como eixo a produção de tecnologias busca-se compreender os processos mais abrangentes de interação com atores como fornecedores, produtores e usuários, visualizados a partir de uma visão econômica tradicional como “externos” à produção de tecnologia realizada pelas firmas. Entre os principais aspectos a ser considerados nesses processos se encontram: os mecanismos de adequação à demanda por parte dos produtores de tecnologia locais, a forma de conceber a usuários potenciais no início dos projetos de desenvolvimento, a interação dos produtores com fornecedores e clientes locais e estrangeiros e, em particular no caso analisado, a relação com o Estado como cliente e em termos dos diversos papéis adotados durante o desenrolar da trajetória analisada.

2.4.3.1.3. Acerca dos “fatores” macro, meso e micro econômicos como determinantes da mudança tecnológica: a visão neoclássica, a crítica evolucionista e a perspectiva adotada na tese

Partindo da literatura econômica neoclássica pode se estabelecer que a taxa e natureza da mudança tecnológica dependem fortemente de: forças macroeconômicas correspondentes a parâmetros amplos do sistema em que a firma e a indústria estão imersas, variáveis de mercado que caracterizam ao ambiente competitivo em que operam as firmas e a evolução da fronteira do conhecimento ou do ‘estado da arte’ no nível internacional no setor tecnológico correspondente. Entendidas desde um ponto de vista neoclássico, as decisões relacionadas à adoção de uma tecnologia se guiam por fatores vinculados à determinação das decisões de inversão. Assim, fatores como a taxa de interesse, o preço de oferta dos ativos fixos e a taxa de retorno esperada da inversão são os elementos tidos em conta para a análise do comportamento dos agentes econômicos e suas opções em questões relacionadas à tecnologia.

Partindo de um ponto de vista heterodoxo, os autores evolucionistas têm reconhecido que o olhar macroeconômico por si só não permite dar explicações acerca da

variabilidade nas taxas de crescimento dentro da economia, ao assumir sua uniformidade a partir de sua consideração de forma agregada. A noção de equilíbrio, por sua vez, é contraditória em relação à idéia de que o conhecimento é um fator relevante para o crescimento econômico em tanto seu desenvolvimento implica transformação e mudança (Metcalf 2002). Esses autores argumentam que não só as variáveis macroeconômicas influenciam os processos de inovação tecnológica, senão que os fatores meso e micro estruturais são de especial relevância para compreender o comportamento tecnológico de uma sociedade.

Buscando escapar da simplificação neoclássica dos mercados, Katz utiliza a categoria de “regimes competitivos e tecnológicos setoriais” para introduzir estas variáveis. Esses regimes se definem como

“um conjunto heterogêneo de agentes – empresas produtoras de bens e serviços, organizações governamentais e não governamentais tais como universidades, bancos, câmaras empresariais, escolas vocacionais ou institutos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) – reunidos em torno a uma trama de saberes e disciplinas tecnológicas, formas de aprendizagem e de desenvolvimento de recursos humanos, estilos de comunicação e mecanismos de financiamento, onde a interação entre os agentes se regula a partir de regras explícitas, convenções e hábitos de comportamento” (Katz 2000).

A seguir descrevemos brevemente como são entendidos nesta tese cada um dos níveis de análise usualmente utilizados na literatura econômica e, conseqüentemente, a relação entre eles.

2.4.3.1.4. O nível micro da análise: a “racionalidade econômica” dos atores

Nesta tese as variáveis tradicionalmente consideradas pela economia para analisar a direção que tomam as trajetórias tecnológicas são analisadas somente em relação a sua relevância para a tomada de decisões dos atores tecnológicos. Enquanto as escolhas desses atores não são definidas em função de uma “racionalidade econômica” passível de ser diferenciada e isolada de considerações correspondentes a outras dimensões, a mesma não é *a priori* proposta nem como o único nem como o principal elemento de análise. Em particular, se desenvolve a partir da perspectiva adotada a distinção entre os níveis micro,

meso e macro da análise. Assim, por exemplo, a forma em que foram definidos como “viáveis” em termos financeiros os desenvolvimentos tecnológicos analisados nesta tese é objeto de uma análise nesse sentido. Especialmente no caso de desenvolvimentos tecnológicos intensivos em conhecimento na América Latina uma racionalidade baseada na avaliação custo-benefício em termos dos retornos de investimento não permitiria compreender o tipo de decisões levadas à prática.

2.4.3.1.5. O nível meso da análise: os ‘regimes tecnológicos setoriais’

Nesse nível de análise além das relações “usuários-produtores-fornecedores” que se referem às interações entre os atores tecnológicos de uma trajetória tecnológica determinada, se introduz a noção de ‘regimes tecnológicos setoriais’ para identificar as lógicas particulares que caracterizam aos setores de atividade em que se desenvolvem. Essa noção pretende introduzir na análise as especificidades que caracterizam à produção de tecnologias num setor determinado da economia, assim como dar conta da estrutura de relações entre os principais atores que participam da dinâmica de áreas como, por exemplo, a aeroespacial e a nuclear. É reconhecido o fato de que os ‘regimes de apropriabilidade’ dos conhecimentos tanto quanto a estrutura dos mercados de setores tecnológicos específicos têm características particulares e daí a necessidade de sua identificação. Essa categoria – tanto como a de ‘regime social de acumulação’ – refere a um nível de estabilizações de elementos mais abarcadores que os de uma trajetória sócio-técnica particular.

2.4.3.1.6. O nível macro da análise: os ‘regimes sociais de acumulação’

A noção de regime social de acumulação permite dar conta do caráter construído das regras que constituem o funcionamento da economia, como também se refere ao conjunto complexo de instituições e de práticas que incidem no processo de acumulação de capital (Nun 2001). A noção de regime social de acumulação é compatível com a análise estratégico-relacional utilizado nesta tese como proposta de análise de comportamento

dos atores sociais. Assim, dita categoria de análise se refere a “todo modelo de mercado como uma matriz de configuração cambiante em cujo interior se constituem e transformam os agentes econômicos, a partir das diferentes estratégias específicas de acumulação e táticas diversas para implementá-las”. Nesse sentido, esse conceito permite compreender a acumulação de capital como o produto localizado e contingente de uma dialética de estruturas, estratégias e táticas dos atores. Assim, permite identificar os elementos que caracterizam a uma dinâmica sócio-técnica determinada referente a um nível de estabilizações compatível com o tipo de alcance explicativo de dita categoria.

2.4.3.2. A dimensão organizacional: o enfoque subjacente

A economia evolucionista e, obviamente, a institucionalista, têm destacado a importância das instituições e dos aspectos organizacionais na evolução da mudança tecnológica e do desenvolvimento econômico respectivamente¹⁷. Em contraposição à visão neoclássica e aproximando-se das perspectivas de raiz sociológica, essas vertentes entendem a ação humana como o resultado de hábitos de conduta e de pensamento compartilhados e não de uma racionalidade maximizadora e calculadora a partir de uma lógica a-histórica de custo-benefício. Ambas as perspectivas compartilham a idéia de que as ‘rotinas’ enquanto formas regulares de comportamento jogam um papel central nos processos de desenvolvimento econômico, dado que determinam “programaticamente” o que uma organização (por exemplo, uma firma ou uma instituição de P&D) realiza em determinadas circunstâncias (Nelson 1996). A distribuição de rotinas operativas em uma economia em um momento determinado define, para esses autores, sua *performance* econômica geral.

Uma definição bastante difundida utilizada na economia institucionalista entende as instituições como as “regras de jogo” no marco das quais se desenvolvem as organizações, que são consideradas como os “jogadores” (North 1995). Sem que se

¹⁷ Em particular, no desenvolvimento de tecnologias complexas o aprendizado requerido em termos organizacionais se mostra de fundamental importância tanto intra como interinstitucionalmente.

pretenda percorrer as diferentes definições que variam dentro de cada vertente disciplinar e autor dentro do institucionalismo (Powell e Di Maggio 1999), é preciso estabelecer algumas distinções presentes nessa literatura com o objetivo de definir como são utilizados esses termos ao longo da tese.

Para a economia institucionalista, as instituições são o resultado da criação intencional e instrumental dos indivíduos com o objeto de reduzir os “custos de transação” da economia. Partindo da idéia de um agente econômico racional, porém com uma capacidade cognoscitiva limitada, as instituições são entendidas como o mecanismo mediante o qual os agentes conseguem diminuir os riscos e interpretar de modo compartilhado o ambiente no qual se desenvolvem (Denzau e North 1994). Ainda reconhecendo o avance realizado na análise do comportamento econômico introduzido por esta vertente da economia, o enfoque analítico privilegiado por esta tese diverge dos supostos subjacentes dessa visão. Nesse sentido, se aproxima mais à posição que dentro da economia é sustentada por autores evolucionistas como Nelson e Winter, quando afirmam que o mercado não só não assegura as opções ótimas na escolha de tecnologias, como tampouco na escolha das estruturas e formas organizacionais mais adequadas para seu desenvolvimento. Esses autores se bem entendem às instituições como o resultado da atividade humana, não as visualizam como resultantes de uma ação deliberativa consciente e racional.

Compartilhando com o evolucionismo a definição da mudança tecnológica como um processo de aprendizagem, se diverge no fato de que não se entende às organizações exclusivamente desde seus aspectos cognoscitivos, deixando de lado os determinantes sociais e históricos. Ao partir de uma concepção do conhecimento profundamente enraizada nas condições sociais de sua produção, as formas organizacionais são lidas também em função da sua vinculação com as restrições sociais no marco das quais se desenvolvem.

Também a diferença da visão evolucionista, a compreensão das firmas não obedece só a sua dimensão organizacional, isso é, a firma enquanto regras, rotinas e competências vinculadas às restrições cognoscitivas dos indivíduos que as integram. Entende-se as

firmas ao mesmo tempo como instituições determinadas por um processo de aprendizagem vinculado estreitamente às condições sociais e históricas de sua origem. Assim, nesta tese as instituições são concebidas não só como “limitantes” das opções dos atores, mas também como criadoras das opções possíveis e elas mesmas construtoras de ‘preferências’. Nesse sentido, se considera as instituições como participantes dos processos de mudança tecnológica em termos dinâmicos e não só como um elemento que dá conta da inércia e da estabilidade dos mesmos.

Tradicionalmente a literatura sociológica tem definido as instituições como práticas sociais regulares e continuamente reiteradas. Porém, a variedade - e muitas vezes superficialidade - com que se introduz esse termo requer de especificações no seu uso referidas ao fenômeno que esteja sendo analisado. Nesta tese se consideram como instituições aquelas organizações que exercem uma influência mais ampla sobre a sociedade no seu conjunto (Jessop 2001), sem assimilá-las por isso às órgãos públicos. Toda instituição é também uma organização e pode ser analisada nesses termos, mas só algumas organizações - inclusive com relação a alguns e não todos os aspectos que caracterizam sua trajetória evolutiva - podem ser consideradas em função de seu comportamento como instituição. Isso é, através de seu significado para a constituição de uma compreensão compartilhada entre diferentes atores coletivos ou individuais, por exemplo, acerca dos projetos locais ou regionais de desenvolvimento ou os custos a serem socializados por uma iniciativa de desenvolvimento tecnológico determinada. Assim por exemplo, *INVAP S.E.* é uma empresa e como tal pode ser analisada desde sua dimensão organizacional; mas também é uma instituição que teve a capacidade de convencer a determinados setores da sociedade Argentina a não descontinuar seu projeto de desenvolvimento.

2.4.3.2.1. Acerca dos níveis macro, meso e micro na dimensão organizacional

O objeto analisado - isso é, particulares trajetórias sócio-técnicas - é tão heterogêneo quanto os elementos que o integram, de modo que os recortes em termos de níveis de análise atravessam a seus integrantes de maneira desigual. No caso da dimensão

organizacional, se considera de um *nível micro* aos aspectos organizacionais próprios da dinâmica de produção de conhecimentos e de desenvolvimento de tecnologias por parte de atores tecnológicos determinados (firmas, departamentos de P&D internos às firmas, organismos públicos de P&D etc.). No *nível meso* são consideradas as relações interorganizacionais ou interinstitucionais que afetam o desempenho das trajetórias analisadas (formas organizacionais adotadas para a vinculação com outros atores tecnológicos: clientes, fornecedores, instituições de P&D etc.). E no *nível macro* são incluídos os elementos do âmbito sócio-institucional mais amplo que o dos atores tecnológicos concretos, que constituem a uma dinâmica sócio-técnica particular e afetaram de forma explícita ou implícita a direção tomada pela trajetória sócio-técnica analisada.

2.4.3.2.2. O nível micro de análise: a noção de ‘rotina’ e as formas organizacionais intrafirma

A noção de ‘rotina’ para a análise da firma é complementar às noções de trajetória tecnológica e de *path dependence*. O ponto de partida é a compreensão da mudança técnica e a produção de tecnologias como processos acumulativos de aprendizagem que envolvem uma dimensão organizacional. A noção de ‘rotina’ utilizada por autores evolucionistas intenta captar os códigos comuns e os mecanismos coordenados de busca de soluções que estão presentes nos processos deliberativos que se dão no interior das firmas. As rotinas em si são o resultado de processos de aprendizagem cumulativos essencialmente tácitos e que podem ser considerados como ativos intangíveis e intransferíveis.

A identificação das formas organizacionais adotadas ao longo do desenvolvimento da trajetória sócio-técnica analisada irá procurar dar conta da conformação de rotinas, a partir da reconstrução da forma particular que adotam os processos decisórios por parte de um determinado ator tecnológico. A análise dos aspectos “formais” das firmas como organizações hierárquicas, terá como objetivo o seguimento das transformações desses processos ao longo do tempo. A literatura de gerenciamento da inovação se caracteriza

por ter deixado de lado a análise do que os atores realmente fazem em suas práticas de planejamento e de criação de estratégias. Um antecedente interessante para nossa análise, é constituído por um trabalho que, reconhecendo esse fato, analisa a contraposição entre estratégias indutivas e dedutivas¹⁸ por parte dos gerentes de empresas situadas na “periferia” ou no “centro”, respectivamente (Regnér 2003).

A busca nesse caso pretende superar a análise evolucionista da firma como ‘máquina de resolução de problemas tecnológicos’, pondo em relação as decisões efetivamente realizadas e suas formas organizacionais de produção, com as características da dinâmica sócio-técnica em que estão imersas e, nesse sentido, em tanto processadoras dos conflitos sociais que as atravessam.

2.4.3.2.3. O nível meso de análise: as relações interinstitucionais

Esse nível é referente à dimensão organizacional nas relações nas quais participam vários atores tecnológicos. Essa análise se vincula à idéia de que as rotinas são sempre construídas a partir de relações interativas. Um ator define sua conduta só em função da consideração do resto dos atores que concebe como relevantes para a situação considerada; só aprende em inter-relação. Nessas aprendizagens, por sua vez, predomina uma racionalidade comunicativa mais que uma de tipo instrumental e os códigos compartilhados primam por sobre a noção de interesses individuais (Johnson e Lundvall 1994).

Em particular, se inclui nesse nível de análise da dimensão organizacional as relações ‘fornecedor-produtor-usuário’ já mencionadas, assim como as formas de vinculação existentes entre os atores produtores de conhecimento e organismos nacionais de P&D ou outros atores participantes nos processos de produção de tecnologias nos casos considerados.

¹⁸ As estratégias indutivas envolvem atividades exploratórias e de busca orientadas para o exterior das firmas por parte dos gerentes, enquanto que as dedutivas supõem atividades mais orientadas à indústria e a exploração de estratégias existentes.

2.4.3.2.4. O nível macro de análise: os sistemas de regulação sócio-institucionais

Nesse nível se considera o sistema normativo e institucional que regula a formação de rotinas dos atores a partir de âmbitos de influência mais amplos. Isso é, por exemplo, a forma em que a estrutura dos mercados (nacionais e internacionais) ou diversos tipos de incentivos mais amplos condicionam o desenvolvimento de específicas trajetórias sócio-técnicas. Consideram-se como constitutivas desse nível de análise as instituições sociais quer sejam formais (leis, instituições de nível nacional ou internacional, regulações comerciais) ou informais (costumes, tradições etc.), que têm influído explícita ou implicitamente no comportamento dos atores tecnológicos analisados.

Os conceitos que para dar conta desse nível de análise têm tido uma utilização mais difundida nos estudos da mudança tecnológica têm sido os de ‘sistemas nacionais, setoriais e regionais de inovação’, ‘*milieu* inovador’, ‘distritos industriais’, ‘regimes sociais de acumulação e de regulação’, ‘regimes competitivos e tecnológicos setoriais’, entre os principais. Os mesmos foram criados com diferentes objetivos, mas em termos gerais pode-se dizer que intentam captar a “infraestrutura” institucional e normativa no marco da qual se desenvolvem os processos de geração, uso e difusão das tecnologias. Em função da ênfase nos diferentes elementos que constituem uma dinâmica sócio-técnica, sua utilização nesta tese remete à análise das dimensões das que alguns deles dão melhor conta.

Mesmo assim, em todos os conceitos mencionados no parágrafo anterior a dimensão cultural (ideológica e simbólica) que forma parte desse nível de análise é tratada como “externa” e não modificável. Nesse sentido, não têm sido úteis para introduzir dita dimensão na análise de casos concretos de produção de tecnologias por parte dos diferentes atores tecnológicos. A perspectiva adotada nesta tese a partir da utilização da categoria de ‘dinâmica sócio-técnica’ se assemelha mais às análises baseadas nas noções de “grandes sistemas tecnológicos” (Hughes), “ensamblagens sócio-técnicas” (Bijker),

“*socio-technical constituencies*” (Molina) ou “sistemas e regimes sócio-técnicos” (Geels 2004). Esses conceitos introduzem o tratamento de elementos heterogêneos e procuram explicações superadoras das diferenciações entre os níveis macro/micro. Nesta tese se fará referência ao nível macro desta dimensão como ao dos “sistemas regulatórios sócio-institucionais” para não introduzir a partir da utilização de outras noções, elementos já considerados em outras dimensões de análise.

2.4.3.3. A dimensão cognitiva: o enfoque subjacente

Respondendo ao enfoque adotado nesta tese, o conhecimento é entendido como *prática* e não só como um *produto*. Nesse sentido, conhecer é saber “fazer algo”. Ainda no caso da produção de conhecimentos teóricos, é reconhecido o fato de que a habilidade para produzir conhecimento é o resultado de uma aprendizagem que inclui a internalização de metodologias e ferramentas de busca aprendidas durante a imersão em uma cultura, a denominada “cultura científica”. Essa habilidade para fazer coisas (textos, artefatos) aparece de forma mais evidente no caso da produção de conhecimento tecnológico, enquanto o conhecimento dos engenheiros se apresenta como o conhecimento requerido para o desenho, produção e operação de um determinado dispositivo para o cumprimento de um fim determinado (Vincenti 1990).

Entendido como prática, o conhecimento não pode ser tratado como algo dado e externo aos atores sociais. Como prática social, é o resultado de uma negociação entre atores e, desta maneira, socialmente construído. Todo conhecimento, partindo dessa perspectiva, é concebido como situado, específico e não-neutral. Daí decorre que também essa dimensão é mais bem compreendida a partir de categorias relacionais que dêem conta das interações entre os atores.

Tal como o têm mostrado os autores evolucionistas, diferenciando-se da concepção utilizada pelos economistas neoclássicos, a tecnologia enquanto conhecimento não é um *stock* de informação explícita, articulada, codificável e, por conseguinte, facilmente transmissível e imitável. Tampouco constitui um insumo de produção desenvolvido *ex*

ante. A produção de conhecimento tecnológico é, nesse sentido, um processo que evolui junto com a aprendizagem dos atores ao utilizar-lo na produção.

De fato, os processos de busca de conhecimento e técnicas de produção são – ao menos parcialmente – imprevisíveis e estocásticos, de modo que não existe uma sequência linear passível de ser conhecida *ex ante* e, portanto, racionalizável de forma tal de neutralizar sua incerteza. Um dos pontos considerados na análise do caso desde o ponto de vista cognitivo é como essa ‘incerteza’ é convertida em ‘risco’ pelos próprios atores e como os atores lograram racionalizar esses processos em espaços sócio-técnicos sem antecedentes prévios significativos na produção de bens intensivos em conhecimento. Assim mesmo, como nesses processos foi negociado o limite entre “o técnico” e “o não-técnico” nos processos de alinhamento sócio-técnico (Molina 1999) ou a diminuição da flexibilidade interpretativa das tecnologias produzidas (Mac Kenzie 1992; Bijker 1993).

2.4.3.3.1. Os distintos tipos de tecnologias e conhecimentos

Dentro da literatura que aborda a análise do conhecimento tecnológico e as diversas tecnologias tem havido diferentes intentos de classificar os conhecimentos com o objetivo de dar um tratamento diferenciado às distintas variantes do mesmo. É interessante para esta tese deixar colocada uma classificação desse tipo para não extrair conclusões que não dêem conta da heterogeneidade de conhecimentos envolvidos na produção de tecnologias complexas.

Para complementar o conceito de “regime tecnológico setorial” desde a dimensão cognitiva é preciso realizar uma diferenciação entre os diferentes tipos de tecnologias existentes. Molina (1999) divide as taxonomias existentes para classificar as tecnologias conforme estejam centradas: a) *na inovação*: inovação de produto ou de processo; inovação de produto alta, moderada ou baixa conforme seja novo para o mundo, para a firma ou uma simples modificação de um produto existente; inovações incrementais ou radicais; mudanças de sistema ou de paradigma tecno-econômico; b) *na firma*:

tecnologias distintivas, básicas ou externas à firma; tecnologias críticas, habilitadoras ou estratégicas; ou c) *na tecnologia em si*: tecnologias genéricas; ‘de final aberto’ ou equívocas; tecnologias complexas; arquitetônicas; discretas, de integrantes, genéricas de sistema ou configuracionais.

Como uma primeira definição do objeto de estudo desta tese – tecnologias complexas intensivas em conhecimento – já foi apresentada, resta definir os tipos de conhecimentos envolvidos em cada desenvolvimento particular. Os trabalhos provenientes da economia evolucionista distinguem os conhecimentos conforme oposições gerais do tipo: tácito vs. articulado, formal vs. informal, observável vs. não-observável, passível de ser ensinada vs. intransmissível etc. Classificações mais detalhadas se encontram em trabalhos como os de Vincenti (1990), Gibbons e Jonhstam (1974) e Faulkner et. al (1995). Neles são propostas taxonomias conforme o conteúdo dos conhecimentos e conforme quais sejam as atividades às que está relacionada sua produção, isso é, o conhecimento do mundo natural, o desenho, a pesquisa e desenvolvimento, a produção de um produto etc. (Faulkner, Senker e Velho 1995).

Para atender aos objetivos deste trabalho introduziremos os seguintes conceitos orientados a captar as especificidades da produção de conhecimentos envolvidos na produção das tecnologias analisadas.

2.4.3.3.2. A noção de conhecimento tácito

O componente do conhecimento que resulta crítico para a produção de tecnologias intensivas em conhecimento é tácito (Polanyi 1967), está embutido nas práticas dos atores e é aprendido coletivamente. Essa capacidade de ‘saber fazer que não podemos contar’ está presente ainda na produção de conhecimentos teóricos e as redes de relações informais entre científicos são chaves para a transmissão dos mesmos (Collins 1982). A análise das condições em que os conhecimentos tecnológicos são produzidos requer do seguimento dos atores envolvidos no seu desenvolvimento e das redes de relações geradas para lograr-lo.

Em tanto os conhecimentos não são transmitidos em forma de pacotes de informação comunicáveis formalmente e tendo em conta o espaço sócio-técnico subdesenvolvido em que foram desenvolvidas as tecnologias analisadas nesta tese, isso inclui centralmente a análise dos mecanismos em que foram formados e cooptados recursos humanos capazes de desenvolver as tecnologias consideradas.

Complementarmente ao fato de que o conhecimento se situa centralmente nos atores individuais, resulta fundamental a forma com que o mesmo é transmitido através da organização em que se desenvolve e se converte em uma rotina compartilhada, ou seja, em um “ativo intangível” de um ator social coletivo (firma, instituição de P&D). Nesse ponto é que a análise da dimensão organizacional complementa a compreensão da evolução da dimensão cognitiva de uma trajetória sócio-técnica determinada.

O conhecimento tácito, ao igual que as estratégias de resolução de problemas ou as heurísticas de busca de conhecimento ou os métodos adotados para a produção de conhecimento, formam parte da noção de *technological frameworks* e daí sua consideração como parte do *framework* analítico selecionado.

2.4.3.3.3. A noção de ‘conhecimentos genéricos’ e os ‘regimes de pesquisa científica e tecnológica’

Alguns conhecimentos tecnológicos são utilizados extensamente em diferentes aplicações (diferentes técnicas de desenho, distintos setores produtivos, diferentes artefatos), por exemplo: formas de modelização, protocolos de simulação, etc. É possível definir como *conhecimentos genéricos* a aqueles instrumentos de natureza cognitiva que, atravessando as fronteiras de certa especificidade disciplinar ou tecno-produtiva, são aplicados em diversos campos científicos e tecnológicos. O conceito deriva da noção de *instrumentos genéricos*, proposta por Terry Shinn (Shinn 2000).

O mesmo Shinn tem proposto uma estratégia útil para abordar os processos de produção de conhecimentos, a partir da distinção de *regimes de pesquisa científica e tecnológica*. A partir da identificação de mecanismos sociais e intelectuais, diferencia

analiticamente três regimes de pesquisa: *disciplinar*, *transitório* e *transversal*. O regime transversal resulta especialmente útil para conceitualizar a forma de produção de conhecimentos em produções intensivas em conhecimento. Representa um modo de produção científica onde o grau de liberdade e o campo de ação dos praticantes é maior que no regime transitório. Seus praticantes respondem mais à identificação para um projeto que às disciplinas e instituições que freqüentam. O raio de ação dos praticantes é amplo, permitindo fluidos deslocamentos no espaço social e material.

2.4.3.3.4. As distintas variantes da ‘aprendizagem’

As noções utilizadas para dar conta de distintos tipos de aprendizagens são utilizadas como instrumental analítico para captar os mecanismos de incorporação de conhecimento durante os processos de produção de tecnologias analisadas. Uma enumeração dos tipos de aprendizagem identificados na literatura inclui as tradicionais noções de aprender fazendo (*learning by doing*) de Arrow (1962), de aprender usando (*learning by using*) de Rosenberg (1982) ou de aprender interagindo (*learning by interacting*) de Lundvall (1988; 1992) e as mais recentemente introduzidas de aprender comprando (*learning by buying*), aprender copiando (*by copying*), aprender aprendendo (*by learning*), aprender exportando (*by exporting*). Obviamente, se as trajetórias tecnológicas são concebidas como trajetórias de aprendizagem, essas noções dão conteúdo às mesmas e se vinculam em particular com sua dimensão cognitiva. Holland et al. (1986) e Arthur (1992) sustentam que a forma de realizar opções em situações incertas é por indução (*learning by induction*). Esse tipo de aprendizagem também será considerado à medida que permite dar conta do aprendido a partir de escolhas prévias e permite visualizar a qualidade cumulativa de uma trajetória sócio-técnica particular. É introduzida também a noção de *learning by embeddedness* (*by belonging*/ por pertencer ou *by being part of*/ por ser parte de). No caso das tecnologias consideradas, o conhecimento adquirido por pertencer – inicialmente de maneira orgânica e depois através de relações informais ou formais – a instituições públicas de pesquisa e desenvolvimento resultou um elemento decisivo para seu desenvolvimento.

O seguimento desses tipos de aprendizagens tem sido indagado na trajetória analisada centralmente a traves da realização de entrevistas. Assim, são visualizados tanto através do relato dos atores como a partir de indicadores manifestos como o são as capacidades de produção adquiridas. O interesse específico da tese, porém, não é somente ver como se obteve o conhecimento necessário para o desenvolvimento das tecnologias consideradas, mas também verificar quais foram as operações a partir das quais esse conhecimento foi utilizado.

2.4.3.3.5. A noção de ‘capacidade de absorção’

Utilizaremos essa noção para dar conta das operações de aquisição, assimilação ou utilização de conhecimentos previamente existentes por parte dos atores tecnológicos. Embora a possibilidade de identificação de um conhecimento previamente existente que seja utilizado de maneira similar em novas condições produtivas é difícil de ser assumida, faremos referência a esse tipo de mecanismo quando os atores o identifiquem dessa maneira e sejam encontrados indícios de que teve lugar alguma operação de cópia, assimilação ou compra de conhecimentos. A produção de tecnologias em setores intensivos em conhecimento em países subdesenvolvidos se realiza de forma “tardia” em relação ao seu desenvolvimento nos países desenvolvidos. Apesar de nem toda a produção de conhecimentos tecnológicos analisados poder ser explicada a partir desse tipo de processo, a análise dos mecanismos pelos quais os atores adquiriram habilidades e a capacidade para utilizar conhecimentos gerados por outros atores é de especial importância nos casos das tecnologias analisadas.

2.4.3.3.6. A noção de ‘re-significação de tecnologias’

Os processos de auto-organização no desenvolvimento de tecnologias complexas são essenciais para seu desenvolvimento. Esse tipo de tecnologias se caracteriza por desenvolver-se em função de aprendizagens contínuas que se retroalimentam mutuamente e contribuem à construção de uma trajetória dependente daquilo feito

previamente. Mais que uma construção sobre a base de atividades exclusivamente exploratórias, o desenvolvimento desse tipo de tecnologias contribui a gerar passagens baseadas na experiência prévia. Isso supõe a reutilização de conhecimento prévio em novas aplicações, e sua combinação criativa a partir da busca de novas soluções.

Para captar esses processos se utiliza a noção de ‘re-significação de tecnologias’ (Thomas 1999) entendida como a reutilização criativa de certa tecnologia existente previamente que supõe um novo sentido para essa tecnologia e para seu meio de aplicação. Re-significar tecnologias é refuncionalizar conhecimentos, artefatos e sistemas. O conhecimento requerido é – em muitos casos – da mesma índole que o que exige a fabricação da maquinaria original e é similar em suas condições e características à atividade de desenho básico.

2.4.3.4. A dimensão espaço-territorial: o enfoque subjacente

Na tradição de estudos provenientes da economia da inovação pode-se identificar uma evolução que mostra uma mudança na escala em que os problemas tecnológicos são analisados. Aos trabalhos que se ocupavam exclusivamente do comportamento microeconômico da firma – partindo dessa perspectiva considerada como o *locus* da inovação - se foram somando análises de tipo meso e macro a partir da introdução de conceitos como o de “sistema nacional de inovação” (Lundvall 1992; Nelson 1993) ou o de “sistemas regionais de inovação”. Essas categorias, ao mesmo tempo em que reconhecem a necessidade de exceder o limite das firmas para compreender o fenômeno da inovação, mostram a relevância que os aspectos institucionais e territoriais têm para os processos de desenvolvimento econômico.

Dentro do conjunto de estudos sobre inovação tecnológica realizados a partir da perspectiva espaço/territorial provenientes da (nova) geografia econômica ou a geografia da inovação, existem trabalhos que podem ser vinculados diretamente às análises da economia evolucionista. Os mesmos partem da consideração de que os processos de geração e difusão da tecnologia são tácitos e se encontram “enraizados” nas estruturas

sociais, institucionais, culturais e produtivas do “ambiente industrial”. Esse tipo de trabalho que refere à tradição de estudos sobre o desenvolvimento local e regional centrados na análise de “experiências exitosas” (Silicon Valley, Ruta 128, Cambridge), levam em conta os elementos que por sua proximidade geográfica influem no comportamento econômico.

Esses trabalhos analisam o desempenho tecnológico dos territórios com base nas noções de ‘distritos industriais’, ‘clusters de inovação’ ou ‘meios inovativos’ (*milieux innovateurs*). Assim como nos trabalhos de corte evolucionista, também as firmas são as unidades de análise “interconectadas” em um espaço geográfico particular e em muitos deles o conceito de ‘rede’ é o que teoricamente dá conta da configuração de suas inter-relações. Conceitos como o de “meio inovador” tentam dar conta do papel determinante que em termos explicativos adquirem as relações sociais informais e a rede de instituições locais especificamente vinculadas às dinâmicas das estruturas territoriais. Assim por exemplo, partindo da vertente representada pelo GREMI (*Groupe de Recherche Europeen sur les Milieux Innovateurs*) são criticadas as análises em termos de ‘custos de transação’ e ‘economias externas’ proveniente da tradição marshallhiana, por ser considerado “estático” e se propõe uma aproximação intrinsecamente dinâmica que considera ao ‘meio’ (*milieu*) como gerador de comportamentos inovativos (Camagni 1991). Porém, em geral esses trabalhos não têm logrado “endogeneizar” as dimensões social e espacial dos fenômenos de produção de tecnologias (Gordon 1991; Perrin 1991). Por outro lado, na sua maioria, analisam somente as instituições de tipo formal a partir de sua consideração como variáveis externas ao desenvolvimento da tecnologia.

Esta tese se enquadra na tradição de estudos que entendem ao território como um ator dinâmico dentro dos processos de inovação. O conceito de espaço que se propõe não é o de um ‘continente’ homogêneo, dado em forma prévia, no qual o resto dos processos socioeconômicos tem lugar, senão como uma dimensão dos processos analisados que se manifesta nos diversos níveis de análise. Todas as ações sociais têm uma extensão espaço-temporal definida e ela é uma característica constitutiva das mesmas, não simplesmente um aspecto secundário, acidental ou externo. Isso implica que as relações sociais se estruturam em função de certos horizontes espaço-temporais privilegiados

pelos atores e ‘cristalizados’ em determinadas estruturas e instituições, que não por isso devem ser entendidas como não-modificáveis (Jessop 2004).

Sobre a base dessa concepção do espaço são identificados distintos níveis de análise em função do tipo de atores tecnológicos e relações entre atores consideradas. Porém, isso se faz só sob o reconhecimento de que as instituições e os fenômenos sociais acontecem de forma multi-escalar e, como já foi assinalado, a distinção analítica introduzida para sua descrição tão só busca encontrar as mediações necessárias para dar conta dos atributos do objeto analisado.

2.4.3.4.1. O nível micro de análise: os horizontes espaço-temporais e a manifestação espacial das rotinas dos atores

Nesse nível de análise a dimensão espacial aparece em dois sentidos diferenciados. Num primeiro sentido, envolve o desenrolar físico das trajetórias sócio-técnicas no âmbito “local” em tanto incorporadas às rotinas dos atores tecnológicos considerados. Assim por exemplo, são particulares as formas com que uma determinada estrutura organizacional e de produção de conhecimentos desenrola suas rotinas a partir duma particular forma de utilização dos espaços de trabalho e de evolução da rede de relações pessoais.

Em um segundo sentido, e correspondentemente com a visão subjacente em que é considerada a dimensão espaço/temporal – isso é, enquanto incorporada na constituição das estratégias dos atores – se analisa a forma com que os atores definem os horizontes espaço/territoriais na racionalidade que dá suporte para a tomada de decisões. A noção de ‘horizontes espaço-temporais’ em particular, permite caracterizar alguns dos elementos de uma dinâmica sócio-técnica determinada em um nível que se pode considerar como macro e, ao mesmo tempo, dar conta de elementos envolvidos nos processos de toma de decisões dos atores sociais. Nesse sentido, é uma das noções utilizadas nesta tese que resulta relevante para mostrar o ilusório que é estabelecer distinções micro/macro em termos explicativos.

2.4.3.4.2. O nível meso de análise: a manifestação espacial das relações interorganizacionais e interinstitucionais

Considera-se nesse ponto como evoluíram os vínculos entre organizações e instituições de um âmbito de incumbência e de regulação local, quer seja provincial ou regional de escala sub-nacional (organismos de P&D públicos ou privados locais ou regionais, as agências de desenvolvimento de nível provincial/estadual, outras organizações ou instituições econômicas como firmas fornecedoras e clientes etc.), relacionados com as trajetórias analisadas. Nesse caso, se tem em conta fenômenos como a evolução da amplitude das redes de relações entre atores estabelecidas ao longo das trajetórias sócio-técnicas analisadas. A noção de ‘sistemas locais de inovação’ se mostra frutífera para a análise de espaços territorialmente determinados, nos quais se busca aprender as interações relacionais entre os atores que os conformam.

2.4.3.4.3. O nível macro de análise: a noção de ‘sistemas nacionais de inovação’

A utilização da noção de ‘sistema nacional de inovação’ destaca que o âmbito nacional segue definindo um conjunto de instituições que influem no desempenho de uma trajetória tecnológica, ainda reconhecendo que essas trajetórias excedam o âmbito nacional em diferentes aspectos. Porém, é um atual tema de debate dentro dessa literatura o peso do Estado-nação na dinâmica inovativa das economias e das firmas (Johnson e Lundvall 1994). Nesta tese os âmbitos nacional e internacional como nível de corte analítico são introduzidos historicamente em função da relevância para o desenrolar das particulares trajetórias sócio-técnicas analisadas. Nesse sentido, se sustenta que a dimensão espaço/territorial presente, por exemplo, na noção de ‘sistema nacional de inovação’, não pode ser estabelecida como forma *a priori* e constitui um dos elementos a ser definidos em função de exercícios analíticos concretos que, porém, partem de considerar a dita dimensão como constitutiva de qualquer trajetória sócio-técnica considerada. Em particular, a noção de dinâmica sócio-técnica relativa ao nível de

estabilizações sócio-institucionais que envolve o conceito de sistema nacional de inovação se mostra mais compatível com o tipo de análise que dela se deriva.

2.4.3.5. A dimensão política: a política como processo

A dimensão política presente na tecnologia se apresenta a partir do esclarecimento de alguns recortes analíticos básicos e largamente diferenciados na literatura. Uma primeira distinção corresponde à clássica diferenciação entre *politics* e *policy*. Em termos de *politics*, o suposto subjacente à perspectiva adotada nesta tese é que a tecnologia é política, embora não possam ser reconhecidas as características ou atributos tradicionalmente considerados como “políticos” no seu processo de desenvolvimento. Ainda no caso em que não exista uma associação explícita entre projetos político-partidários ou de determinados grupos de poder e o desenvolvimento de determinadas trajetórias sócio-técnicas, sua existência reproduz prioridades econômicas e relações de poder que caracterizam a ensamblagem sócio-técnica do qual formam parte.

Entre as críticas realizadas à perspectiva construtivista adotada nesta tese se menciona o suposto “pluralista” que está na base da análise em termos de ‘grupos sociais relevantes’ (Klein e Kleinman 2002, Winner 1993). Conforme essa crítica, a perspectiva *SCOT* assume que todos os ‘grupos sociais relevantes’ participam do desenho das tecnologias em condições igualitárias e a partir da elaboração de consensos, o qual obscurece a possibilidade de entender as assimetrias derivadas das diferenças de poder existentes em toda sociedade. Como se apresenta posteriormente nesta tese, são analisadas as características dos grupos sociais que participam de uma trajetória sócio-técnica determinada em função da utilização do instrumental analítico desenvolvido por autores provenientes de sub-campos das ciências sociais e políticas.

Em termos de políticas (*policies*) são tidas em conta as definições emanadas do poder público estatal para regular as ações dos atores que afetam as decisões dos atores tecnológicos de um determinado âmbito jurisdicional em diferentes momentos. Cabe diferenciar em função do interesse desta tese três níveis de implementação das políticas –

macro, meso e micro. Parte-se da consideração de que a política é o resultado de um processo de competência e negociação no qual os atores chave podem não ser nem os indivíduos, nem os partidos políticos e sim as organizações burocráticas. Assim, por exemplo, enquanto todos os envolvidos no desenvolvimento de um setor tecnológico estratégico podem ter o objetivo da “segurança nacional”, diferentes atores ubicados em âmbitos institucionais diferenciados podem não estar de acordo em como chegar a esse objetivo (Mc Kenzie e Wajcman 1985).

2.4.3.5.1. O nível de análise macro: os ‘regimes políticos de governo’ e as ‘políticas implícita e explícita de C&T’

Ao longo da tese essa noção é utilizada com o propósito de analisar a relação entre as trajetórias analisadas e os respectivos regimes políticos vigentes ao longo de sua evolução que caracterizaram, por sua vez, as diferentes dinâmicas sócio-técnicas das quais formam parte. Esse termo, complementar ao de “regimes sociais de acumulação”, permite entender os sistemas políticos como resultantes de construções específicas e historicamente determinadas derivadas da correlação de forças dos diferentes setores sociais. Esse conceito envolve centralmente as características da relação entre o Estado e a sociedade e os mecanismos de representação política e de integração social dos diferentes atores sociais.

Entendida a política como *policy* se incluem nesse nível as políticas macro entendidas como as decisões de política econômica, de desenvolvimento industrial, de relações exteriores ou, especificamente, de ciência e tecnologia, desenvolvidas a partir do Estado e que afetam ao conjunto de normas e regulações institucionais do âmbito nacional ou regional (esse último enquanto unidade espaço-territorial mais ampla que a dos Estados nacionais).

2.4.3.5.2. O nível meso de análise

Dentro do nível meso da dimensão política se incluem aquelas definições de objetivos de criação e regulação das atividades no interior de instituições ou organismos de C&T particulares, vinculados às trajetórias sócio-técnicas analisadas. Assim como no recorte realizado desde um ponto de vista organizacional, esse nível corresponde ao comportamento e as medidas definidas para o funcionamento de atores institucionais e das relações entre eles.

2.4.3.5.3. O nível micro de análise: as “micropolíticas” dos atores

Reserva-se o nível micro-político para a análise de relações de poder a partir da observação das estratégias e tomada de decisões de atores individuais ou grupais que se dão no plano intra ou inter-organizacional no desenvolvimento dos processos analisados. É introduzida nesse sentido a noção de micropolíticas dos atores utilizada por Bijker para a análise da tecnologia, com o objetivo de dar conta das operações do estabelecimento de significados (poder semiótico) por parte das práticas (micropolíticas) dos atores.

2.4.3.6. A dimensão ideológica: a ideologia como processo

Recentemente essa dimensão tem sido recuperada pela vertente institucionalista da economia, introduzindo o reconhecimento de que também “as idéias importam”. A noção de “modelos mentais compartilhados” é referente às ideologias entendidas como “o conjunto de modelos mentais que compartilham um grupo de indivíduos para interpretar o ambiente e prescrever como o ambiente deveria ser estruturado” (Denzau e North 1994). Os modelos mentais oferecem nesse sentido um mapa onde podem ser identificados os aspectos da realidade que são cruciais para alcançar diferentes objetivos. Para esses autores, tanto as ideologias como as instituições são modelos mentais que simplificam o ambiente no qual atuam os indivíduos gerando situações onde as escolhas são menos complexas. E ambas são criadas a partir da comunicação em um processo co-

evolutivo. Esta vertente, porém, ainda não tem desenvolvido ferramentas analíticas que dêem conta das ideologias em tanto processos de conformação da subjetividade dos atores. Assim, para analisar essa dimensão da mudança tecnológica se recorre a noções desenvolvidas no âmbito da análise literária e sociológica das idéias.

A ideologia é considerada nesta tese não como um conjunto organizado de conhecimentos ilusórios acerca da realidade, mas no seu sentido mais amplo, isso é, como matriz que regula a relação entre o visível e o invisível, entre o imaginável e o inimaginável para os atores enquanto sujeitos de ação (Zizek 1996). Essa é uma das dimensões-chave para compreender a relação entre o ator em tanto subjetividade individual e as estruturas em tanto resultantes de processos mais amplos que a mera subjetividade dos indivíduos. Apesar da tecnologia funcionalmente poder cumprir certos interesses ideológicos (como no exemplo clássico das pontes de Moisés), também pode fazê-lo simbolicamente e esse é o principal aspecto presente em todo objeto material em tanto intermediário da comunicação social. Uma adequada análise desta dimensão permite relacionar uma parte importante dos denominados aspectos macro aos aspectos micro da mudança tecnológica.

2.4.3.6.1. O nível micro da análise: a racionalidade ideológica dos atores

A dimensão ideológica nesta tese é interpretada como o processo pelo qual os atores individuais estruturam sua subjetividade. Nesse sentido, não é vista como um discurso organizado e “falso” acerca da realidade, mas como algo que engloba os processos pelos quais os indivíduos constroem suas específicas maneiras de interpretar o mundo. Isso envolve a análise tanto dos discursos dos atores para dar conta de suas práticas cotidianas quanto dos discursos institucionalizados e articulados emitidos por atores sociais particulares (partidos políticos, Estado, grandes corporações). Essa análise faz referência à construção da subjetividade dos atores e sua derivação em específicas escolhas em suas estratégias de ação. Isso é, o conjunto de crenças e expectativas que constituem a percepção dos atores acerca da realidade e os levam a tomar determinadas decisões (Adler 1987).

2.4.3.6.2. O nível meso da análise: a noção de ‘ideologema’

Em termos operativos, utilizaremos a noção de ideologema introduzida por Jameson para a interpretação do discurso literário. Esse conceito parte do suposto de que toda narrativa é social e histórica e, por conseguinte, política. Operativamente, um ideologema representa a unidade descritiva mínima de uma configuração ideológica ou discursiva. Um mesmo ideologema pode variar de sentido e produzir efeitos diferentes em distintas configurações ideológicas.

No mesmo sentido em que Jameson interpreta na literatura uma ação essencialmente simbolizadora é possível interpretar na tecnologia essa mesma função. Se os ideologemas são cristalizações da práxis política na práxis cultural, os mesmos podem ser introduzidos como forma de interpretar os discursos com relação à tecnologia para saber em que consiste sua função em quanto estruturas significantes, e de que maneira afetam a forma de conceber a realidade. Assim, a interpretação que se faça da tecnologia num determinado momento histórico pode-se conceber como a expressão das relações sociais que primam em uma estrutura social determinada.

A análise a partir de ideologemas pretende compreender e identificar as operações de ocultamento, inversão ou transformação do objeto tecnológico com a finalidade de assimilar esse objeto às constantes culturais dominantes em um momento histórico determinado. O que se busca então é reconstruir as ações dos atores a partir dos discursos através dos quais deram conta do “real”. E isso não só em termos de um objeto ou situação em questão, mas também do não dito ou do deslocado do discurso.

4.3.6.3. O nível macro da análise: as “ideologias dominantes”

Esse nível de análise é referente às idéias que em um momento histórico determinado se tornam dominantes a nível social conformando o conjunto de discursos que desempenham um papel social orientado à manutenção e reprodução de específicas

relações de poder. Como se adiantou, não se trata de um discurso estruturado senão de ‘processos sociais em curso’ que se transformam na própria dinâmica social de sua constituição (Therborn 1987). Nesta tese se trata do conjunto de interpelações que operam em uma dinâmica sócio-técnica estabelecendo uma determinada ordem de poder, dominação e controle. Em particular, se consideram as ideologias referidas às temáticas que foram relevantes para a construção das subjetividades dos atores protagonistas das trajetórias sócio-técnicas consideradas. Sua análise será mediada pela noção de ideologema apresentada como de um nível de análise meso, no sentido de se constituir como a unidade de sentido intermediária entre certas conformações ideológicas dominantes no nível social e sua manifestação em concretos processos de toma de decisões e realização de escolhas por parte dos atores tanto individuais como grupais.

2.5. Implicações metodológicas do *framework* analítico selecionado: acerca dos procedimentos utilizados para sua aplicação

Tanto as perspectivas construtivistas (Bijker, Hughes, e Pinch 1987; Bijker e Law 1992) como as conceitualizações sócio-técnicas desenvolvidas a partir das noções de ‘sistemas tecnológicos’ (Hughes 1987) ou de ‘redes de atores’ (Callon 1987; Callon 1992; Latour 1987), coincidem em questionar as explicações lineares e monodeterministas. Partindo de uma visão centrada em assinalar a complexidade das tecnologias, como garantir de fato a realização de explicações que não sejam lineares? As perspectivas construtivistas surgem com o fim de evitar as explicações de tipo determinista. Um problema assinalado por esses autores, então, é o do reducionismo: ou se explicam as coisas por algum fator social ou por algum fator técnico (Bijker 1993). A crítica da qual têm sido objeto os enfoques construtivistas com relação a esse tema, refere-se à impossibilidade que seus trabalhos têm de dar explicações em tanto e em quanto todo é social... e técnico... e político... e econômico... O mesmo Bijker sustenta que se o objetivo final é a explicação, algum tipo de reducionismo deve ser realizado. A proposta do enfoque *SCOT* e que se adota nesta tese é a de estabelecer primeiros e segundos

planos no processo de explicação da construção de uma tecnologia. O fato de não definir *a priori* um elemento em particular como explicativo, fornece a possibilidade de encontrar em cada caso e momento, elementos que sejam mais centrais que outros, mas em nenhum caso um fator exógeno e causal único que tenha a capacidade de explicar a totalidade do processo.

Talvez o maior desafio nesse ponto seja o de lidar com a linguagem disponível e encontrar as estratégias discursivas que melhor permitam representar a realidade estudada nesses termos. A busca se orienta a explicar a relação existente entre os processos micro que desenvolvem diferentes atores tecnológicos concretos e as dinâmicas macro-sociais que os constituem e que eles a sua vez recriam. Nesse sentido, tentou-se evitar o risco de cair em uma simeose continua através das operações de aplicação do *framework* teórico-analítico. Assim, os conceitos escolhidos para dar conta da realidade analisada, ordenaram hierarquicamente os elementos presentes no discurso dos entrevistados e os vincularam de maneira não-lineal aos diferentes elementos presentes em cada situação (fase ou dinâmica) considerada.

Algumas “razões” apresentadas pelos entrevistados operaram de maneira não-linear nas explicações elaboradas na análise, conforme a dimensão em relação à qual estivessem sendo consideradas. Assim, uma única explicação para os atores (a produção *in-house* da totalidade das componentes que integram um produto devido a questões vinculadas ao segredo das tecnologias desenvolvidas e sua impossibilidade de encontrar-las no mercado) foi utilizada para vincular elementos heterogêneos não presentes na lógica explicativa dos entrevistados, mas que não podem estar ausentes na explicação do fato analisado (ideologias tecno-nacionalistas constitutivas da subjetividade dos atores, políticas de não alinhamento com os interesses das potências centrais, inexistência de uma rede de fornecedores especializados no espaço sócio-técnico em que se desenvolveu a iniciativa, confiança nas próprias capacidades para empreender desafios tecno-produtivos complexos).

Assim, também se operou em relação aos critérios de corte para o estabelecimento de diferentes momentos que constituem, por exemplo, diferentes dinâmicas sócio-técnicas

ou fases na trajetória considerada. O procedimento utilizado nesse sentido consistiu em reconstruir historicamente a trajetória sócio-técnica estudada tomando-a, enquanto unidade de análise, como o fio condutor do relato e da escolha de elementos relevantes para seu estudo. A tarefa de reconstrução histórica permitiu identificar aqueles elementos que em cada momento foram chaves para a introdução de mudanças em termos do acontecido previamente. O “relevante” para a trajetória se define por ser central para o direcionamento, ritmo, diversificação, ou não, ante alternativas viáveis. Dessa maneira, os elementos relevados nas entrevistas foram “alinhados” em função das diferentes dimensões e níveis de análise estabelecidos como relevantes teoricamente para a realização do exercício analítico.

2.6. Acerca da metodologia, o trabalho de campo e a forma de apresentação dos resultados

Diferentemente de outras perspectivas construtivistas como a conhecida “teoria da rede-ator” (ANT) (Callon, 1987, 1992), o enfoque de “construção social das tecnologias” (SCOT) (Bijker, Hughes e Pinch, 1987; Bijker, 1995) oferece um instrumental metodológico e técnicas específicas para pôr em prática a pesquisa. A seguir são resumidos os pressupostos de que parte e em que consiste dita metodologia.

Dado o caráter qualitativo que está na base do desenho de uma pesquisa definida desde esse enfoque, a metodologia de estudo de caso é a mais utilizada nesse tipo de trabalhos. A crítica clássica a esta metodologia, derivada dos supostos de uma epistemologia positivista, aponta para a impossibilidade de estabelecer generalizações a partir dos resultados obtidos. Mas, justamente a partir dessa perspectiva, não é a universalidade de comportamentos o que se supõe ser possível de apreender com a realização de investigações acerca do mundo humano. Em particular, se o objetivo é analisar experiências em algum senso “atípicas”, uma crítica nesse sentido é ainda menos cabível. A análise de experiências particularmente “reveladoras” de comportamentos

específicos¹⁹ – além do fato de se tratar de fenômenos sobre os quais não há disponibilidade de informação prévia – é outra das justificações reconhecidas na literatura para a utilização desta metodologia.

Todo estudo de caso supõe a recopilação de informação a partir da maior quantidade e diversidade de fontes possíveis. Não se trata só da busca de documentos, senão também da realização de entrevistas; não só da identificação de fontes de informação escrita, senão também da realização de observações e da reconstrução da forma em que os atores interpretam – e interpretaram em diferentes momentos – sua própria realidade.

A idéia de “seguir os atores” está na base dessa proposta metodológica (Latour, 1992). Enquanto a unidade de análise definida por esta tese é uma trajetória sócio-técnica particular, o caso selecionado para aplicar o marco analítico desenvolvido é a trajetória de uma empresa argentina que reúne as características definidas pelos critérios de escolha do tipo de fenômeno a ser analisado. Por tratar-se de uma pesquisa centrada na análise de atores no seu maior parte pertencentes a empresas, a identificação de algum contato que permita “entrar” com a confiança necessária no referido espaço institucional se transformou em um fator definidor da possibilidade de realização da pesquisa. A partir da identificação de um ou mais “atores chave” – no possível selecionados por pesquisadores ou conhecedores do caso –, a técnica de “bola de neve” é a utilizada para definir aos demais entrevistados. A quantidade de entrevistas se fecha por saturação: quando entre os possíveis novos entrevistados aparecem mencionados os mesmos indivíduos ou no momento em que as respostas começam a reiterar os conteúdos que estão sendo relevados.

O processamento da informação durante o período de trabalho de campo se transforma em um insumo necessário para a re-elaboração de questionários e entrevistas. Esse processamento, por sua vez, permitiu definir a necessidade ou não de duplicar entrevistas a alguns dos atores já conhecidos, por exemplo, para relacionar interpretações contraditórias.

¹⁹ No sentido de se tratar de casos que podem nos brindar *insights* iluminadores acerca de comportamentos locais.

No caso selecionado, não existiam trabalhos que permitissem uma aproximação previa à entrada ao campo. O caso exigiu três entradas ao campo com um primeiro grupo de entrevistas exploratórias e uma segunda rodada trabalhada com entrevistas semi-estruturadas mais orientadas. A tarefa de reconstrução da história da empresa foi iniciada de zero e o acesso à totalidade da informação requerida nem sempre foi facilitado.

Técnicas de análise documental e de análise do discurso foram utilizadas para processar a informação recopilada. De maneira coerente com a perspectiva adotada, o discurso é visto como constituinte da realidade dos atores entrevistados. Para o estudo desse caso foram registradas cerca de 150 horas de entrevistas, um exaustivo relevamento de fontes primárias e secundárias e um conjunto de observações diretas (não participativas) orientadas a dimensionar e verificar o alcance da operatória da firma.

A apresentação do caso foi organizada sobre a base da divisão em fases da trajetória. Cada fase se define em função de critérios sócio-técnicos que combinam mudanças tanto de um nível micro como macro. Em uma primeira instância foi pedido aos próprios atores que identificassem os elementos chave que marcaram a história do empreendimento. A apresentação final de cada fase responde a uma evidente, e inegável, simplificação. A mesma se organiza de acordo com a diferenciação dos seguintes elementos:

- a) Características do âmbito político-econômico nacional e internacional;
- b) Momento de desenvolvimento da firma;
- c) Principais produtos;
- d) Clientes, fornecedores e contratados;
- e) Principais aprendizagens e desenvolvimento de ‘inovações’.

Em seu conjunto, esses elementos dão conta das características de cada fase e constituem uma unidade que permite diferenciar, por oposição, os diferentes momentos da trajetória sócio-técnica da firma. Nesse sentido, a totalidade dos elementos em consideração “explicam” um determinado momento, por adquirir uma lógica determinada em função de sua inter-relação. Os elementos das diferentes dimensões de cada fase de

uma trajetória em inter-relação com conjuntos mais amplos de fenômenos como os correspondentes às dinâmicas sócio-técnicas das que formam parte, se re-significam mutuamente explicando, por exemplo, a viabilidade da iniciativa em distintos momentos de sua evolução.

A seguir são apresentados dois capítulos dedicados à aplicação do *framework* analítico ao caso selecionado.

Capítulo 3 - Descrição do caso: a trajetória sócio-técnica da empresa *INVAP S.E.*

3.1. Introdução

Neste capítulo apresenta-se, primeiramente, uma descrição da trajetória sócio-técnica analisada a partir de uma divisão em fases que permite identificar momentos diferenciados ao longo do seu desenvolvimento. Em segundo lugar, são descritos diferentes elementos que caracterizam a trajetória selecionada a partir do seu agrupamento em dimensões e níveis de análise. A seguir apresenta-se um quadro que destaca a estrutura do capítulo e que permite antecipar graficamente seu conteúdo.

QUADRO Nº 3 - DESCRIÇÃO DA TRAJETÓRIA SÓCIO-TÉCNICA ANALISADA

Trajetória sócio-técnica da firma <i>INVAP S.E.</i>		
Fase I	1971 – 1976	Pre-criação: <i>Programa de Investigaciones Aplicadas</i> (PIA) da <i>Comisión Nacional de Energía Atómica</i> (CNEA)
Fase II	1976 – 1984	Criação da firma. Contratada do Plano Nuclear Argentino
Fase III	1984 – 1988	Inserção no mercado internacional: área nuclear
Período de crise	1989 / 91	Crise financeira e institucional: - Veto ao cumprimento dos contratos com o Irã (1991) - Mudança na Direção da firma
Fase IV	1992 – 2005	Recuperação e diversificação: abertura da área espacial

Análise segundo dimensões e níveis de análise da trajetória sócio-técnica analisada		
Dimensão	Nível de análise	Elementos
Econômica	Micro	- Evolução tecno-produtiva - Evolução financeira da firma - Evolução da estratégia de produção (<i>in house</i> vs. <i>outsourcing</i>) e de escolha de fornecedores - Evolução do <i>mix</i> de produção: diversificação vs. especialização produtiva - Tipos de mercado e evolução da carteira de clientes (nacional vs. estrangeiro)
	Meso	- Relações interinstitucionais
Organizacional	Micro: nível de análise intrafirma	- Estrutura organizacional formal - Estrutura organizacional “de fato” - Direção, gerenciamento e tomada de decisões - Política de recursos humanos: • Evolução da quantidade de pessoal • Perfil profissional e maturidade do pessoal • Distribuição do pessoal conforme gerências • Capacitação, formação e cooptação de recursos humanos • Salários e bônus de participação nos lucros
	Meso	- Relações interinstitucionais
Cognitiva	Micro: nível de análise intrafirma	- Circulação de informação e de conhecimentos no interior da firma - Estilo de produção de conhecimentos: re-significação de tecnologias, reutilização de capacidades, regime transversal de produção de conhecimentos - Tipo e operatória de produção de conhecimentos dominantes: conhecimentos genéricos e dinâmica <i>problem solver</i> para a geração de soluções não padronizadas “à medida do cliente”
	Meso	- Aprendizagens interativas: relações com instituições estatais de P&D - Aprendizagens interativas: relações usuário/produtor e produtor/fornecedor - Patentes e apropriabilidade dos conhecimentos
Espaço-territorial	Micro	- O uso do espaço no âmbito intrafirma
	Meso/macro	- Horizontes espaço-temporais - Localização e território
Ideológica	Micro: dos atores	- Evolução da ideologia dos integrantes da firma • 1o. Momento (1971/84 – Fases I e II) Tecno-nacionalismo Estado-dependente • 2o. Momento (1985/91 – Fase III) Pragmatismo mercado-dependente orientado à sobrevivência • 3o. Momento (1992/2004 – Fase IV) Pragmatismo “empresarial” orientado à busca de novos negócios
Política	Meso/Micro	- Políticas explícitas e implícitas de C&T - As políticas institucionais e a micropolítica dos atores

3.2. Fases da trajetória sócio-técnica analisada

A empresa *Investigación Aplicada (INVAP S.E.)*, fundada em 1976, é uma Sociedade do Estado que tem gerado competências em uma diversidade de *targets* tecno-produtivos intensivos em conhecimento: desenho, desenvolvimento e construção de reatores nucleares para pesquisa científica e produção de radioisótopos; produção de tecnologia espacial (satélites e sistemas de observação); equipamento e automatização industrial (plantas químicas, tratamento de resíduos industriais perigosos).

A análise da trajetória sócio-técnica da empresa pode ser dividida em quatro fases e, adicionalmente, um período de crise profunda no qual a viabilidade da empresa esteve seriamente ameaçada. As fases identificadas são as seguintes:

- **Fase I (1971/1976) Antecedentes: o *Programa de Investigaciones Aplicadas* do *Centro Atómico Bariloche (CAB)* da *Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)***
- **Fase II (1976/1984) Conformação da firma *INVAP S.E.*: contratada pelo Estado (Plano Nuclear argentino)**
- **Fase III (1984/1988) Reorientação dos objetivos da firma: inserção no mercado internacional**
- **Período 1989/1991: Crise profunda**
- **Fase IV (1992 até a atualidade – 2005) Recuperação e diversificação: abertura da Área Espacial**

3.2.1. Fase I (1971/1976) Antecedentes: *Programa de Investigaciones Aplicadas* do *Centro Atómico Bariloche* (CAB) da *Comisión Nacional de Energía Atómica* (CNEA)

a) Características do âmbito político-econômico nacional e internacional

Depois de finalizada a Segunda Guerra Mundial, a Argentina definiu a área nuclear como de interesse estratégico do Estado. A partir deste momento, consolidou-se no país uma tradição em pesquisa e desenvolvimento nuclear, cujo principal protagonista institucional foi a *Comisión Nacional de Energía Atómica* (CNEA). Criada em 1950, já em 1955 a Comissão contava com cerca de 250 cientistas e 300 técnicos que integravam importantes grupos de pesquisa nas áreas de física nuclear, química inorgânica, aplicações médicas e geologia. Neste período foram criadas duas instâncias fundamentais para a formação de recursos humanos e para o desenvolvimento de capacidades tecnológicas autônomas: o Instituto de Física no *Centro Atómico Bariloche* (atualmente *Instituto Balseiro*), onde são oferecidos cursos de física teórica e experimental; e o Departamento de Metalurgia, setor-chave para o desenvolvimento tecnológico, o treinamento técnico de pessoal e a transferência de tecnologia para indústria.

No início de 1958, a CNEA almejou desenvolver e construir integralmente um reator nuclear de experimentação, o primeiro da América Latina. A presença de políticas estatais sustentadas de apoio ao setor permitiu consolidar e ampliar a referida acumulação tecnológica. Os sucessivos Planos Nucleares nacionais²⁰ promoveram a construção de centrais nucleares elétricas, o desenvolvimento de combustíveis nucleares e a produção de radioisótopos, criando uma demanda setorial de insumos relativamente dinâmica. A ideologia tecno-nacionalista e industrialista de parte dos integrantes da CNEA contribuíram para a obtenção de uma competência tecnológica que lhe deu quase uma autonomia na área nuclear e fomentou a criação de empresas locais fornecedoras do setor.

²⁰ Governo argentino: Decreto N° 46 17/06/1970 – Decreto N° 3183 19/10/1977 – Decreto N° 302 29/01/1979, *Presidencia de la Nación, Secretaría General* (1970), *Información. Energía Atómica*.

Essa fase da empresa desenvolveu-se no marco da segunda etapa do modelo econômico de industrialização por substituição de importações (1958-1976), caracterizada por uma ativa participação do Estado na produção de bens e serviços, a participação de capitais transnacionais no marco de uma forte regulação estatal da atividade econômico-produtiva, a planificação e promoção de atividades consideradas estratégicas e a orientação da produção industrial para o mercado interno. No planejamento estatal, a área nuclear era considerada prioritária, tanto no âmbito do desenvolvimento técnico-econômico como no geo-estratégico.

Todo o período foi caracterizado por um sustentado desenvolvimento industrial, com taxas anuais de crescimento variando entre 4% a 8% durante o decênio 1964-74, e um aumento da participação do setor manufatureiro no PIB. A produção industrial tendeu a se diversificar num movimento de complementação com aumento da integração nacional dos produtos finais e cobertura local da matriz insumo-produto. A participação da indústria manufatureira foi de 25% no total exportado em 1974. Embora os setores de maior complexidade tecnológica fossem liderados por empresas transnacionais, registrou-se neles uma participação significativa de empresas privadas nacionais e algumas estatais.

b) Momento de desenvolvimento da empresa

Embora esta fase seja anterior à da constituição da empresa como organização independente, ela foi determinante no desenvolvimento de sua trajetória sócio-técnica.

Em 1971, um grupo de pesquisadores do *Centro Atômico Bariloche* da *CNEA* criou o *Programa de Investigaciones Aplicadas (PIA)*. O principal objetivo do *PIA* era utilizar os conhecimentos disponíveis na *CNEA* (e, em particular, as capacidades acumuladas no *Centro Atômico Bariloche*) e contribuir para o desenvolvimento de tecnologias para a indústria local.

O *PIA* surgiu por iniciativa de um egresso do doutorado em Física do *Instituto Balseiro (CAB-CNEA)*²¹, o Dr. Conrado Varotto que, ao retornar do pós-doutorado

²¹ O *Instituto Balseiro*, dependente da *CNEA*, é um centro de excelência de reconhecido prestígio internacional na formação de físicos e engenheiros nucleares. A empresa mantém uma estreita

realizado na Universidade de Stanford (EUA), propôs à instituição gerar um grupo de “pesquisa aplicada”. A viagem, daquele que veio a ser o primeiro Gerente Geral da empresa, aconteceu no início da década de 1970, no auge da criação de empresas de microeletrônica no *Silicon Valley*. A observação da estreita vinculação entre a referida universidade e as empresas radicadas nos seus arredores gerou sua adesão ao projeto de orientar a pesquisa à resolução de problemas da indústria.

A conformação de uma equipe de trabalho integrada por físicos, engenheiros nucleares e químicos, orientada à realização de pesquisas com aplicação industrial não era de interesse dos grupos de física teórica hegemônicos dentro do CAB. O empreendimento concretizou-se com o apoio determinante do Diretor do CAB, naquele momento, o Dr. Hugo J. Erramuspe, e de alguns outros membros da Comissão que compartilhavam a visão de setores da CNEA de Buenos Aires, em particular dos integrantes do Departamento de Metalurgia a cargo de Jorge Sábato²². Os membros fundadores da empresa participaram, em sua totalidade, desta equipe de trabalho.

No caso dos desenvolvimentos em metalurgia, a produção do PIA orientou-se à extensão da atividade que já vinha sendo desenvolvida na área correspondente da CNEA (que funcionava no *Centro Atómico Constituyentes*, na Província de Buenos Aires).

Um dos principais obstáculos registrados pelos membros do PIA para realizar suas atividades de assistência à indústria era a complexidade burocrática e a dificuldade para o estabelecimento de contratos comerciais com terceiros, derivados do caráter público da instituição à qual estava vinculado (a CNEA). Quanto mais se ampliava o horizonte de negócios, maior era a dificuldade administrativa e de gerenciamento do empreendimento. Diante deste quadro, os integrantes do PIA consideraram conveniente constituir, até fins

relação com este Instituto, onde se formaram seus membros fundadores e muitos dos seus profissionais. Atualmente, alguns integrantes da empresa são docentes e orientam alunos de pós-graduação, os quais - em alguns casos - logo a ela se incorporam.

²² Jorge Sábato, representante do denominado Pensamento Latino-americano em Ciência, Tecnologia e Sociedad - PLACTS (Dagnino et al. 1996) esteve estreitamente vinculado aos membros fundadores da firma e suas idéias fizeram parte do ambiente intelectual da época de sua criação. A cargo do *Departamento de Metalurgia* do *Centro Atómico Constituyentes* (1955/68), Sábato apoiou a vinculação da Comissão com a pequena e média empresa nacional a partir da execução de desenvolvimentos tecnológicos orientados pelas demandas das empresas locais.

de 1975, uma empresa semipública, sob a figura legal (criada durante o ano anterior) de Sociedade do Estado²³.

A *INVAP S.E.* não recebe aportes orçamentários do Estado, dependendo exclusivamente da venda de serviços e equipamentos e a execução de contratos de locação de obra na Argentina e no exterior. Sua prática empresarial é, neste sentido, equivalente à de uma firma privada com fins lucrativos. Encontra-se localizada na cidade de Bariloche (Província de Rio Negro), aproximadamente a 1.600 km de Buenos Aires.

c) Principais produtos

Durante este período, foram desenvolvidas no PIA quatro linhas de produtos tecnológicos: processos metalúrgicos, produção de materiais semicondutores, de produtos derivados do carbono e de processos de produção de materiais através de seu tratamento com feixes de partículas.

De maneira geral, foram desenvolvidas atividades de P&D e ajuste de processos e produtos por solicitação de empresas estatais e privadas interessadas na fabricação (em escala relativamente reduzida) daqueles elementos que, para a época, poderiam ser qualificados como desenvolvimentos de fronteira. Neste processo, os pesquisadores do PIA interagiram com firmas e instituições de diversos setores como, por exemplo, microeletrônica (*FATE Electrónica, Consejo de Investigaciones de las Fuerzas Armadas* - CITEFA, *Servicio Naval de Investigación y Desarrollo* - SENID, Ciarrapico), comunicações (*Empresa Nacional de Telecomunicaciones* - ENTEL), metalurgia (*Metalúrgica Austral, Aluminio Argentino* - ALUAR e a própria CNEA).

²³ Em 1974 foi aprovada a legislação que regulamenta a criação de Sociedades do Estado. Esta razão social das firmas apresenta características combinadas, de desempenho e de responsabilidade jurídica, de empresas públicas e privadas. As Sociedades do Estado assemelham-se ao regime de sociedades anônimas, podendo realizar contratações diretas e estabelecer contratos de maneira autônoma, sem as restrições de uma empresa pública. Representantes de unidades estatais (governos ou instituições do estado) devem participar da sua diretoria. É necessário diferenciar, porém, esta figura da de empresa mista, dado que nela não é possível a participação de capital privado.

Os principais produtos e processos gerados durante esta fase foram:

- Modelagem de um forno pirometalúrgico e desenvolvimento de um processo térmico de purificação de Zn
- Metalurgia do zircônio e suas ligas
- Anodos de carbono (para a produção de alumínio)
- Materiais semicondutores
- Implantação iônica
- Carbonos para microtelefones
- Ferritas de manganésio-zinco

d) Clientes, fornecedores e contratados

Durante esta fase, a totalidade de clientes da empresa limitava-se ao âmbito local. A maior parte desta carteira era constituída por empresas ou instituições estatais: *ENTEL*, *CITEFA*, *ALUAR*, *SENID*, assim como projetos desenvolvidos dentro da *CNEA* que requeriam a colaboração do *PIA*²⁴. Em menor proporção e com certa descontinuidade, também foram realizados trabalhos para empresas privadas: *FATE Electrónica*, *Ciarrapico*, *Metalúrgica Austral*.

Na maioria dos casos, eram clientes que se dedicavam à produção de bens e serviços intensivos em conhecimento. Ainda que para a época a produção de alumínio pudesse ser considerada um processo maduro e intensivo em escala, o estágio de desenvolvimento local do projeto *ALUAR* demandava ainda a produção de conhecimento tecnológico de base vinculado ao desenho adequado da planta local.

e) Principais aprendizagens e desenvolvimento de ‘inovações’

Ao longo desta fase, os principais aprendizados consistiram em processos de *learning by doing* (Arrow, 1962) nos quais foram adquiridas capacidades em modelagem

²⁴ Em particular, os projetos de Óxidos Mistos e de Ligas de Zircônio.

matemática e integração de equipes sofisticadas e o desenvolvimento de materiais cerâmicos, de processos químicos e de equipamento mecânico *ad hoc*. Em muitos casos, foram desenvolvimentos engenhosos realizados mediante a aplicação de conhecimento científico disponível e soluções de engenharia.

Embora essa fase, em linhas gerais, tenha se caracterizado pela utilização de conhecimentos e tecnologias disponíveis, é possível registrar algumas inovações incrementais (adequação de processos às capacidades técnico-produtivas locais, por exemplo, para a produção de ferritas) e uma inovação maior (processo de purificação de zinco).

Neste período uma única patente foi registrada, esta para o processo de purificação de zinco, e não foi explorada. A empresa dona da patente faliu comercialmente pouco depois da data na qual foi posto em marcha o processo em escala industrial (esta patente tinha sido revalidada nos EE.UU., Canadá, França e Alemanha)²⁵.

3.2.1. Fase II (1976/1984) Conformação da firma: contratada do Estado (Plano Nuclear Argentino)

a) Características político-econômicas na esfera nacional e internacional

Esta fase de evolução da firma coincidiu com o período da Ditadura Militar iniciada em março de 1976. A política econômica da Ditadura se caracterizou por um *choque* de abertura comercial e um retrocesso do Estado como dinamizador da economia nacional. Porém, a tendência geral desta política foi o desmantelamento do aparato regulatório protecionista que caracterizou o processo de industrialização por substituição de importações. A Ditadura manteve - e até mesmo reforçou - a área nuclear na condição de setor estratégico, de modo que a *INVAP* continuou se comportando da mesma maneira

²⁵ Patente argentina N° 194.056 (27/03/1973) – Patente estadunidense N° 3.960.548 (25/03/1974) – Patente canadense N° 1.018.776 (27/03/1974) – Patente francesa N° 2.223.060 (26/03/1974) – Patente alemã N° 2.415.041 (24/10/1974).

(segundo o modelo de desenvolvimento por substituição de importações e em função da demanda estatal), não obstante o início da abertura externa da economia.

Ou seja, ela não sofreu os efeitos negativos da crise vivenciada pela economia nacional a partir da decadência da política da abertura comercial, em 1980, e, posteriormente, pelas conseqüências geradas pela *Guerra de Malvinas* (1982). Seu nível de inserção institucional no aparato estatal e a percepção geoestratégica das Forças Armadas lhe garantiram um desempenho estável ao longo do período.

Esta fase foi concluída em decorrência da convergência das mudanças no cenário político-institucional, econômico e da própria percepção da firma. A partir de 1984, com a restauração do sistema democrático e o início da gestão Alfonsín, a situação gerada pela crise da dívida externa e a instabilidade monetária levaram à adoção de uma política de ajuste do gasto público que impactou diretamente sobre o desenvolvimento do Plano Nuclear, que passou a ter seu financiamento reduzido de modo recorrente. Ao mesmo tempo, no plano institucional, tanto os físicos acadêmicos, como o governo Provincial de Rio Negro e o Poder Legislativo Nacional questionaram a orientação do Plano Nuclear argentino, debilitando sua base política de sustentação.

b) Momento de desenvolvimento da empresa

A *INVAP S.E.* foi constituída em 1976 a partir de um acordo entre a *CNEA* e a província de Rio Negro, tendo como objetivos centrais apoiar o Plano Nuclear argentino e criar fontes de trabalho genuínas na província. Nos seus primórdios, a empresa pode ser descrita como a continuidade do Programa de Pesquisas Aplicadas, sob uma forma organizacional diferente (podendo-se considerá-la, então, como um ‘transbordamento’ da *CNEA*). A maior flexibilidade operacional e liberdade contratual da nova figura legal, somadas aos vínculos de confiança com a *CNEA* constituíram vantagens-chave nesta fase.

Apesar da empresa ter se disposto a manter as vendas aos mesmos clientes do *PIA*, em menos de dois anos após sua criação a empresa voltou-se inteiramente aos requerimentos do Plano Nuclear. O primeiro trabalho conduzido pela *CNEA* à empresa

foi o desenvolvimento de uma planta de produção de esponja de zircônio. Depois, a empresa encarregou-se de projetos secretos do Plano Nuclear argentino, em particular, do desenvolvimento de uma planta de enriquecimento de urânio.

Na prática, a *CNEA* absorveu a totalidade da capacidade produtiva da empresa. O desenvolvimento da tecnologia de enriquecimento de urânio deu à firma uma imagem de ‘segredo militar’ e contribuiu para seu isolamento (tanto da sociedade como, em particular, da academia).

Em 1978, a empresa iniciou sua participação num projeto de alta complexidade da *CNEA*: a construção de um reator de pesquisa para o *Centro Atômico Bariloche*. Em 1980, a *INVAP* foi contratada pela *CNEA* como fornecedor de instrumentos para um projeto de construção de outro reator similar, no Peru.

O ritmo de evolução foi mantido ao longo de todo o período. A disponibilidade de fundos - para desenvolvimentos considerados estratégicos em escala nacional - permitiu o rápido crescimento da estrutura da firma, assim como de sua planta funcional.

Em 1984, a empresa havia concluído alguns dos contratos mais importantes: a construção da planta de enriquecimento de urânio e os reatores de experimentação do *Centro Atômico Bariloche* e do Peru. A partir desse momento, a crise começou a afetar a continuidade do Plano Nuclear e a empresa sofreu questionamentos de diversas frentes particularmente em virtude da sua participação no desenvolvimento de tecnologia de enriquecimento de urânio (desde acusações de conivência com a Ditadura Militar, passando por conflitos interinstitucionais e disputas pelo controle da empresa, até o temor de um potencial desenvolvimento de bombas atômicas). Mesmo assim, o projeto de enriquecimento de urânio continuou se desenvolvendo durante o primeiro governo democrático e foi a principal causa do crescimento do número de trabalhadores da firma no período.

A execução de contratos sucessivos de complexidade crescente, no país e no exterior, foi consolidando um *up-grading* em termos das capacidades tecnológicas acumuladas. A superação das dificuldades decorrentes da impossibilidade de obter conhecimentos de

livre circulação e a necessidade de manter o segredo sobre muitas de suas realizações, como no caso do projeto de enriquecimento de urânio, contribuiu para o desenvolvimento das mencionadas capacidades. Os profissionais da empresa adquiriram durante este período um ‘espírito de equipe’ caracterizado por uma forte autoconfiança na sua capacidade para enfrentar e resolver desafios tecno-produtivos: “nós podemos fazê-lo”.

c) Principais produtos

Durante esta fase, a *INVAP* concentrou-se na satisfação de demandas do Estado. Diferentemente da fase anterior, estas demandas provinham com exclusividade da área nuclear e seu principal ente coordenador foi a *CNEA*.

Na área de metalurgia, foi construída uma planta-piloto para a produção de esponja de zircônio. Este material é a matéria-prima para a produção de ligas usadas para muitos componentes das centrais nucleares.

Em 1978, a partir do pedido da *CNEA*, a empresa iniciou a produção do ciclo completo (desenho, construção, entrada em funcionamento e operação) de uma planta de enriquecimento de urânio através do processo de difusão gasosa²⁶.

Durante o transcurso da fase, a empresa foi ampliando sua participação na construção de reatores nucleares de experimentação. Isto abarcou desde os cálculos neutrônicos e termohidráulicos básicos até a fabricação dos detectores de diversos tipos de radiação; assim como os sistemas tanto eletrônicos como eletromecânicos de instrumentação e de controle. Avançou, ainda, da fabricação de plaquetas eletrônicas até a instalação de painéis de controle inteiros e da provisão da instrumentação até a instalação completa de um reator.

Paralelamente foram desenhados alguns artefatos eletromecânicos de aplicação médica (que chegaram a ser produzidos em escala reduzida).

²⁶ Este projeto abarca não só o processo de difusão mesmo, senão todos os processos de produção dos insumos e equipes para o processo de enriquecimento.

Em linhas gerais, a produção da empresa durante esta fase esteve orientada para a produção de processos e produtos altamente intensivos em conhecimento. Sem considerar a planta industrial de enriquecimento de urânio, a produção centrou-se na geração de exemplares únicos (protótipos e plantas-piloto). Os principais desenvolvimentos de produtos e processos realizados durante este período foram:

- Construção de um reator de pesquisa
- Instrumentação de reatores (no Peru e na Argentina)
- Detectores de nêutrons e de radiação gama
- Planta-piloto de esponja de zircônio
- Método para a obtenção de uma liga de zircônio
- Processo para a obtenção de halogenúros voláteis de metais
- Planta de enriquecimento de urânio
- Máquina de soldar tampões para barras de combustível nuclear
- Patins e separadores de barras para combustíveis nucleares
- Aparato para processar mostras biológicas em forma automática
- Sistema de transporte baseado em veículos leves
- Dispositivo para a separação de gases por permeação seletiva
- Aparato para descalcificar ossos e fixar materiais biológicos
- Dispositivo para refrigerar mostras biológicas
- Módulo concentrador solar
- Dispositivo redutor de elementos contaminantes para motores de combustão interna

d) Clientes, fornecedores e contratados

Durante este período, a *CNEA* se transformou praticamente no único cliente. Esta exclusividade obedeceu principalmente a dois fatores. Por um lado, tanto as empresas

privadas nacionais como as públicas que demandaram serviços e desenvolvimentos na fase anterior ingressaram em um processo de grande enfraquecimento, quando não de desaparecimento, no marco de um novo contexto econômico de desindustrialização e desmantelamento da intervenção produtiva do Estado nas áreas de microeletrônica e comunicações. Por outro lado, a variedade e extensão dos contratos com a *CNEA* absorveram a totalidade da capacidade produtiva da firma e obrigaram a uma constante expansão da planta funcional.

Dado o caráter segredo do projeto foi necessário desenvolver uma estrutura de fornecedores que permitisse ocultar o destino final dos insumos. Desenharam-se equipes e sistemas *ad hoc* e foi necessário recorrer a fornecedores locais não especializados. Em alguns casos, este procedimento levou a operações de transferência de tecnologia e à geração de capacidades técnico-produtivas.

e) Principais aprendizagens e desenvolvimento de ‘inovações’

O aprendizado tecnológico desta fase consistiu - em linhas gerais - em uma constante reprodução ampliada das capacidades inicialmente acumuladas no marco do *PIA*. A magnitude das obras contratadas implicou a aprendizagem de tecnologias de organização. Em particular, durante esta etapa foram geradas competências em integração de processos e de sistemas. Dada a singularidade dos empreendimentos (projetos únicos à medida do cliente), a empresa desenvolveu formas de organização marcadamente idiossincráticas.

Registram-se novos aprendizados em estratégia de negociação e estabelecimento de relações político-institucionais. Finalmente, merece destaque o desenvolvimento de uma competência singular em uma empresa de médio porte de um país subdesenvolvido: durante os cinco anos que durou o processo de construção da planta de enriquecimento de urânio conseguiu manter em segredo a natureza do empreendimento, inclusive para a grande maioria do pessoal da empresa.

Os desafios tecnológicos relacionados com a produção de reatores, artefatos e insumos para a pesquisa nuclear foram enfrentados com base no apoio irrestrito da *CNEA*. Nos casos da construção da planta-piloto de esponja de zircônio e do

desenvolvimento da tecnologia e posterior montagem da planta de enriquecimento de urânio, as dificuldades foram superadas a partir do convencimento de que todos os problemas estavam ao alcance dos conhecimentos do quadro técnico gerencial da empresa.

Em todos os projetos desta etapa há algum grau de inovação incremental. Pontualmente, no maior dos projetos – a planta de enriquecimento de urânio – foi efetuado o desenvolvimento completo das membranas cerâmicas – insumo-chave para o sucesso do processo – e foram introduzidas melhorias na eficiência dos selos dos compressores e no sistema de carga e descarga de fluoruro de urânio mediante sublimadores-condensadores. É claro que a tecnologia necessária para o enriquecimento já tinha sido desenvolvida em outros países, mas dado que este *know how* não havia se tornado público, foi necessário reproduzir o desenho completo do processo.

Durante esta fase, a empresa se organizou como um programa estatal, embora com autonomia em relação a CNEA e sem depender das normas administrativas que regem os organismos governamentais. Dedicada integralmente a projetos financiados pelo Estado, seus integrantes não fizeram esforços para buscar mercados alternativos. O desenvolvimento de projetos tecnológicos foi o desafio principal desta etapa e a dinâmica de trabalho se consolidou, desde suas origens, como a de uma “organização baseada em projetos” (Hobday 2000). Os “projetos” ou “pacotes” tecnológicos (PT’s)²⁷ se constituem nas unidades operativas que organizam a engenharia, administração e distribuição de recursos humanos e financeiros.

A aprendizagem derivada da realização de grandes projetos para a CNEA implicou importantes avanços nos aspectos organizacionais e de gestão de projetos. A empresa ampliou sua capacidade de organizar equipes multidisciplinares orientadas à resolução de problemas. Foram registrados novos aprendizados em estratégias de negociação e de relações com atores político-institucionais chave para o desenvolvimento dos empreendimentos da firma. Como vimos, dado o escasso desenvolvimento de uma estrutura de fornecedores no contexto nacional, e particularmente na esfera da localização

²⁷ Uma descrição detalhada da origem e características da organização interna baseada em PT’s é feita na análise da dimensão organizacional desta trajetória.

da empresa, também foram geradas capacidades para o desenvolvimento de fornecedores especializados.

Durante esta fase foram registradas catorze patentes, sendo que duas delas foram revalidadas no exterior. Estas patentes podem ser agrupadas em: pequenos instrumentos não relacionados com a produção de energia nuclear (seis patentes)²⁸, processos relacionados com a produção de energia nuclear (duas patentes)²⁹, instrumentos e equipamentos relacionados com a produção de energia nuclear (seis patentes)³⁰. Das patentes do primeiro grupo, alguns dos instrumentos foram fabricados em pequena escala (processador de biópsias; refrigerador de mostras biológicas); as do segundo grupo não foram exploradas e, do terceiro grupo de patentes, foi fabricada certa quantidade de equipamentos e instrumentos, sendo que alguns exemplares foram exportados (máquina de soldar tampões de barras de combustível nuclear).

3.2.3. Fase III (1984/1988) Reorientação de objetivos: inserção no mercado internacional

a) Características do âmbito político-econômico nacional e internacional

Esta fase coincidiu com um período de relativa estabilidade democrática, mas permanente instabilidade econômica: crise da dívida externa, processos hiperinflacionários. Sucessivos planos de ajuste afetaram a execução do gasto público e problematizaram a planificação estatal.

No plano político-institucional, houve uma mudança na direção da *CNEA* que impactou negativamente sobre este estratégico vínculo interinstitucional para a empresa, o que, em finais da década, acarretou na renúncia do gerente geral da firma. A *CNEA* teve

²⁸ Patentes argentinas N° 214.737 (19/05/1977), 214.754 (06/10/1977), 216.985 (07/05/1979), 217.655 (06/10/1977), 228.095 (03/06/1982), 228.797 (30/09/1982).

²⁹ Patentes argentinas N° 215.908 (28/10/1977), 223.104 (20/04/1981).

³⁰ Patentes argentinas N° 220.280 (10/07/1980), 223.623 (02/07/1981), 224.991 (27/11/1981), 226.651 (01/07/1982), 227.241 (06/05/1982), 229.912 (20/04/1983).

seu orçamento anual reduzido de 1.200 milhões de dólares para 100 milhões, com a volta à democracia.

b) Momento de desenvolvimento da empresa

Finalizados os principais compromissos tecno-produtivos³¹, no ano de 1984, a *INVAP* enfrentou uma estratégia de aproveitamento das capacidades acumuladas. Dado que os programas de ajuste do gasto público desarticularam o Plano Nuclear argentino e diminuíram progressivamente o orçamento da *CNEA*, a empresa reorientou suas atividades na área nuclear visualizando o mercado internacional como único mercado potencial alternativo³². Baseando-se na experiência adquirida durante a instrumentação do reator de pesquisa vendido pela *CNEA* ao Peru, a empresa promoveu contactos e negociações com Estados subdesenvolvidos interessados no desenvolvimento de atividades nucleares.

Em 1984, a empresa concretizou a venda de equipamentos para a fabricação de combustíveis nucleares à Índia e à Romênia e um forno contínuo para sinterização de óxido de urânio à Turquia. No ano seguinte vendeu um reator nuclear de pesquisa e produção de radioisótopos e uma planta de fabricação de elementos combustíveis à Argélia (1985/89). Em 1988, a empresa firmou contratos com Cuba para a construção de uma planta de radioisótopos (inaugurada em 1995) e com Irã para a construção de uma planta de purificação e conversão de dióxido de urânio e outra de fabricação de elementos combustíveis (este último contrato não foi executado em virtude do veto do governo argentino à operação).

Junto com a tentativa de abertura de mercados externos, a *INVAP* encarou uma estratégia de diversificação da produção. De um lado, iniciou a produção de equipamento médico para cobaltoterapia do câncer e simulação de tratamentos de radioterapia. De outro, comercializou instrumentais e equipamentos complexos de pesquisa. Na área de

³¹ Construção da planta industrial de enriquecimento de urânio, contratos vinculados à instalação do reator do Peru.

³² No ano 1983, a firma instalou um escritório nos EE.UU, com o objetivo de comercializar tecnologia no exterior.

equipamentos industriais e automatização, foram vendidos equipamentos *tailor made* à empresas da Argentina, EE.UU. e Coréia.

A gestão da firma foi se tornando mais complexa e foram feitas mudanças na estrutura gerencial. Na fase anterior, a estrutura era relativamente simples e centralizada (em muitos sentidos similar a uma empresa familiar), mas, a partir de 1984, as funções se profissionalizam e foi criada uma divisão administrativa e comercial mais definida, que culminou, no final do período, com a configuração de um modelo de gestão matricial.

Entre 1982 e 1986, foi implementada uma estratégia de terceirização (ofensiva) através da criação de empresas compostas por ex-funcionários, com o apoio da firma. Estas empresas foram montadas a partir das unidades funcionais instituídas para os grandes projetos da fase anterior: serviços de análise químicos e físicos, proteção superficial e produção de drogas para tais tratamentos, produção de máquinas rotativas, produção de sensores e de sistemas de controle de processos, produção de sensores para meteorologia e produção de software de desenho. A sobrevivência destas empresas foi, em geral, curta³³.

Estas empresas - promovidas a partir da gerência da firma – foram denominadas pelo primeiro Gerente Geral como “empresas do quarto escalão” de acordo com sua modelização do processo de criação de tecnologia. Trata-se de um modelo linear que postula uma metáfora de “quatro escalões” para desenvolver tecnologia, conforme uma divisão técnica do trabalho entre distintos espaços institucionais: o primeiro escalão consiste na criação da estrutura de pesquisa básica (instituições estatais de P&D e de formação de recursos humanos como a *CNEA* e o *CAB*); o segundo escalão supõe a

³³ Desta primeira terceirização surgiram seis empresas constituídas por pessoal que se desvinculou da relação de emprego direto com a firma. Trata-se das empresas *TRAVAP* (proteção superficial, produção de drogas, niquelado de componentes), *ANVAP* (serviços de análises químicas e físicas), *ROTVAP* (máquinas rotativas), *EQUIVAP* (sensores e controle de processos), *SIAP* Patagonia (sensores para meteorologia), *UNIVAP* (software de CAD/CAM). Estas firmas, prioritariamente fornecedoras da *INVAP*, tiveram uma atividade relativamente estável até o ano 1987 e desapareceram, quase na sua totalidade, com a crise econômica hiperinflacionária do ano 1989. Só uma destas empresas está, desde então, operando como cooperativa com uma nova razão social (*COFEMA*), e continua sendo fornecedora da *INVAP*.

geração de uma estrutura de pesquisa aplicada a partir de programas como o *PIA*; o terceiro consiste na criação de tecnologia em “empresas de tecnologia”³⁴, como a *INVAP*, e o quarto implica a aparição de “empresas do quarto escalão” de produção de bens e serviços.

Esta fase foi marcada por um grande crescimento do número de pessoas associadas ao início da operação da planta de enriquecimento de urânio da *CNEA*, a cargo da firma. Só esta planta chegou a ocupar cerca de 450 pessoas, respondendo por 40% do total de funcionários da *INVAP* no momento de maior dotação de pessoal alcançada.

c) Principais produtos

Como resultado da reorientação estratégica, a *INVAP* estruturou uma oferta diversificada, orientada a maximizar o aproveitamento das capacidades técnico-produtivas previamente acumuladas. Diferentemente da fase anterior, caracterizada fundamentalmente por projetos em cooperação com a *CNEA* e a concentração em um projeto de grande escala, a firma encarou algumas produções em séries reduzidas e a construção de ciclo completo (desenho, encaixe, equipamento e colocação em marcha) de plantas chave-na-mão. Na área nuclear, ampliou a produção de equipamentos para a fabricação de elementos combustíveis para reatores. A empresa também se dedicou ao desenho e à construção de equipamento médico para radioterapia e ao desenvolvimento de adaptações de software de desenho.

Também foram iniciados os estudos – em cooperação com a *CNEA* – para um reator CAREM de desenho inovador, destinado tanto à pesquisa como à produção de energia elétrica, enfatizando-se o desenvolvimento de características que permitissem sua construção e operação em países subdesenvolvidos.

Os principais desenvolvimentos de produtos e processos gerados durante esta fase foram:

³⁴ Para uma definição da noção de empresa de tecnologia utilizada na época da criação da *INVAP* ver Azulay 1974.

- Construção de um reator de pesquisa (Argélia)
- Construção de uma planta de radioisótopos para uso médico (Cuba)
- Construção de máquinas para soldar tampões em barras de combustível (Índia e Romênia)
- Construção de equipamentos de medicina nuclear e de simulação de tratamentos de radioterapia
- Forno contínuo para sinterização de óxido de urânio (Turquia)
- Controlador lógico programável (para operações de controle de qualidade) (Estados Unidos e Coreia)
- Instrumental e equipamentos complexos de pesquisa: espectrômetros de massa, imã de focalização de feixes de partículas para o acelerador de íons pesados Tandem e detectores especiais de radiações
- Equipamento de segurança e industrial para instalações nucleares
- Software de desenho

d) Clientes, fornecedores e contratados

Durante o período, a carteira de clientes da empresa foi alterada radicalmente. Já não era o mercado local nem a *CNEA* o principal destino da produção. A *INVAP* assumiu uma posição proativa de busca de oportunidades de negócios, fundamentalmente no setor nuclear, mas também em equipamentos especiais para pesquisa, medicina nuclear e produção industrial. Nesta fase foram realizadas as primeiras exportações de tecnologia incorporada em equipamento e plantas chave-na-mão. Os clientes foram agências nucleares estatais – homólogas da *CNEA* – de outros países subdesenvolvidos (Índia, Romênia, Argélia, Cuba, Irã). Os destinatários das equipes de medicina nuclear foram instituições de gestão estatal e privada.

e) Principais aprendizagens e desenvolvimento de ‘inovações’

Durante esta fase foram colocados em questão os saberes acumulados ao longo da trajetória prévia da firma. A autoconfiança adquirida viabilizou a estratégia pró-ativa de busca de mercados externos e – fundamentalmente – a produção de plantas chave-na-mão

em outros países. Tudo isso aumentou a capacidade de integração de processos complexos para levar adiante projetos “ponta a ponta”, capacidade nada comum em empresas locais ou mesmo na esfera internacional. A firma utilizou esta capacitação na geração de uma organização interna cada vez mais complexa e diversificada em função da magnitude e da quantidade de projetos simultâneos em execução.

Frente à trajetória prévia, baseada fundamentalmente na produção de insumos *in house* e em fornecedores locais, nos novos empreendimentos foi desenvolvida uma rede de fornecedores internacionais. Produziu-se um dinâmico processo de *learning by buying*.

Também foram adquiridas novas capacidades para negociação de contratos internacionais, para participação em licitações e para organização de operações no exterior.

No que refere ao equipamento médico, foram produzidas algumas inovações via *retrofitting*, incorporando sistemas automatizados para o controle do deslocamento das macas e cabeçais das equipes de radioterapia.

Em 1988, como resultado de uma inspeção aos laboratórios da firma realizada pela *National Aeronautic and Space Agency (NASA)*, a empresa recebeu um reconhecimento sobre a qualidade que a creditava para desenvolver tarefas de desenho e montagem de projetos espaciais.

A acumulação de capacidades dentro da firma permitiu a organização, mediante um convênio com uma universidade nacional, da Carreira de Engenharia em Tecnologia (que funcionou entre 1981 e 1991). A criação desta carreira obedeceu à consigna: “As carreiras normais formam engenheiros que sabem usar os manuais; nós necessitamos engenheiros que os escrevam”; a empresa concedeu bolsa aos alunos selecionados depois do ciclo básico universitário e os profissionais da firma ministraram os cursos. A carreira foi encerrada em 1991, ante a crise financeira da empresa.

Durante este período foram solicitadas quatro patentes, três delas relacionadas com a produção de energia nuclear³⁵ e um processo metalúrgico³⁶. Merece destaque o patenteamento (compartilhado com a *CNEA*) de um reator nuclear modular tipo CAREM para pesquisa e produção de energia elétrica.

3.2.4. Período 1989/1991: Crise profunda

A partir de 1988, o aprofundamento dos planos governamentais de ajuste econômico começou a afetar abertamente a viabilidade da empresa. A taxa de inflação que tinha decrescido para 82% ao ano em 1986, aumentou velozmente alcançando 400% em 1988 e, em 1989, chegou-se a uma situação hiperinflacionária com um recorde de quase 5.000%. Nesse momento, a empresa passou por uma forte reestruturação, que levou em consideração: a decisão da *CNEA* de reduzir seu programa de investimentos; a crítica situação financeira decorrente da grande dívida da *CNEA* e o fracasso em cobrá-la; os compromissos com os clientes do exterior e a necessidade de flexibilização para competir no exterior. Assim, a empresa se reorganizou a partir de uma forte redução de pessoal que ficou dimensionada em função das necessidades consideradas imprescindíveis para a gestão dos projetos.

A crise econômica determinou, finalmente, a aceleração do processo de sucessão presidencial em 1989. A gestão Menem iniciou um novo processo de abertura econômica e desregulação, acompanhado de uma estratégia de alinhamento com a política internacional norte-americana. Em dezembro de 1991, o governo ordenou a suspensão de envios de material considerado “sensível” ao Irã, impedindo o cumprimento dos contratos da *INVAP S.E.* com o governo iraniano. Seguindo esta linha de ação, em 1992, foi criada a Comissão Nacional para o Controle das Exportações Sensíveis e Material Bélico. Esta Comissão formalizou a proibição da venda das plantas contratadas.

Até 1991, a empresa vivenciou uma profunda crise econômico-financeira e

³⁵ Patentes argentinas N° 232.054 (05/03/1984), 232.188 (29/02/1984), 233.812 (08/03/1984).

³⁶ Patente argentina N° 246.081 (06/08/1990).

institucional. A *CNEA* não cumpriu com os prazos acordados para o pagamento dos seus contratos e isto provocou um aumento dos custos financeiros. Por sua vez, a inibição para exportar tecnologia nuclear ao Irã provocou a perda do melhor contrato que havia naquele momento. Além dos outros contratos firmados durante o período, as negociações com o Irã eram percebidas como a tábua de salvação. A relação da empresa com a *CNEA* se debilitou e levou à demissão do primeiro Gerente Geral, cujo cargo foi assumido por outro dos seus membros-fundadores, que havia ocupado a posição de sub-gerente geral no período anterior.

Assim, as ações da empresa neste período ficaram circunscritas à gestão central dos projetos e, como mencionado, houve uma redução substancial do quadro de pessoal. Entre 1988 e 1992, a quantidade de recursos humanos empregada caiu para menos da metade: de 1059 para 329 funcionários.

Em 1990, verificou-se uma segunda terceirização (defensiva) como parte do processo de redução do pessoal da empresa. Os serviços de engenharia, mecânica e auxiliares tornaram-se empresas (sociedades anônimas) que mantiveram relações empresarias entre si. As empresas criadas foram: *PECSA* (serviços de compras), *INVAP Mecánica* (mecânica de precisão), *INVAP Ingeniería* (provisão de serviços de engenharia) e *INVAP Operaciones* (provisão de serviços de montagem). Diferentemente do primeiro processo de terceirização, estas empresas estiveram mais estreitamente vinculadas à matriz. No entanto, o destino destes empreendimentos foi semelhante ao da tentativa anterior: a única empresa que sobreviveu - *INVAP Ingeniería* - foi majoritariamente recomprada pela *INVAP S.E.*, sendo que, antes desta aquisição acontecer, já havia sido adquirida a *INVAP Mecánica*. Atualmente, a *INVAP Ingeniería* continua sendo uma firma independente, porém controlada pela *INVAP* e integrada como uma das Gerências da empresa.

Até o final do período foi feita uma diversificação radical do *output* da firma. Depois de uma extensa trajetória baseada no desenvolvimento e comercialização de tecnologia nuclear (e derivados), nos inícios dos anos 1990 a empresa encarou também projetos de sistemas de satélites, operando como fornecedora da *Comisión Nacional de Actividades*

Aeroespaciales (CONAE). Para tal fim, as instalações da empresa foram avaliadas pela *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* para a fabricação de materiais aeroespaciais.

A crise coincidiu com o início das atividades num setor novo e totalmente diferenciado daqueles aos quais ela se dedicou historicamente. Pode-se dizer que a crise conduziu a empresa para novas alternativas de negócios.

3.2.5. Fase IV (1992 – 2005) Recuperação e diversificação: abertura da Área Espacial

a) Características no âmbito político-econômico nacional e internacional

A partir de 1991, consolidou-se na Argentina um modelo de acumulação baseado na desregulação da economia, a abertura comercial e a redução da atividade do Estado na produção de bens e serviços. As principais empresas públicas (energia, produção e distribuição de combustíveis, comunicações e telecomunicações, transportes ferroviários, etc.) foram privatizadas. O marco econômico foi estabelecido pelo Plano de Conversibilidade (paridade fixa por lei, um peso = um dólar).

A década de 1990 caracterizou-se pela re-primarização da produção, pela desestruturação regressiva do aparato industrial, pela desnacionalização e concentração do aparato produtivo e pelo aumento das exportações (em grande medida explicado pela dinamização dos intercâmbios regionais, no marco do MERCOSUL). Neste período, a economia se manteve relativamente estável, com baixíssimos índices de inflação, porém com crescente deterioração do aparato produtivo e aumento crônico do desemprego. Nos primeiros anos da década seguinte (fins de 2001/2002), a economia passou por uma profunda crise devido ao declínio do Plano de Conversibilidade, da qual o país está lentamente saindo atualmente.

A política exterior argentina alinhou-se com os Estados Unidos e, em 1991, o projeto de desenvolvimento de um míssil argentino foi descontinuado. Como visto, a Comissão

Nacional para o Controle das Exportações Sensíveis e Material Bélico inibiu a exportação de tecnologias consideradas críticas para países subdesenvolvidos. Em reemprego da *Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales* – CNIE – foi criada a *Comisión Nacional de Actividades Aeroespaciales* – CONAE. Como contrapartida da descontinuidade do projeto de construção de mísseis, a Argentina iniciou um Plano Espacial nacional em cooperação com a NASA.

b) Momento do desenvolvimento da firma

Em 1990, a INVAP ganhou uma licitação internacional para a construção de um reator nuclear multipropósito³⁷ para a Agência Nuclear do Egito (1992/98)³⁸. Esta operação possibilitou a superação da crise da empresa que, simultaneamente, concretizou a venda chave-na-mão de uma planta de elementos combustíveis à Argélia, cujo término ocorreu em 1999.

Em 1999, foram firmados novos contratos com Egito para a construção de duas plantas, uma de produção de radioisótopos e outra de fabricação de elementos combustíveis. No ano 2000, a INVAP ganhou uma licitação internacional para a construção de um reator nuclear na Austrália, constituindo-se na primeira venda de um reator a um país industrializado³⁹.

No início dessa fase foi efetuada uma abertura radical do *output* da firma. Depois de uma extensa trajetória baseada no desenvolvimento e comercialização de tecnologia nuclear (e derivados), no início dos anos 1990 a empresa realizou também projetos de sistemas de satélites.

O disparador fundamental da abertura desta linha produtiva foi a percepção, por parte da firma, não só do esgotamento do Plano Nuclear argentino, senão também da redução

³⁷ Utilizado para realizar pesquisa científica e produção de radioisótopos.

³⁸ Participaram da licitação *Siemens* e *Framatome* em consórcio (Alemanha e França), *AECL* (Canadá) e *General Atomics* (EE.UU.)

³⁹ Na pré-qualificação participaram as principais empresas do setor: *Raytheon* (EE. UU.), *Škoda* (Rep. Checa), *Hitachi* (Japão), *General Atomics* (EE. UU.) *AECL* (Canadá), *Siemens* (Alemanha), e *Technicatome* (subsidiária da *Framatome*, França). As três últimas participaram da licitação definitiva juntamente com a INVAP.

do mercado nuclear internacional. A diversificação da oferta respondeu, nestes termos, a uma percepção de restrição da demanda. Coincidentemente, no início dos anos 1990, uma vez descontinuado o projeto de desenvolvimento de mísseis da Força Aérea Argentina, o projeto espacial civil argentino recebeu um forte impulso. Desta maneira, a empresa se reposicionou novamente como fornecedora do Estado nacional em outro setor de alta tecnologia, para o qual não existiam fornecedores locais.

Aprofundando esta estratégia, recentemente a empresa passou a participar do mercado internacional de satélites de pesquisa superando a condição de fornecedor do programa aeroespacial nacional. No marco de um convênio de cooperação entre as agências espaciais da Argentina e da Argélia, a firma ficou encarregada da construção de um satélite mediano de observação terrestre (para estudos de desertificação e de epidemiologia panorâmica). No entanto, o projeto não se concretizou posteriormente.

No início desta etapa, já finalizada a reestruturação da empresa, a planta de profissionais e técnicos ficou conformada por uma dotação crítica de cerca de 300 funcionários. A partir desse momento, a dotação de pessoal da planta manteve-se em níveis similares com uma leve tendência ao crescimento.

c) Principais produtos

A empresa manteve a estratégia de fabricação de produtos *tailor made*, aumentando sua complexidade e assumindo novos desafios tecno-produtivos. Durante essa fase, continuou desenhando e produzindo reatores nucleares de pesquisa chave-na-mão e ampliou radicalmente a diversidade de produtos ao incorporar a linha de produção aeroespacial.

Este desenvolvimento incluiu a concepção da estrutura básica do satélite baseada na função a ser cumprida; a fabricação da estrutura básica, dos painéis externos, dos sistemas de propulsão, das rodas de inércia, dos componentes eletrônicos, dos sistemas de comunicações; e a montagem final das distintas cargas úteis em uma entidade funcional total. Ainda que a firma tivesse capacitação para a produção de componentes individuais,

a maior parte deles foi comprada, sendo estes componentes concebidos como subprodutos necessários para o desenvolvimento do projeto completo.

Atualmente, a empresa está construindo um sistema de satélite de maior complexidade, provido de radares de abertura sintética e capacidade de observação noturna através das nuvens.

A firma também continuou produzindo equipamento médico (equipamentos de radioterapia) e industrial (produção de equipamentos para a indústria petrolífera, plantas e equipamentos para o tratamento de resíduos perigosos).

Os principais produtos e processos gerados durante essa fase foram:

- Construção de reatores de pesquisa (Egito)
- Desenvolvimento da engenharia do reator nuclear de pesquisa e produção de energia elétrica (patenteado durante a fase anterior) e construção de um reator de baixa potência utilizado para a validação e ajuste dos modelos e códigos de cálculo do desenho
- Construção de equipamentos de medicina nuclear e de simulação de tratamentos de radioterapia
- Desenvolvimento e construção de satélites de aplicação científica
- Desenho e construção de uma câmera multiespectral
- Desenho e construção de um sistema de navegação
- Produção de instrumentos e equipamentos para a indústria petrolífera
- Equipe de liofilização de alimentos
- Produção de equipamentos para tratamento de resíduos perigosos
- Construção de uma planta de tratamento de resíduos perigosos

d) Clientes, fornecedores e contratados

A empresa enfrentou uma agressiva estratégia de ampliação – em escala nacional e, fundamentalmente, internacional – de sua carteira de clientes. Além de atender às

demandas da agência nuclear da Argélia, passou também a relacionar-se com as agências de mesma natureza, do Egito e de Cuba. Este ciclo de *up-grading* chegou ao ápice no ano 2000 com a primeira venda de um reator de pesquisa a um país desenvolvido.

Nem tudo foi sucesso. No ano 1996, a empresa não se qualificou na pré-avaliação de um contrato para a construção de um reator de experimentação na Tailândia. Por outro lado, apesar de múltiplos esforços e alguns pré-contratos firmados, a empresa nunca conseguiu vender o reator mediano multipropósito patenteado em 1985.

A agência estatal de atividades aeroespaciais, *CONAE*, passou a fazer parte da carteira de clientes da firma de maneira que a empresa se reposicionou no seu relacionamento com o estado argentino e abriu uma nova linha de negócios que lhe permitiu substituir, ao menos parcialmente, as demandas da *CNEA* das fases anteriores. A *INVAP* assumiu, no setor aeroespacial internacional, a condição de fornecedora de satélites de médio porte.

Finalmente, a empresa comercializou equipamentos industriais com empresas locais do setor petrolífero (*Repsol-YPF*), energético (*Nucleoeléctrica Argentina S.A. –NASA*), de tratamento de resíduos (*Ailinco*), entre outros. Foram exportados equipamentos de radioterapia a diversas instituições médicas públicas e privadas da Bolívia, Colômbia, Egito, Venezuela e Síria.

e) Principais aprendizagens e desenvolvimento de ‘inovações’

Durante esse período, a *INVAP* continuou desenvolvendo e ampliando sua rede internacional de fornecedores e aprofundando sua dinâmica de *learning by buying*. A empresa diminuiu relativamente a integração de insumos produzidos *in house* e aproveitou, em particular, os preços diferenciados de empresas especializadas do antigo bloco socialista.

A produção de reatores de experimentação foi realizada sobre a base de uma dotação tecnológica relativamente estandardizada, que poderia ser definida como ‘tecnologia madura’. No entanto, no desenho de novos reatores foram incorporados sistemas que adequam os dispositivos de observação aos requerimentos dos clientes/usuários. Por

outro lado, foram incorporadas novas soluções aos diferentes sistemas de operação dando lugar a diversas inovações menores como, por exemplo: substituição de dispositivos de controle eletrônico por sistemas de controle informatizados, mudanças na disposição das barras de controle (que entram pela parte inferior do tanque principal).

A abertura da linha de produção da Área Espacial implicou um novo desafio técnico-cognitivo. Frente à necessidade de incorporar os conhecimentos pertinentes, a empresa destinou parte do pessoal ao relevamento e análise de informação de acesso público: revistas especializadas, livros e informação disponível na Internet. Por outro lado, foram aproveitados os conhecimentos acumulados previamente para a construção de reatores: desenho estrutural, modelagem matemática, definição de parâmetros de segurança, sistemas de controle de qualidade, rotinas e práticas de acompanhamento de *blue prints*, gerenciamento de projetos, desenvolvimento e adaptação de software. Na área de montagem dos satélites, adaptou-se parte da infra-estrutura de edificação existente para que cumprisse a função de um quarto limpo de ensablagem. Embora contasse com a supervisão da *CONAE* e a *NASA*, o convênio de cooperação com a agência norte-americana não implicava transferência de tecnologia, de modo que grande parte dos conhecimentos necessários para enfrentar estes desafios tecnológicos foram desenvolvidos pela firma.

Ao avaliar as alternativas, a empresa decidiu desenvolver o projeto integralmente: desde a concepção da missão até seu controle em órbita, passando pelas diversas fases de desenho e engenharia, construção e montagem, ensaios finais do satélite concluído e supervisão do acoplamento ao vetor de lançamento. Esta estratégia de desenvolvimento integral do satélite foi diferente da adotada em outros programas iniciados nos anos 1990 e por países que não dispõem de lançadores próprios⁴⁰. O programa espacial canadense, por exemplo, se auto-restringiu a promover a produção de alguns dos insumos-chave⁴¹.

⁴⁰ O programa espacial brasileiro orienta-se ao desenvolvimento de um lançador próprio, mas não inclui o desenvolvimento completo de satélites. Os programas indiano e chinês contemplam tanto o desenvolvimento de vetores como de satélites. Em linhas gerais, os países europeus coordenam e integram ações tecno-produtivas no marco da *European Space Agency*.

⁴¹ “Para um observador internacional, talvez a distinção mais impactante do Programa Espacial Canadense seja seu alto grau de especialização. Canadá não somente tem feito escolhas

Durante esse período, somente duas patentes foram registradas, uma co-registrada com a CNEA para um reator nuclear refrigerado por líquidos orgânicos, especialmente aplicável à geração de energia elétrica, e um dispositivo para semeadura em terrenos áridos⁴². Até o momento, nenhuma delas foi explorada comercialmente.

3.3. Elementos da trajetória sócio-técnica segundo dimensões e diferentes níveis de análise

3.3.1. A dimensão econômica

3.3.1.1. Evolução tecno-produtiva

Ao longo de sua existência, a firma vem desenvolvendo uma trajetória evolutiva de *up-grading* refletida em três níveis de acumulação de competências: o domínio dos conhecimentos necessários para gerenciar projetos complexos, a diversificação da produção e o aumento da intensidade do conhecimento técnico-científico incorporado aos produtos. No Quadro N° 4 são apresentados, de maneira resumida, os principais produtos e processos gerados ao longo das quatro fases da trajetória da firma.

Desde sua origem, ela foi adquirindo competência crescente no gerenciamento de projetos complexos por meio da execução de sucessivos contratos da área nuclear. Esta característica foi determinante na trajetória da empresa, posto que alimentou a certeza dos seus diretores nas próprias capacidades técnico-organizacionais para levar adiante distintos desafios.

estratégicas específicas acerca do que faria no espaço, também tem escolhido o que não fazer. O Programa Espacial, por exemplo, não inclui inversões num programa para um lançador nacional ou um sistema doméstico de navegação para satélites. Nestas e outras áreas, Canadá apóia-se fortemente em associações com outros países”. http://www.space.gc.ca/asc/eng/science_industry/policy.asp (14/08/03) Ver também Handberg 2003.

⁴² Patentes argentinas N° 253.147 (06/02/1991) e AR010576 (12/11/1997) respectivamente.

As capacidades acumuladas são evidenciadas também na diversificação de produtos elaborados ao longo de sua história. O trabalho mais importante da firma durante a Fase II, o desenho e a construção de uma planta de enriquecimento de urânio, foi desenvolvido integralmente pelo seu pessoal. Através de pesquisa na literatura especializada, os integrantes da firma acessaram aos princípios teóricos básicos do processo e a partir daí realizaram um extenso trabalho de experimentação para a obtenção dos diferentes materiais e para a fabricação dos componentes da planta. Dada a natureza secreta do projeto e as condições internacionais restritivas (a respeito da proliferação nuclear), não foi possível se obter a informação no mercado com o qual o domínio dos desenvolvimentos obtidos foi total.

A dinâmica cumulativa é manifestada também na intensidade crescente do conteúdo técnico-científico dos produtos gerados, que permite ver como os diferentes desenvolvimentos dependem do aprendizado obtido previamente. A participação da *INVAP* na construção de reatores de pesquisa começou na Fase II, quando elaborou a instrumentação para um reator construído pela *CNEA*, na Argentina. Logo, fabricou as barras de controle, os mecanismos de barra, o painel de controle e a instrumentação do reator que a *CNEA* montou no Peru. Na Fase seguinte, a empresa apresentou uma oferta de um reator completo para a agência nuclear da Argélia, cujo contrato foi concretizado. Mais tarde a firma participou em licitações internacionais para a construção de reatores de pesquisa no Egito (1990), na Tailândia (1993) e na Austrália (1998), conseguindo firmar os contratos dos reatores egípcio e australiano.

A acumulação de competências organizacionais e técnico-produtivas geradas durante as Fases I a III permitiu, no começo da Fase IV, a abertura de uma nova linha de produção em um setor altamente diferenciado em relação à tradição prévia: o setor aeroespacial. A experiência adquirida em diversas áreas tecnológicas – desde a modelagem matemática do comportamento de metais, o manejo de condições de vácuo, a manufatura de componentes eletrônicos, até o desenho de software especializados – permitiu desenvolver um produto totalmente novo, em termos de sua própria trajetória sócio-técnica, e altamente intensivo em conhecimento científico tecnológico sem implicar incorporação de novo pessoal especializado. Em outros termos, a aquisição de

competências de gerenciamento de projetos complexos e o aumento da intensidade de conhecimento técnico-científico mostraram-se funcionais ao desenvolvimento da capacidade de diversificação da produção.

QUADRO N° 4 - DETALHAMENTO DOS PRODUTOS E PROCESSOS GERADOS NA TRAJETÓRIA ANALISADA

	Fase I (1971/ 1976)	Fase II (1976/ 1984)	Fase III (1984/ 1991)	Fase IV (1991/ 2005)
Área Nuclear	Metalurgia do zircônio e suas ligas	Instrumentação de reatores (Peru e Argentina) Detectores de nêutrons e de radiação gama Planta de enriquecimento de urânio Planta piloto de esponja de zircônio Método para a obtenção de uma liga de zircônio Máquina de soldar tampões para barras de combustível nuclear Patins e separadores de barras para combustíveis nucleares	Reator de pesquisa (Argélia) Máquinas para soldar tampões para barras de combustível (Índia e Romênia) Forno contínuo para sinterização de óxido de urânio (Turquia) Imã de focalização de feixes de partículas para o acelerador de íons pesados Tandar Detectores especiais de radiações Equipamento de segurança industrial para instalações nucleares	Reatores de pesquisa (Egito e Austrália) Engenharia de um reator nuclear de pesquisa e produção de energia elétrica Reator de baixa potência utilizado para a validação e ajuste dos modelos e códigos de cálculo de desenho.
Medicina Nuclear			Bomba de cobalto Planta de radioisótopos para uso médico (Cuba)	Equipes de medicina nuclear e de simulação de tratamentos de radioterapia
Área Espacial				Desenvolvimento e construção de satélites de aplicação científica Desenho e construção de uma câmera multiespectral Desenho e construção de um sistema de navegação

Outras áreas	Modelagem de um forno pirometalúrgico	Planta de cerâmicas industriais	Controlador lógico programável (para operações de controle de qualidade) (Estados Unidos e Coréia)	Equipamento para destriado de água pesada em reatores nucleares
	Desenvolvimento de um processo térmico de purificação de Zn	Processo para a obtenção de halogênios voláteis de metais	Espectrômetros de massa	Equipamento para absorção de amoníaco
	Anodos de carbono (para a produção de alumínio)	Sistema de transporte leve	Software de desenho	Planta de tratamento de resíduos perigosos
	Materiais semicondutores	Dispositivo para a separação de gases por permeação seletiva		Instrumentos e equipamentos para a indústria petrolífera
	Carbonos para microtelefones	Processador automático de mostras biológicas		Equipamento de liofilização de alimentos
	Ferritas de manganês-zinco	Aparato para descalcificar ossos e fixar materiais biológicos		
	Implantação iônica.	Dispositivo para refrigerar mostras biológicas		
		Módulo concentrador solar cilíndrico		
		Dispositivo redutor de elementos contaminantes para motores de combustão interna		

3.3.1.2. Evolução financeira da firma

Uma limitação com relação ao caso analisado é a falta de informações sistematizadas que permitam conferir o desempenho dos principais indicadores econômicos da empresa ao longo de sua história. Apenas foi possível obter números para a última fase de sua evolução (1992/2004), isto é, depois de encerrado o período de crise e com o início da gestão do segundo gerente⁴³. A consolidação dos dados anteriores a este período seria muito difícil de ser realizada por conta das mudanças no padrão monetário e de suas

⁴³ Somente foi possível o acesso às “Memórias” e Balanços no seu texto completo de 1992 em adiante. Para os anos anteriores foi facilitado tão só um resumo das mesmas, realizado por um dos membros da firma.

consecutivas desvalorizações. E só faria sentido utilizar as informações de maneira que estas pudessem ser comparadas com os períodos subseqüentes. Para evitar equívocos, os membros da empresa preferiram não divulgá-las.

Um dos poucos indicadores relevantes que se pôde extrair dos balanços da empresa, no período assinalado, foi o correspondente ao total de vendas. Entre 1992 e 2004, as vendas foram duplicadas, porém, com períodos intermediários muito heterogêneos. Assim, entre 1994 e 1996 as vendas da empresa alcançaram um incremento constante, no entanto, entre 1997 e 1999, as vendas decresceram em forma considerável (especialmente no ano 1998). Depois de uma forte expansão em 2001, as taxas se mantiveram elevadas, alcançando um incremento de quase 40% ao ano, entre 2003 e 2004.

**QUADRO N° 5 - EVOLUÇÃO DAS VENDAS ANUAIS (EM DÓLARES).
ANOS 1992-2004 (FASE IV)**

Ano	Vendas	Taxa de variação
1992	35.367.340	
1993	27.328.826	-22,7
1994	31.658.289	15,8
1995	37.020.886	16,9
1996	45.970.341	24,2
1997	41.623.664	-9,5
1998	26.009.279	-37,5
1999	20.887.529	-19,7
2000	21.249.963	1,7
2001	38.553.510	81,4
2003	52.476.013	36,1
2004	73.217.663	39,5
1992-2004		107,0

Fonte: Elaboração própria com base em dados extraídos dos balanços da empresa

Como se pode ver pelos dados apresentados no Quadro acima, o faturamento anual médio foi de cerca de 40 milhões de dólares no período analisado, correspondente à Fase

IV da evolução da firma⁴⁴. Apesar da variação das vendas em termos absolutos, na média verifica-se que houve um crescimento no volume total das vendas mostrando uma recuperação da firma em relação ao período anterior, marcado por uma crise institucional e financeira (1989-1991).

A dependência de grandes projetos explica os fortes saltos anuais no faturamento. Isto é mais relevante ainda para as Fases II e III da empresa em que a área de projetos nucleares era a única existente. O ciclo dos grandes projetos incidiu de maneira determinante no faturamento da firma ao longo de sua história e impôs momentos de incerteza reiterados com relação à possível continuidade de suas atividades, especialmente durante a Fase III quando o Estado nacional deixou de ser o principal cliente.

3.3.1.3. Evolução da estratégia de produção (*in house* vs. *outsourcing*) e de escolha dos fornecedores

Ao longo da Fase II da trajetória sócio-técnica, a *INVAP* S.E. baseou sua produção em desenvolvimentos *in house*, de um lado, obrigada pela especificidade e o caráter secreto do destino dos produtos e, de outro, condicionada por uma racionalidade ideológica de autonomia vinculada à ideologia ‘anti-dependentista’ dos seus integrantes (ver seção 3.5).

A firma privilegiou a compra de insumos nacionais. Em múltiplas ocasiões, isto deu lugar a ações de assessoramento e transferência de tecnologia, orientadas ao desenvolvimento de fornecedores locais. Em particular, foram privilegiadas as compras de empresas satélites, geradas durante as duas fases de terceirização.

⁴⁴ Se se levar em conta que o valor total da construção da planta de enriquecimento de urânio foi de cerca de 200 milhões de dólares e se estendeu ao longo de cinco anos (entre 1978 e 1982), constituindo-se praticamente no único projeto do período, o resultado dá um faturamento anual medio semelhante para a Fase II. Embora para a Fase III não se tenha dados confiáveis disponíveis, pode-se dizer que foi a mais crítica em termos da evolução da situação financeira da empresa, culminando na crise de finais dos anos 1980 que quase a levou à falência.

Esta prática só foi questionada na Fase IV. Na busca de economias de integração e frente à redução da planta funcional, a empresa reviu sua estratégia tecno-produtiva, integrando uma rede internacional de fornecedores especializados. Complementarmente, o desenvolvimento de alianças estratégicas que poderiam significar a abertura de novos mercados e o desenvolvimento de *joint ventures* motivou a preferência pela integração de equipamentos provenientes de fornecedores reconhecidos.

De todo modo, é necessário considerar que as práticas de re-significação de tecnologias (Ver item 3.3.4.) tendem a reduzir as aquisições de equipamento⁴⁵. A incorporação de novo equipamento para o desenvolvimento da Área Espacial foi relativamente reduzida. Grande parte dos equipamentos necessários para sua construção e ensamble – assim como o restante dos componentes – foram produzidos *in house* (Ver *Box* N° 1). Além da relevância da estratégia de *outsourcing* durante a última fase, para muitos dos integrantes mais antigos da firma persistiu a tendência a propor a realização de soluções *in house*.

BOX N° 1 – PRODUÇÃO *IN-HOUSE* DE MÁQUINAS E FERRAMENTAS DE TRABALHO

A dinâmica de trabalho *in-house* continua dominando dentro da empresa para a fabricação de máquinas e ferramentas de trabalho que não se encontram no mercado e estão associadas à tecnologias consideradas chave para assegurar a qualidade dos produtos da empresa. Vários exemplos disso podem ser encontrados na área nuclear, mas também na espacial. A produção do mais recente reator da Austrália envolve peças de desenho único que requerem para seu manejo e colocação da fabricação de ferramentas, suportes e desenvolvimento de procedimentos que não existem no mercado. Na área espacial, o desenho das lentes multiespectrais do satélite envolveu a montagem de um laboratório para o qual foram desenvolvidas soluções *ad-hoc* de reconstrução das condições de prova para câmeras com um ponto focal de 700 km de distância (i.e., infinito), submetidas a condições de aceleração da gravidade de 3 o 4 G durante o lançamento e que depois operam no vácuo. Conforme as palavras do responsável em Ótica da Área Espacial se referindo a um dos momentos de construção do laboratório “*E tivemos que pensar como fazer para pôr o sensor no plano focal?...então compramos um bom telescópio, lhe colocamos um pontinho no plano focal, e aí tivemos que imaginar como faríamos para ver se realmente estava bem no plano focal e que a divergência era a que nós queríamos, então inventamos algo e isso depois agradou aos membros da NASA. Mas há outras maneiras, isto é, é possível comprar equipamentos para fazer essa medição. Nós... eu nesse momento nem sabia, de modo que fizemos algo totalmente caseiro, mas que, por outro lado, deu certo.*”

⁴⁵ Apenas a título de exemplo, alguns fornos pré-existentes foram convertidos e reciclados e adaptados para fazer ciclagem térmica de componentes dos satélites.

3.3.1.4. Evolução do *mix* de produção: diversificação vs. especialização produtiva

A empresa vem desenvolvendo ao longo de sua história um extenso leque de ofertas: desde assessoramento tecnológico à entrega de plantas chave-na-mão. A produção desta oferta implica a capacidade de realização de um extenso conjunto de atividades: estudo de factibilidade, desenvolvimento, desenho, engenharia de projetos, abastecimento, construção, montagem, colocação em marcha, operação e serviços pós-venda. Mesmo durante a segunda fase, na qual a firma se dedica à realização de um número limitado de projetos para um único cliente, não se pode dizer que ela seja qualificada como especializada. Dada a natureza dos desenvolvimentos realizados foram requeridas soluções tecnológicas muito diversas (desde a instrumentação de um reator ao desenho de um processo químico para produzir tetracloreto de zircônio).

A abertura do leque de produtos da firma responde, em primeiro lugar, a uma trajetória cumulativa de competências tecnológicas nas quais a aprendizagem alcançada em cada um dos desenvolvimentos particulares deu lugar a uma série de subprodutos que a empresa se dispôs a colocar no mercado. Em segundo lugar, responde ao estabelecimento de uma rotina interna associada à busca de soluções criativas para diferentes problemas, seja em função de uma demanda existente ou a partir de uma lógica ofertista. Por último, é devido à busca de alternativas que permitissem ter um rendimento estável independente da existência de grandes projetos – especialmente a partir da terceira fase do desenvolvimento de sua trajetória.

Os distintos momentos com relação aos “ciclos” de grandes projetos que ocupam o pessoal de diferentes setores da empresa, nas diferentes etapas, deixaram parte dos seus integrantes com capacidade ociosa durante alguns períodos. Esses momentos foram utilizados para a busca de soluções engenhosas de demandas que chegaram à empresa, mas que, em outros momentos, não teriam sido atendidas, ou para o desenho de “inovações” para supostas necessidades da empresa, ou do ambiente local e que, no futuro, pudessem se constituir numa fonte de receita alternativa (desenvolvimento de veículo leve de transporte ou do reator CAREM junto com a CNEA, por exemplo). Na

sua maioria, os projetos que não foram gerados por uma lógica *demand pull* se definiram em função do interesse no desafio tecnológico representado e não a partir de um estudo de mercado que permitisse identificar seu potencial para cobrir um “nicho de mercado”. De fato, estes desenvolvimentos nunca chegaram a ser comercializados.

3.3.1.5. Tipos de mercado e evolução da carteira de clientes (nacional vs. estrangeiro)

No início da trajetória sócio-técnica analisada, os clientes do PIA eram empresas do mercado nacional e entraram em contato com o grupo através de relações pessoais com seus membros. Na Fase II, já como empresa, o cliente quase exclusivo passou a ser o Estado nacional. Estas duas primeiras fases foram desenvolvidas no marco de um mercado protegido para a empresa, a Fase I pela vigência do modelo ISI e a segunda, embora no início da abertura da economia conduzida pela política econômica da Ditadura Militar, por ter como cliente o Estado nacional que absorveu toda a sua capacidade produtiva.

Na Fase III, outros Estados nacionais se agregaram à carteira de clientes dando início às primeiras operações de exportação. Os primeiros clientes internacionais são Estados de outros países subdesenvolvidos – em particular mercados não desejados pelos países centrais como Argélia ou Irã – e no início da Fase IV são incorporados países desenvolvidos.

Pelo tipo de produtos desenvolvidos (reatores nucleares, equipamentos de radioterapia, satélites de pesquisa), 90% das vendas da empresa provêm de agências governamentais ou de entidades públicas. Uma das vantagens comparativas adquiridas pela empresa, ao longo de sua trajetória, foi a capacidade de compreender a racionalidade, as necessidades e potencialidades dos diferentes clientes.

QUADRO Nº 6 - CLIENTES DA INVAP NOS ANOS 1992-2004 (FASE IV)

1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004
C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.	C.N.E.A.
	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.	C.O.N.A.E.
	Indupa	Prov. de Rio Negro	Prov. de Rio Negro	Prov. de Rio Negro	Prov. de Rio Negro	Prov. de Rio Negro	Prov. de Rio Negro	Prov. de Rio Negro	Prov. de Rio Negro	Instit Priv de Radioterapia	Instit Priv de Radioterapia
	Prov. De Corrientes	Prov. de Corrientes		Ailinco S.A.	Ailinco S.A.	Ailinco S.A.	Ailinco S.A.	Bco. Galicia S.A.	Hospital San Roque	INVAP Ingeniería S.A.	INVAP Ingeniería S.A.
	Degremont	Prov. de Santa Fé		I.A.E.A.	Hosp. San Roque	P.A.M.I.	Bco. Rio Negro S.A.	Hospital San Roque	Nuclear Mendoza S.A.	Hospital San Roque	Hospital San Roque
	A.E.A. Egito	A.E.A. Egito	A.E.A. Egito	A.E.A. Egito	A.E.A. Egito	A.E.A. Egito	Bco. Piano S.A.	A.E.A. Egito	A.E.A. Egito	A.E.A. Egito	A.E.A. Egito
		Nucleoeléctrica S.A.	Nucleoelectrica S.A.	Nucleoeléctrica S.A.	Agua e Energia Mendoza	Bco. Galicia S.A.	Nucleoeléctrica S.A.	Nucleoeléctrica S.A.	Nucleoeléctrica S.A.	Nucleoeléctrica S.A.	Nucleoeléctrica S.A.
	H.C.R. Argélia	C.D.S.E. Argélia	C.D.S.E. Argélia		C.D.S.E. Argélia	C.D.S.E. Argélia	Bco. Galicia S.A.	G.C.B.A.	Hospital Carrillo	Hospital Zonal Olavarría	Hospital Madame Curie
	Inv. Gama S.A. Cuba	Inv. Gama S.A. Cuba				L.P. do C.Brasil	Força Aérea Argentina	Bco. Patagônia S.A.	Bco. Patagônia S.A.	Terapia Radiante Resistência	Terapia Radiante Resistência
							Polychaco S.A.	Polychaco S.A.	Min. da Saúde de Corrientes	Hospital Madame Curie	CA.PRE.SA.
							Bco. Valores S.A.	Nuclear Mendoza S.A.	Centro de Comp. médica	I.S.C.A.M.E.N.	Hosp. Radio-oncologia Riv.
								C.D.S.E. Argélia	Facultad de Uruguay	Terapia Radiante S.A.	Terapia Radiante S.A.
								ANSTO Austrália	ANSTO Austrália	ANSTO Austrália	ANSTO Austrália

								L.P. do C.Brasil		<i>Hospital Dr José Vidal</i>	<i>Hosp. Centenario Rosario</i>
										<i>Imágenes S.A.</i>	<i>Imágenes S.A.</i>
											<i>Solchaga Masetto</i>
										<i>Westinghouse Electric Co</i>	<i>FUESMEN</i>
										<i>Hospital Carrillo</i>	<i>Hosp. Int. Agudos Junín</i>
											Secretaria.Saúde Prov. San Juan
											<i>China Jiuyuan T.Co China</i>
											<i>Institute for Energy Holanda</i>

Fonte: Elaboração própria sobre a base de dados extraída dos balanços da empresa. Anos 1992-2004.

QUADRO N° 7 - VENDAS INVAP SEGUNDO OS CLIENTES (EM DÓLARES)
PERÍODO 01/02/91 – 30/06/04 (FASE IV)

Cliente	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1/ 2002	6/2002	2003	2004	TOTAL
CNEA	30,914,703	28,481,291	17,507,157	15,445,012	9,401,330	7,467,881	2,787,603	5,752,325	2,918,267	1,585,125	92,598	26,097	99,202	181,632	122,660,223
%	90.87	81.18	65.69	53.25	27.30	17.85	7.15	22.54	14.16	7.55	0.29	0.29	0.17	0.25	25.63
Exportac.	3,097,373	5,169,042	6,228,105	8,344,270	15,664,535	26,688,182	28,763,563	9,149,070	5,905,479	12,441,649	21,295,988	8,501,854	56,880,910	65,458,904	273,588,924
%	9.10	14.73	23.37	28.77	45.49	63.78	73.76	35.85	28.66	59.23	67.30	94.13	96.29	91.34	57.17
CONAE		1,007,824	2,300,191	4,650,595	5,798,352	5,821,588	5,041,308	7,470,222	10,042,114	5,812,915	9,255,922	165,267	1,435,933	2,371,402	61,173,633
%		2.87	8.63	16.03	16.84	13.91	12.93	29.27	48.74	27.67	29.25	1.83	2.43	3.31	12.78
FAA														1,471,642	1,471,642
%														2.05	0.31
NASA				78,837	3,040,195	815,426	178,200	175,032	161,330		247,971	276,400	29,125	125,745	5,128,261
%				0.27	8.83	1.95	0.46	0.69	0.78		0.78	3.06	0.05	0.18	1.07
Equipam Médico				91,117	317,597	345,172	997,870	1,489,053	277,575	889,512	542,013	40,693	246,350	882,750	6,119,702
%				0.31	0.92	0.92	2.56	5.83	1.35	4.23	1.71	0.45	0.42	1.23	1.28
Outros	10,400	425,048	614,142	393,487	214,993	706,819	1,228,863	1,487,632	1,298,340	277,366	210,501	21,694	377,960	1,174,384	8,441,631
%	0.03	1.21	2.30	1.36	0.62	1.69	3.15	5.83	6.30	1.32	0.67	0.24	0.64	1.64	1.76
TOTAL	34,022,476	35,083,205	26,649,595	29,003,318	34,437,002	41,845,068	38,997,407	25,523,334	20,603,105	21,006,567	31,644,993	9,032,005	59,069,480	71,666,459	478,584,016

3.3.2. A dimensão organizacional

3.3.2.1. O nível de análise intrafirma: a estrutura organizacional formal⁴⁶... do “oculto” ao explícito

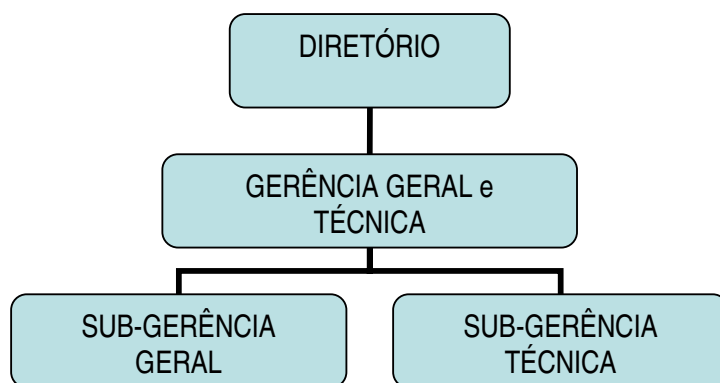
A empresa estatutariamente é dirigida por um Diretório que não tem funções executivas, mas aprova as políticas gerais e os planos de investimento, e avalia o desempenho e a gestão da empresa. O Diretório é conformado por sete membros: quatro da *Comisión Nacional de Energía Atómica*, dois da Província de Rio de Negro e um representante interno da empresa. A direção executiva está a cargo de um Gerente Geral que se ocupa das decisões do dia a dia da firma.

Durante a gestão do primeiro Gerente Geral (1976/91 – Fases II e III) não circulou publicamente um organograma formal dentro da empresa. Pode-se estabelecer a seqüência de organogramas formais desde a criação da firma, a partir da evolução da lista de cargos registrados nas “Memórias”.

Nos primeiros anos de existência da empresa o organograma formal foi estruturado com um Diretório do qual dependiam uma Gerência Geral e Técnica e duas Sub-gerências: uma Geral e outra Técnica (ver Figura Nº 4). Em termos hierárquicos, “abaixo” existiam responsáveis de áreas ou de tarefas que não possuíam uma designação formal em termos de uma categoria de trabalho. Neste sentido, não foi criada uma estrutura fixa que definisse “espaços estruturais” a serem ocupados. Durante este período foi deliberado o estabelecimento de cargos e hierarquias estruturalmente definidas para os integrantes da firma.

⁴⁶ A análise deste item inicia-se na Fase II da trajetória sócio-técnica descrita, quando a empresa se constitui legalmente como tal. Limita-se à análise da estrutura organizacional formal da firma, à evolução dos seus organogramas.

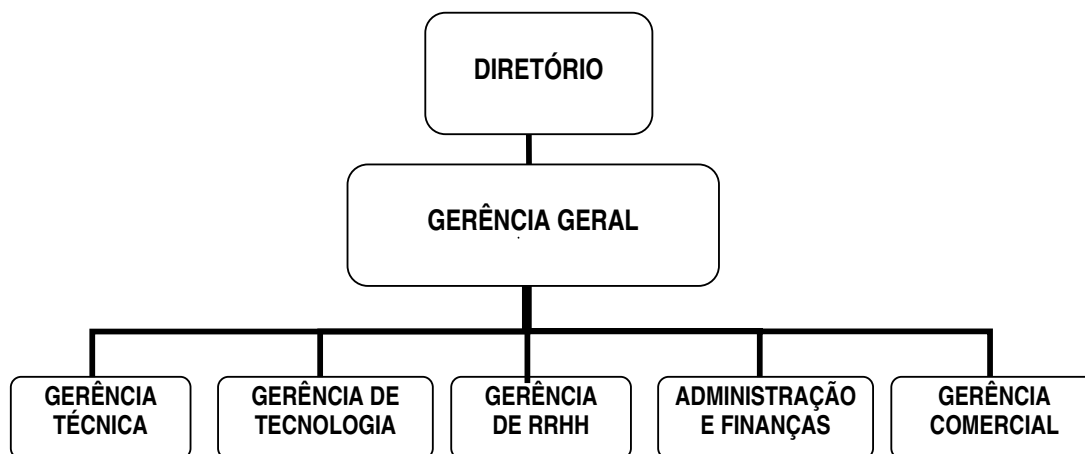
FIGURA Nº 4 - ESTRUTURA BÁSICA DURANTE O PERÍODO 1976/81



Fonte: Elaboração própria com base em informações da empresa presentes no documento de “Memórias”

Durante o período que abarca as Fases II e III (1976/91), isto é, até o momento que antecede a crise quase terminal que afetou a empresa, entre 1989/91, houve uma ampliação da estrutura formal da firma, que se tornou mais complexa com a criação de gerências dedicadas a funções específicas. O processo de crescimento da firma demandou a consolidação de uma estrutura organizacional mais diversificada e um processo de profissionalização das áreas de apoio da firma (abastecimento, controle administrativo-contábil etc.). Assim, ao longo deste período, o esquema da Figura Nº 4 foi modificado pela desapareição das duas sub-gerências originais (Geral e Técnica) e a criação de cinco Gerências: Técnica, de Tecnologia, de Recursos Humanos, de Administração e Finanças e Comercial (ver Figura Nº 5).

FIGURA Nº 5 - ESTRUTURA BÁSICA DURANTE O PERÍODO 1981/91

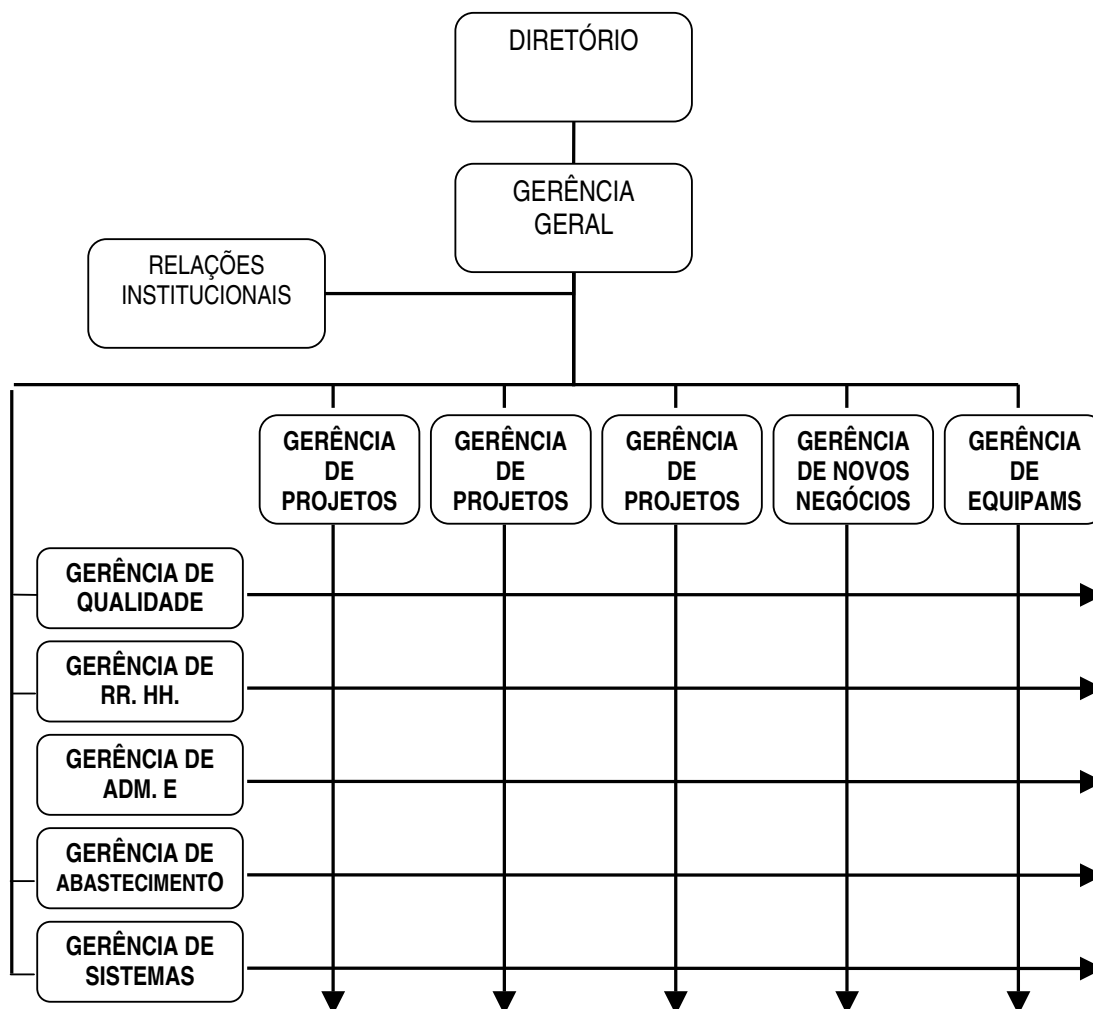


Fonte: Elaboração própria com base em informações da empresa presentes no documento de “Memórias”

No período que se inicia com a superação da crise de 1991 e a assunção de um novo Gerente Geral, mais precisamente entre 1992 e 1997, se registra um lapso de transição no qual se ensaiam e buscam novas formas de organização para a empresa. A mudança no estilo de gerenciamento introduzida pelo novo Gerente se traduz numa preocupação explícita no interior da firma para encontrar formas de organização e de gestão alternativas e claramente estabelecidas.

O período de crise e saída da crise a partir da ampliação da carteira de negócios culmina com a cristalização de uma nova estrutura organizacional mais adequada às mudanças ocorridas no funcionamento real da empresa durante esta etapa. Em 1998, é formalizado, pela primeira vez, um esquema matricial de funcionamento dividido em Gerências de Projetos conforme as áreas de negócio da empresa. Neste momento também é criada a Gerência de Novos Negócios, a cargo de um integrante da firma que regressa de uma estadia de formação de pós-graduação no exterior na área de gestão de negócios (ver Figura Nº 6).

FIGURA Nº 6 - ESTRUTURA DE GERÊNCIAS POR ÁREAS E SERVIÇOS SEGUNDO ESQUEMA MATRICIAL DURANTE O PERÍODO 1998/05



Fonte: Elaboração própria com base em dados da página Web da empresa e de entrevistas

Durante o período, a estrutura de gerências da empresa continuou ampliando sua complexidade, a partir de um aprofundamento de sua divisão por funções. A abertura da área espacial reordenou a alocação de recursos humanos e a distribuição de tarefas. A partir da incorporação da linha de desenvolvimento na área espacial, foram incorporadas novas metodologias de gestão de projetos e desenvolvidos processos de certificação de qualidade que sistematizaram as formas internas de organização do trabalho.

Com esta reestruturação, além da Gerência e Sub-Gerência Gerais e a Gerência de Relações Institucionais, foram criadas cinco Gerências de Projetos correspondentes à cada grande área de negócios da empresa (Nuclear, Espacial, Industrial, Equipamentos Médicos e Novos Negócios) e cinco Gerências que oferecem “serviços”⁴⁷ às Gerências de Projetos (Qualidade, Recursos Humanos, Administração e Finanças, Abastecimento e Sistemas) (Ver Figura Nº 6).

Na Figura Nº 6 se vê a representação adotada pelos responsáveis da firma para descrever a estrutura atual de gerências em um esquema matricial de dupla entrada. Conforme esta representação, cada Gerência de Projetos é concebida como um área de trabalho independente a cargo de projetos tecnológicos (PT's) e recebe apoio das Gerências que trabalham “horizontalmente” oferecendo “serviços” compartilhados pelos projetos das diferentes Gerências. Cada uma das Gerências de Projetos – atualmente as grandes áreas de negócios da firma – executa projetos contratados pelos clientes externos. O resto das Gerências executa “serviços” internos “contratados” pelas Gerências de Projetos. As Gerências de Recursos Humanos, Administração e Abastecimentos fornecem serviços relativamente padronizados para o conjunto das Gerências da empresa. As Gerências de Qualidade e Sistemas são de mais recente criação e têm adquirido certa autonomia dada a relevância de suas funções, em particular a partir da obtenção de certificações de qualidade (Normas ISO 9000 e num futuro próximo, 14000), para o conjunto das áreas da empresa.

3.3.2.2. A estrutura organizacional “de fato” da firma: a organização do trabalho com base em “PT's”

O funcionamento da empresa responde a uma particular dinâmica de trabalho que se origina no período do *PIA*. A primeira fase na trajetória sócio-técnica da firma constitui

⁴⁷ São denominados internamente “serviços” aqueles trabalhos realizados pelo pessoal de uma Gerência diferente daquela que o solicita, incluindo em particular apoio técnico a projetos específicos. Também se denominam internamente “Gerências de serviços” aquelas que oferecem apoio administrativo, de controle e abastecimento para o conjunto das áreas da empresa.

um momento chave para a conformação dos códigos de relacionamento entre seus integrantes. Naquele momento, operou-se com uma dinâmica de trabalho em equipe, orientada à concretização de projetos sobre a base de uma lógica *problem solver*. Em termos organizacionais, os pedidos de clientes externos foram estruturados na forma de projetos que se constituíram nas unidades que definiram a divisão de tarefas e funções dos integrantes do PIA. Depois de criada a empresa, a organização das tarefas a partir de projetos (PT's) continuou vigente.

Uma anedota sobre as origens da empresa conta que seu primeiro Gerente Geral, depois de inscrever a firma no Registro Público de Comércio Provincial, afirmou que se dedicaria a vender “pacotes tecnológicos”. Diante da pergunta sobre o que era um pacote tecnológico, a resposta do Gerente Geral foi que “teria que inventá-lo”. A denominação de “pacote tecnológico”, tomada do discurso de Jorge Sábato, é um dos “ideologemas” fundacionais da firma e caracterizou inicialmente o “produto” a ser desenvolvido pela empresa.

A noção de “pacote tecnológico” para Sábato refere-se a sua concepção da tecnologia como mercadoria e consiste em uma unidade de transação comercial (mercadoria) conformada por um conjunto organizado de conhecimentos de distintos tipos (científicos, técnicos, empíricos etc.), provenientes de diferentes fontes (livros, manuais, patentes etc.) e obtidos através de diversos métodos (pesquisa, desenvolvimento, adaptação, cópia, espionagem, consultorias etc.) que satisfazem a uma determinada demanda real ou potencial (Sábato e Mackenzie 1982).

Operacionalmente, na empresa um “pacote tecnológico” ou “PT” foi associado à noção de “projeto tecnológico” definido na perspectiva dos engenheiros: aquele que “realiza a função alocada com a máxima eficiência e o mínimo custo” (Sábato e Mackenzie 1982). Em termos organizacionais, desde esse período, a denominação de PT define as unidades discretas que operam como organizadoras da divisão do trabalho, a alocação de recursos e a produção de conhecimentos no interior da firma. Os PT's são de diferentes dimensões e cada grande projeto pode internamente estar subdividido em múltiplos PT's.

A estrutura organizacional formal da firma, por configurar uma empresa independente, sustentou-se numa divisão inicial entre uma gerência executora de projetos e outra encarregada de tarefas comuns de apoio para diferentes projetos (respectivamente as Gerências Geral e Técnica na Figura Nº 4 e as Gerências Técnica e de Tecnologia na Figura Nº 5). Conformaram-se assim equipes de trabalho para a execução e direção geral de projetos e grupos especializados em determinadas técnicas ou funções que aportaram seu trabalho a diferentes projetos ou sub-projetos, de acordo com os requerimentos de cada um.

O que internamente é denominado um funcionamento de tipo “matricial” refere-se à existência destes grupos de trabalho que oferecem serviços técnicos de maneira transversal a diferentes projetos. Porém, a atual representação matricial de dupla entrada que constitui o organograma formal (Figura Nº 6) não esclarece a estrutura efetivamente operante no interior da firma. Como assinalado, a mencionada representação realiza uma divisão vinculada à diferenciação entre as gerências denominadas internamente de “serviços” – que contabilmente formam parte dos gastos fixos da empresa – e as gerências que têm projetos sob sua responsabilidade e manejam um orçamento “externo” destinado a sua execução. De fato, as Gerências de Projetos (em particular a Gerência de Projetos Espaciais e Industriais) continuam tendo a seu cargo um conjunto de tarefas que é oferecido na forma de serviços a outras Gerências de Projetos. O fato do responsável da Área Espacial ter sob sua responsabilidade o pessoal da antiga Gerência de Tecnologia (de “serviços”) e continuar trabalhando com a mesma equipe de trabalho diante da abertura de uma nova gerência de projetos, explica por que esta área executa funções transversais, isto é, independentemente do lugar definido na representação da estrutura formal da firma.

Em termos operativo-organizacionais, a firma combina uma estrutura divisional, segundo áreas de negócios, com uma forma de trabalho por projetos no interior de cada divisão. Desta maneira, tem conseguido sustentar uma forma de trabalho flexível, apesar do transcurso do tempo que normalmente tende a burocratizar os mecanismos de coordenação das organizações. A permanência desta organização ao longo de quase 30 anos de um crescimento relativo sustentado, é um dos méritos mais importantes da firma

e isso tem sido possível devido a uma dinâmica de trabalho que combina a formalização e padronização crescente dos mecanismos de gestão da qualidade e controle administrativo-contábil juntamente com uma organização do trabalho orientada por projetos, com hierarquias baseadas no conhecimento e na experiência técnica, mecanismos informais de comunicação e uma forte motivação cognitiva para a resolução de desafios tecnológicos, visualizados, por sua vez, como fazendo parte de uma “missão” que ultrapassa os interesses individuais dos seus protagonistas.

Tanto a complexidade dos produtos desenvolvidos, como o fato de que sejam modelos únicos, impõe uma forma de trabalho particular ao interior das Gerências de Projetos. A dinâmica orientada à resolução de problemas com que trabalham os integrantes da firma leva à constituição relativamente ágil de equipes de duas ou três pessoas em condições de resolver tarefas pontuais que se dissolvem uma vez cumpridas. Esta organização provocou não poucas vezes conflitos internos, por exemplo, produzindo situações em que um mesmo trabalhador esteve sob as ordens tanto do diretor do PT para o qual trabalha, como do gerente do setor ao qual pertence. A forma de trabalho efetivamente operante gera – em circunstâncias não tão excepcionais – superposição de dois e até três chefias para um mesmo indivíduo⁴⁸. Porém, esta estrutura antes de ser disfuncional para a firma, contribuiu a gerar uma série de equilíbrios dinâmicos fazendo-la eficaz na execução de trabalhos de alta complexidade.

3.3.2.3. Direção, gerenciamento e tomada de decisões

A empresa tem tido uma grande continuidade na sua direção executiva. Em seus quase 30 anos de existência teve só dois gerentes gerais e o segundo foi sub-gerente geral durante o período prévio. Ambos são ex-integrantes do PIA, egressos do Instituto Balseiro e com cursos de pós-graduação em Stanford (pós-doutorado em física e estudos em MBA, respectivamente).

⁴⁸ Existem aspectos organizacionais que semelham à firma ao modelo de organização ad-hocrática da conhecida tipologia de Mintzberg (1984).

O Diretório modifica sua composição mais freqüentemente porque seus membros são substituídos ao mudar a representação política do governo Provincial e conforme o nomeamento dos representantes enviados pela CNEA, e também pela escolha da Associação de Possuidores de Bônus integrada pelos funcionários. Embora a tomada de decisões do dia a dia não esteja a seu cargo, o Diretório aprova os planos e as decisões estratégicas que a Gerência Geral da firma executa. Ao longo da sua história não se tem observado conflitos graves entre ambas as instâncias diretoras. E pode-se dizer que o Diretório tem cumprido uma função política de grande importância em termos da legitimação outorgada à direção da empresa.

Na primeira fase da trajetória sócio-técnica da firma, o grupo fundador em seu conjunto participou ativamente na tomada de decisões vinculada à execução dos projetos. Os códigos de confiança e proximidade do grupo foram representados pela autodenominação de “máfia” que seus membros se atribuíam. Primou a figura de um líder reconhecido pelo resto dos integrantes do grupo com autoridade para a tomada final de decisões. A referida liderança foi exercida por quem depois tornou-se o primeiro Gerente Geral da empresa, considerado pelo resto do grupo como *primus inter pares*.

Com a criação da empresa, o grupo fundador⁴⁹ ocupou os postos hierárquicos de maior responsabilidade e organizou o trabalho “nos níveis inferiores” com base numa subdivisão de tarefas e de pessoas definida pelos requerimentos dos diferentes projetos. Dentro de cada projeto foram formados grupos de trabalho com líderes, de modo tal que existem poucos níveis hierárquicos ao interior da firma. A empresa conta com uma estrutura de três níveis: o de gerente geral e gerentes de áreas de projetos/negócios, o de coordenadores ou líderes de grupos de trabalho (denominados internamente como “mandos médios”⁵⁰) e o resto do pessoal.

O primeiro Gerente Geral se impôs mediante uma liderança carismática e centralizou o poder dentro da organização a partir da manutenção de uma estrutura organizacional

⁴⁹ Trata-se de um grupo de não mais de 10 pessoas dentre as quais se encontram os Gerentes de Áreas de Projetos e membros de reconhecida experiência e capacidade técnica dentro da empresa.

⁵⁰ Na empresa se denomina desta maneira um conjunto de cerca de 40 profissionais, com uma média de entre 15 e 17 anos de tempo na firma, e que têm trabalhado ao longo de sua história em distintos setores da empresa e que tem pessoal sob sua responsabilidade.

pouco explícita. Na sua primeira fase como empresa (1976/84), se consolidou um estilo de gerenciamento paternalista similar ao de uma pequena empresa familiar. Todos os funcionários tinham acesso direto ao Gerente Geral, que era quem se ocupava da tomada final de todo tipo de decisões (desde definições administrativas e de gestão de recursos humanos, incluindo a fixação de salários, até a tomada de decisões tecnológicas estratégicas).

Na Fase III da trajetória sócio-técnica da firma (1984/91), ainda durante o período de direção do primeiro Gerente Geral, algumas gerências com funções específicas no interior da organização foram estruturadas de maneira mais formalizada. O aumento de tamanho da firma promoveu uma crescente profissionalização dos diferentes setores de apoio. Embora este estilo de gerenciamento continuasse se baseando na figura carismática do Gerente e as decisões técnicas e estratégicas permanecessem nas mãos do quadro gerencial de membros fundadores, espaços de decisão foram se desenvolvendo com um grau maior de autonomia e formalização no interior de cada setor da empresa.

Depois da crise, com a ascensão de um novo gerente geral, em 1991, o estilo de gerenciamento da firma foi modificado. Nesta etapa, os mecanismos de consulta para a tomada de decisões passaram a ser organizados de maneira mais sistemática e participativa, proporcionando uma descentralização horizontal da informação. A nova Gerência continuou confiando no *staff* mais antigo e reconhecido da empresa para a tomada de decisões estratégicas. Porém, a frequência e a continuidade das reuniões com os denominados “mandos médios” foram regularizadas. Foi uma preocupação da Gerência, durante esta fase, buscar uma melhor organização interna e para isso foi contratada uma consultoria externa com o objetivo de analisar o funcionamento da firma.

O estabelecimento de uma divisão das Gerências Técnicas por áreas de negócios, a partir de 1998, mostra a autonomia adquirida pelos setores a cargo dos grandes projetos ao interior da empresa. A nova estrutura organizacional adotada pela firma a partir desta data da conta de uma organização diversificada, com unidades relativamente autônomas que se acoplam a partir de mecanismos normalizados de controle administrativo-contábil.

Ao mesmo tempo, mostra uma separação de âmbitos de incumbência e hierarquias para cada área de projetos identificadas agora por setores de negócios.

3.3.2.4. Política de recursos humanos

3.3.2.4.1. Evolução da quantidade de pessoal

O grupo fundador que participou do PIA no ano de 1973, foi conformationado por aproximadamente 24 profissionais e 15 técnicos pertencentes a *CNEA*. Durante os dois primeiros anos de existência da empresa (1976/77), a este grupo inicial, se somaram cerca de 50 pessoas por ano. O volume de recursos humanos foi aumentando tanto em termos de pessoal diretamente contratado pela empresa, como pelo aumento de membros da *CNEA* comissionados pela instituição para participar nos projetos que ela desenvolveu. Com algumas exceções, os membros do PIA passaram logo a compor a equipe da empresa. Ao longo de sua história, muitos outros membros da *CNEA* deixaram a instituição para fazer parte da empresa.

Os registros de pessoal da firma se iniciaram em 1978 quando ela já contava com 132 trabalhadores. O ritmo de evolução da quantidade de funcionários foi sustentado e crescente até o ano 1984/85, com uma média de 50 pessoas incorporadas por ano. O rápido crescimento da estrutura da firma foi possível devido à disponibilidade de recursos para desenvolvimentos considerados estratégicos em escala nacional na área nuclear. O pessoal empregado cresceu de um total de 132, em 1978, para 605 trabalhadores, em 1984.

Em 1986 começou uma expansão acelerada: de 604 funcionários, em 1985, a firma passou a ter 792, em 1986, e chegou ao seu pico máximo de 1059, em 1988. O crescimento se deve principalmente aos requerimentos de operação da planta de enriquecimento de urânio, que ocupava aproximadamente 40% do total do pessoal. Nesse mesmo ano, a operação da planta foi descontinuada e a firma iniciou uma política de redução do pessoal, em virtude da qual o número de trabalhadores caiu para 329 no ano 1992.

No início da última fase (1992/93), o pessoal da empresa alcançou uma dotação crítica de cerca de 325 trabalhadores. A partir desse momento, a quantidade de pessoas ocupadas na planta se manteve em níveis similares, com uma leve tendência de crescimento sustido. Atualmente, a empresa emprega – com base numa relação contratual estável – 381 pessoas. Os trabalhadores contratados de forma temporária para cobrir a demanda “sazonal” de trabalho⁵¹ somam cerca de 170 pessoas, com as quais a empresa ocupa a umas 550 pessoas no total.

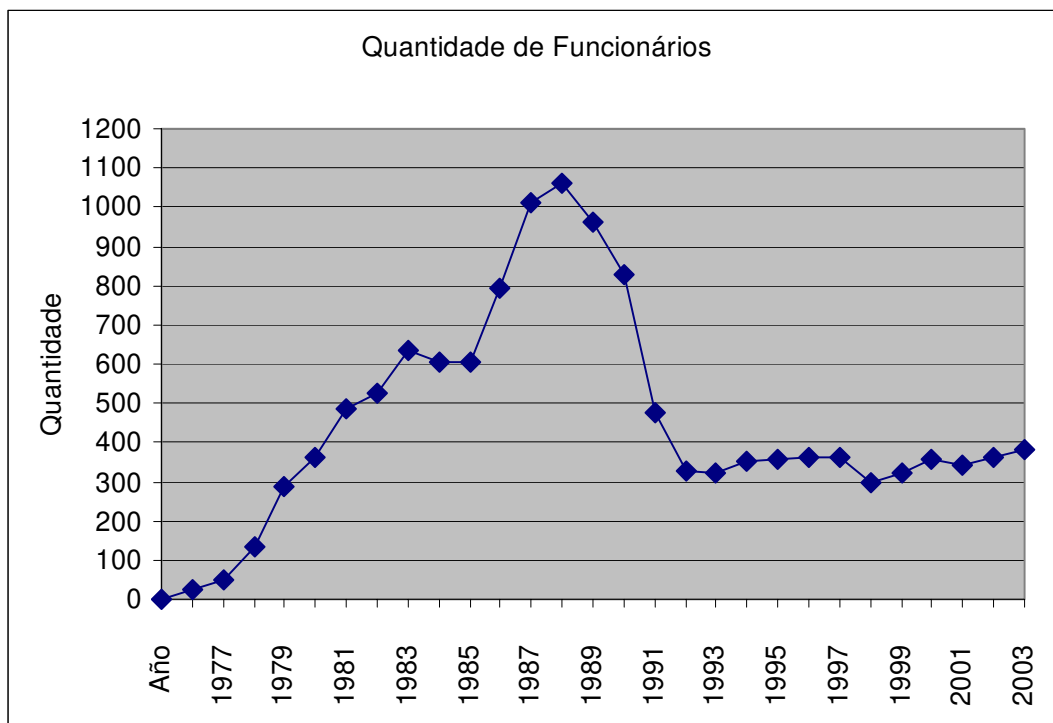
QUADRO N° 8 - QUANTIDADE ANUAL DE FUNCIONÁRIOS

Ano	Funcionários	Ano	Funcionários
1976	s/d	1990	826
1977	s/d	1991	475
1978	132	1992	329
1979	290	1993	323
1980	360	1994	354
1981	486	1995	356
1982	528	1996	361
1983	634	1997	363
1984	605	1998	296
1985	604	1999	320
1986	792	2000	356
1987	1011	2001	343
1988	1059	2002	s/d
1989	963	2003	381

Fonte: Gerência de Recursos Humanos da firma. Dados até 30 de novembro de 2003

⁵¹ Os contratos mais importantes da empresa e sem os quais não sobreviveria supõem a realização de grandes projetos de engenharia (desenho e instalação de plantas “chave na mão”) que demandam diferente quantidade de trabalho ao longo do seu desenvolvimento.

GRÁFICO N° 1 - QUANTIDADE ANUAL DE FUNCIONÁRIOS



Fonte: Elaboração própria com base em dados da Gerência de Recursos Humanos da firma

Dados até 30 de novembro de 2003

O aumento das dimensões da empresa deveu-se centralmente ao início da operação da planta produtora de urânio enriquecido por parte da *CNEA*, da qual a firma participou como operadora principal. A operação da planta foi administrada de uma maneira relativamente autônoma com relação ao funcionamento central da empresa. Assim, se este processo levou a uma crescente profissionalização e crescimento das áreas de apoio da firma, não teve conseqüências substanciais em relação à forma de organização do trabalho prévia. A redução de pessoal quando a planta foi fechada e quando os contratos com o Estado perderam a continuidade das fases anteriores, realizou-se explicitamente com o objetivo de reter os profissionais e técnicos de maior conhecimento e experiência da firma.

3.3.2.4.2. Perfil profissional e tempo de carreira do pessoal ocupado

Os 80% dos trabalhadores da firma são profissionais e técnicos altamente qualificados; 56% deste total são profissionais de nível superior, enquanto que 24% são técnicos com nível secundário ou técnico superior, com especialização adquirida na empresa. Atualmente, apenas 8% do pessoal são operários de planta que realizam tarefas de operação de máquinas simples ou de contrameste e os 12% restantes são pessoas da área administrativa (Ver Quadro N° 9).

QUADRO N° 9 - DISTRIBUIÇÃO DO PESSOAL SEGUNDO AS TAREFAS REALIZADAS EM 2001

TAREFAS ASIGNADAS	NÚMERO	PERCENTAGEM
Profissionais	194	56,5 %
Técnicos	84	24,5 %
Administrativos	39	11,4 %
Operários	26	7,6 %
TOTAL	343	100 %

Fonte: Gerência de Recursos Humanos da firma

Dados até 30 de novembro de 2001

Todos os gerentes da firma possuem formação científica e de engenharia muito sólida e são capazes de dirigir “ponta a ponta” projetos complexos. Os profissionais da firma estão capacitados para desempenhar atividades em áreas tão específicas como as de desenhos neutrônicos, proteção radioativa, cálculos e desenhos termohidráulicos, ótica de satélites, modelagem e simulações, controle de reatores e satélites, ciências dos materiais, etc.. Os técnicos, por sua vez, são funcionários que se qualificaram no interior da firma em alguma técnica específica como manufatura de peças mecânicas únicas, ensablagem de partes, operação e manutenção de equipamentos de precisão, desenho por CAD etc..

Do corpo de 194 profissionais registrados no ano 2001, apenas 12 possuem título de doutor (nove em Física, um em Engenharia Aeronáutica, um em Engenharia Nuclear e um em Engenharia Aeroespacial). Os demais estão distribuídos entre engenheiros (eletrônicos, nucleares, químicos, de sistemas, industriais, aeronáuticos, mecânicos), analistas de sistemas, licenciados em física e química (Ver Quadro N° 10).

QUADRO N° 10 - DISTRIBUIÇÃO DE PROFISSIONAIS DA EMPRESA SEGUNDO O GRAU ACADÊMICO

TÍTULO	QUANTIDADE
Advogado e Contador Público Nacional	3
Analista de Sistemas e Eng. em Sistemas de Informação	14
Comp. Científico e Lic. em Informática	3
Dr. em Engenharia - Eng. Aeronáutico	1
Dr. Física	9
Dr. Engenharia Nuclear	1
Dr. Engenharia Aeroespacial	1
Eng. Aeronáutico	9
Eng. Civil e Eng. Construções	2
Eng. Eletricista e Eletromecânico	9
Eng. Eletrônico	25
Eng. em Telecomunicações	4
Eng. Físico	1
Eng. Industrial	17
Eng. Mecânico e Mecânico Aeronáutico	12
Eng. Nuclear	25
Eng. Químico	19
Eng. Tecnologia, Eng. em Materiais e Eng. Metalúrgico	5
Lic. Adm. Empresas e Rel. Industriais	4
Lic. Física	10
Lic. Química	7
Outros	13
TOTAL	194

Fonte: Gerência de Recursos Humanos da empresa. Dados até 30 de novembro de 2001

A empresa tem uma taxa de rotatividade de pessoal baixíssima, expressa em um tempo médio de 12 anos de ocupação e uma idade média de 43 anos. O corpo gerencial, em particular, integra a firma desde a sua conformação. O caráter conservador da política de recursos humanos da empresa – especialmente se se compara com firmas de alta tecnologia de contextos desenvolvidos que utilizam a rotatividade do pessoal como via para a incorporação de conhecimentos – pode ser interpretado como uma forma de retenção das capacidades adquiridas ao longo de sua história. Tendo em conta que a firma não possui mecanismos formalizados de codificação dos conhecimentos gerados, esta tem sido a maneira que ela tem utilizado para procurar garanti-los.

3.3.2.4.3. Distribuição do pessoal segundo as gerências

A distribuição do pessoal nas distintas gerências da firma revela que existe uma grande concentração nas grandes áreas de projetos. As duas gerências destinadas aos negócios mais importantes em termos de faturamento da firma (Gerências de Projetos Nucleares e Espaciais) concentram 70% de seus trabalhadores (Ver Quadro Nº 11). É mínima a quantidade de pessoas que atuam nas áreas consideradas de “apoio” (Gerência Geral, Abastecimento, Recursos Humanos, Qualidade e Sistemas).

QUADRO Nº 11 – DISTRIBUIÇÃO DO PESSOAL POR GERÊNCIAS

GERÊNCIA	QUANTIDADE DE FUNCIONÁRIOS	PERCENTAGEM
GERAL	19	5 %
QUALIDADE	8	2 %
RECURSOS HUMANOS	14	4 %
ADMINISTRAÇÃO e FINANÇAS	17	5 %
ABASTECIMENTO	10	3 %
SISTEMAS	14	4 %
PROJETOS ESPACIAIS	146	43 %
PROJETOS NUCLEARES	90	27 %
CONSTRUÇÕES	25	7 %
TOTAL	343	100%

Fonte: Elaboração própria a partir de base da Gerência de Recursos Humanos da firma

Dados até 30 de novembro de 2001

Esta distribuição mostra a tendência da firma à dedicação da maior parte dos esforços e recursos a resolver os desafios tecno-produtivos. A estrutura dedicada a assuntos financeiros e de estudos de mercado historicamente foi de uma dimensão pequena e encarregada centralmente da resolução de aspectos contáveis. Só na última fase de sua trajetória sócio-técnica cria-se uma Gerência de Novos Negócios. Tampouco a área de Recursos Humanos tem dimensões importantes e nunca se desenvolveram políticas de capacitação ou incentivos para o pessoal, gerados desde esta área. A política de recursos humanos da firma está estreitamente associada à satisfação dos requerimentos por projeto e no seu conjunto mantém só uma reduzida percentagem de pessoal não associado diretamente a algum projeto em particular.

3.3.2.4.4. Capacitação, formação e cooptação de recursos humanos

A formação e capacitação do pessoal são apoiadas pelo quadro gerencial da empresa, porém, não existem atividades regulares, estandardizadas e permanentes para levar adiante esta tarefa.

A empresa tem financiado total ou parcialmente estadias prolongadas de alguns dos seus membros no exterior (no MIT e em Stanford) para sua formação em gestão de negócios. Este apoio, porém, tem se verificado para casos específicos (não superiores a um total de cinco, ao longo de toda sua história) e quando isto era visto como necessário para as atividades requeridas pela firma. Nos casos mais recentes, este apoio tem se dado só em momentos de baixa no requerimento de pessoal. Embora este tipo de apoio para estadias de maior duração seja excepcional, a participação de membros das distintas áreas de projetos em cursos técnicos específicos de curta duração ou em reuniões científicas e de negócios, é permanentemente apoiada e promovida pelos seus gerentes.

A principal via de formação do pessoal é interna e se realiza no trabalho. A empresa gera mecanismos de *learning by doing* sofisticados nos quais grande parte da formação se estabelece a partir da auto-aprendizagem. Os convênios estabelecidos com instituições de educação superior do âmbito nacional e local têm como objetivo o estabelecimento de estágios para estudantes⁵², mas não se realizam com o fim de capacitar aos profissionais e técnicos da empresa. Neste sentido, a firma considera que está em condições de oferecer conhecimentos antes que recebê-los por parte das universidades⁵³.

Para a escolha do seu pessoal, além dos estágios de estudantes, a firma utiliza as redes informais das quais seus integrantes participam. O corpo gerencial da firma tem contatos com professores de diferentes instituições de ensino ou são professores de algumas delas,

⁵² A firma tem estabelecido diversos convênios com universidades para a obtenção de estagiários e bolsistas que trabalham temporariamente na empresa (entre elas, UN do Sur e UN de La Plata em Engenharia Eletrônica e UN do Litoral em Engenharia Química). Têm-se fomentado estágios de nível secundário, terciário e universitário com instituições da região (UN do Comahue e do Sur, e institutos privados locais formadores de analistas de sistemas e engenheiros de informática).

⁵³ A firma desenhou e participou da organização de um curso para formação de tecnólogos, conjuntamente com a UN do Comahue.

o que permite um relacionamento direto com egressos interessados em obter um emprego. Além disso, a empresa também tem contratado funcionários por meio de editais de concursos públicos.

A firma não paga remunerações e salários muito altos, especialmente se comparados em termos internacionais. Tampouco oferece uma carreira profissional com perspectivas de mobilização em termos da elevação de posições hierárquicas no interior da organização. No entanto, é das poucas empresas de Argentina e inclusive da América Latina, que oferece empregos em setores intensivos em conhecimento. Os projetos orientados ao desenvolvimento de produtos complexos aos quais se dedica constituem um atrativo em termos de aprendizagem para os profissionais se comparados com a oferta de trabalhos na esfera local. Para alguns dos seus engenheiros, a localização da firma na cidade de San Carlos de Bariloche é outro atrativo particular em termos da qualidade de vida que oferece.

Em casos muito pontuais, a firma conseguiu atrair recursos humanos argentinos radicados no exterior, com uma importante trajetória acadêmica e que estavam interessados em voltar ao país. A empresa não tem incorporado profissionais estrangeiros em sua planta permanente e apenas tem contratado pessoal estrangeiro em casos de consultorias especializadas.

3.3.2.4.5. Salários e bônus de participação nos lucros

Um aspecto que diferencia significativamente a firma das demais empresas do seu setor de atividade é a estrutura de salários.

A empresa paga salários muito baixos em termos internacionais. Segundo dados da *Professional Engineer Income and Salary Survey* de 1999 da *National Society of Professional Engineers*, nos EE.UU., o salário médio anual das engenharias nuclear e aeroespacial/aeronáutica é de u\$s 88.050 e u\$s 76.692 respectivamente⁵⁴. Isto representa

⁵⁴ <http://www.eweek.org/images/16BAR2B99.jpg> (27/08/03)

salários mensais de engenheiros especializados de entre u\$s 7.737 e u\$s 6.391. De acordo com os dados da Federação Internacional de Trabalhadores das Indústrias Metalúrgicas, a hora de engenharia no setor aeroespacial é de u\$s 21,63 (fonte: *Bureau of Labor Statistics of the U.S. Department of Labor*) o que daria um salário mensal de u\$s 3.468.

Na firma analisada o salário médio é de \$ 2.200 dentro de um limite que varia de \$ 700, no mínimo, a \$ 5.000, no máximo⁵⁵. O salário médio da empresa, no valor atual do dólar, seria de u\$s 733, o menor, e o mais alto de u\$s 1.666. Ainda se considerarmos equivalentes o peso e o dólar, o salário mais alto da empresa não alcança a média do salário médio das engenharias especializadas do setor em nível internacional.

Assim, de um lado, a estrutura salarial nacional representa uma vantagem comparativa importante para a empresa. Mas, de outro lado, a referida estrutura não contou historicamente com franjas salariais pré-estabelecidas segundo uma categoria determinada de cargos. Inicialmente, o salário dos funcionários era um assunto cuja divulgação era proibida⁵⁶ e foi assim devido à concepção particular do primeiro Gerente Geral que avaliava a situação de cada funcionário para a definição de suas necessidades e, portanto, do seu salário. Esta política gerou situações em que um trabalhador que ocupava um cargo mais elevado na hierarquia possuía uma remuneração menor do que alguns dos funcionários que se encontravam em cargos menos destacados e daí a justificativa de manter o segredo.

Uma figura particular de inclusão dos funcionários na firma consistiu na criação de bônus de participação nos lucros. Cada funcionário da empresa é possuidor de um bônus e com isso adquire o direito à participação nos lucros. Este mecanismo foi se diluindo como incentivo econômico, funcionando apenas no período em que existiram condições financeiras favoráveis para a empresa, período este que teve curta duração. Porém, deu lugar à criação da Associação de Possuidores de Bônus, entidade que faz parte do

⁵⁵ No momento de realização das entrevistas, estes montantes em pesos eram equivalentes a dólares (período de vigência da conversibilidade, segundo a qual um peso argentino = um dólar norte-americano).

⁵⁶ No contrato de confidencialidade estabelecido para ingressar como funcionário estável, contrato usual em toda empresa de tecnologia, era incluído como um dos requisitos que o salário não poderia ser divulgado.

Diretório da empresa, a partir da designação de um membro representante dos trabalhadores.

Esta Associação não representa acionistas da firma, nem constitui uma representação gremial combativa de seus trabalhadores. Em termos gerais, tem uma atitude de acompanhamento das decisões da Gerência da empresa. Os bônus mencionados surgem com o objetivo de distribuir os lucros obtidos para a totalidade dos integrantes da firma. Isto mostra que a acumulação de lucros não se constituiu num fim em si mesmo para a direção da firma e que os funcionários não se viram frente a um “patrão capitalista” ao qual tivessem que se opor para defender os seus direitos.

3.3.2.5. O nível inter-institucional

A firma desenvolveu ao longo de sua trajetória uma importante capacidade para o estabelecimento de relações com diferentes instituições públicas e privadas. Em particular, o grau de interação com organismos estatais de P&D, com agências públicas e privadas de financiamento e com os departamentos de relações exteriores do Estado nacional tem sido fundamental para a sobrevivência da empresa. O vínculo com instituições de P&D foi desenvolvido a partir da análise da dimensão cognitiva que é o foco em função do qual foi analisado. As relações estabelecidas com o governo de Rio Negro⁵⁷ e os bancos públicos (Banco da Província de Río Negro e Banco da Província de Buenos Aires em particular) têm permitido à empresa contar com o aval requerido para contratos que não poderiam ser firmados em função do seu capital fixo⁵⁸. Por sua vez, as relações com a chancelaria são estimuladas permanentemente e a empresa tem oferecido cursos para o pessoal diplomático formado no Instituto do Serviço Exterior da Nação.

⁵⁷ O Governo da Província de Rio Negro tem comprometido fundos de co-participação e de aval através de uma lei *ad-hoc* que o autoriza a fazê-lo.

⁵⁸ A INVAP S.E. tem um capital de cerca de dez milhões de dólares e um faturamento médio de quarenta milhões, enquanto o contrato firmado com Austrália foi de cento oitenta milhões de dólares. Sem o aval patrimonial do Estado esta operação não teria sido possível.

3.3.3. A dimensão cognitiva

3.3.3.1. Circulação de informação e de conhecimentos intrafirma

A empresa foi criada por um grupo de pessoas com uma trajetória compartilhada no âmbito acadêmico. A radicação da empresa numa localidade que atualmente tem pouco mais de 100.000 habitantes e que no início dos anos 1970 – durante a primeira fase do desenvolvimento de sua trajetória – contava com cerca de 30.000 habitantes, fomentou um conhecimento ainda maior dos membros da firma devido à participação conjunta em atividades desenvolvidas fora do ambiente de trabalho. O conhecimento mútuo e a proximidade do grupo inicial geraram no interior da empresa uma comunicação de tipo informal muito fluida. Durante muito tempo todos os integrantes da firma se conheciam entre si e tinham acesso direto ao Gerente Geral.

A firma tem grande circulação interna de informação. A realização de reuniões *ad-hoc* para a resolução de problemas de natureza diversa é um costume arraigado na dinâmica de trabalho da empresa. Originariamente, as mensagens em papel e atualmente a Intranet e o correio eletrônico são ferramentas muito usadas para a comunicação cotidiana. Assim mesmo, as TIC's são utilizadas com clientes, fornecedores e pessoal da empresa no exterior.

As comunicações internas informais têm se intensificado entre as Gerências de Projetos e entre o pessoal de maior responsabilidade dentro de cada projeto. A conformação de equipes multidisciplinares para a resolução de problemas e a permanente interação dos quadros gerenciais e os líderes de grupo no interior de cada projeto fomenta a circulação de conhecimentos entre profissionais de diferentes formações disciplinares e com experiências diferenciadas pela sua participação em projetos de distintas áreas da empresa.

Um estilo de trabalho baseado na interação permanente se verifica na contínua realização de reuniões para debater os temas vinculados à execução dos projetos. O grande número de salas especialmente destinadas à realização de reuniões nos diferentes prédios da empresa pode ser considerado a manifestação espacial deste estilo de trabalho.

Esta modalidade de trabalho parece ser a contrapartida dos escassos mecanismos de codificação do conhecimento ao interior da firma e a predominância de conhecimento tácito nas operações de produção e circulação de informação ao interior da firma.

3.3.3.2. Aprendizagens interativas: relações com instituições estatais de P&D

A estreita relação da empresa com instituições de P&D públicas (historicamente a CNEA e mais recentemente a CONAE e a NASA) tem sido a principal via de obtenção de conhecimentos da empresa. Em particular, os fluxos de informação e conhecimentos com as instituições nacionais têm sido em ambos os sentidos e permanentes. Com a NASA, talvez menos previsivelmente, as informações e conhecimentos também foram intercambiados em ambos os sentidos:

“E às vezes era o contrário, nós lhes dávamos a informação, componentes novos que nunca tinham sido usados no espaço... e nos chamaram da NASA, e nos perguntaram como foi com o componente que nos disseram naquele ‘review’ que usaram no SAC- C” (Gerente da Área Espacial).

Diferentes modalidades de vinculação com estas instituições têm dado lugar a processos de aprendizagem interativos / *learning by interacting* (Lundvall 1988; Lundvall 1992). Dentre os principais mecanismos para a obtenção de conhecimentos externos com este tipo de instituições se encontram: mecanismos formais contratuais para a concretização de diferentes desenvolvimentos tecnológicos, relações informais que vinculam os membros das diferentes instituições e a cooptação de recursos humanos através de sua contratação (*learning by hiring*). Em particular, no caso da relação originária da firma com a CNEA, pode-se falar de processos de *learning by embeddedness*. Considerando que a firma iniciou seus trabalhos dentro da CNEA e com pessoal da referida instituição, as relações de simbiose entre ambas as organizações não permitem separá-las como duas entidades nitidamente diferenciadas em suas origens e durante grande parte de sua primeira fase como empresa.

Outras duas vias utilizadas para a obtenção de conhecimentos são: a participação dos profissionais das diferentes áreas de projetos em congressos e reuniões científicas e a

contratação de consultores para a resolução de problemas específicos. Mais freqüente, no entanto, é a capacitação de algum profissional ou técnico fora da empresa (sempre que se trate de uma aprendizagem relativamente curta e com um custo justificado) e a busca de informação através da literatura especializada. Em todos os casos trata-se de mecanismos utilizados pontualmente quando são necessários para levar adiante algum projeto em marcha, mas não se constituem numa prática de rotina da firma.

3.3.3.3. Aprendizagens interativas: relações usuário/produtor e produtor/fornecedor

A forma de vinculação com os clientes e o papel dos usuários na configuração dos conhecimentos, artefatos e sistemas gerados pela firma constitui um aspecto chave ao longo de toda sua trajetória.

No caso do desenvolvimento de reatores de experimentação, a participação dos futuros usuários é uma operação chave no desenho do equipamento e na definição dos parâmetros de prestações. Tanto no caso do reator egípcio, como no processo licitatório australiano é possível registrar uma intensa atividade de intercâmbio de mensagens e redesenho da engenharia de produto.

O contrato do reator para o Egito, de outro lado, deu lugar à realização de cursos de treinamento ao pessoal egípcio e incorporação de alguns deles nos grupos argentinos para participar do seu desenvolvimento. Isto foi considerado parte do processo de ‘transferência de tecnologia’ ao cliente e um dos principais argumentos de venda no caso de clientes com menor capacitação técnica. Conforme os responsáveis desse projeto, este intercâmbio permitiu não só determinar os parâmetros e prestações fundamentais, senão qualificar ao próprio usuário a fim de que pudesse definir suas necessidades e demandas com maior precisão. Este processo interativo, de outro lado, foi diferente no caso australiano. Embora os potenciais usuários apresentassem demandas mais definidas (aparecendo *a priori*, como mais qualificados) revelaram ao longo do processo licitatório

que desconheciam algumas limitações e potencialidades das alternativas tecnológicas disponíveis.

Esta forma de *teaching by interacting* constitui, de fato, uma vantagem competitiva. Um dos aspectos que, de acordo com os membros da empresa, definiu a licitação a seu favor, foi sua flexibilidade para se adequar às demandas do cliente (frente à rigidez dos demais ofertantes de maior trajetória e tamanho) e sua permeabilidade às sugestões e especificações incrementais. Além disso, dado o tipo de produtos comercializados, a interação usuário/produtor tende a minimizar o risco de insatisfação do cliente/usuário:

“...os requerimentos não costumam estar com as especificações detalhadas. Ao passar a primeira etapa do desenho, se há capacidade do cliente para trabalhar, aí o jargão nosso é ‘team integrado’ [...]. Sentado com uma equipe nossa é que tomamos consciência de todas as coisas que ele (o cliente) quis colocar no requerimento mas não conseguiu por falta de linguagem. Todas as coisas que são soluções e que são muito melhores, mas que ele não conhecia, lhe permitem reformular um pedaço e até baixar o preço, porque faz algo, um pedaço mais barato...” (Gerente da Área de Novos Negócios).

A interação com os fornecedores participa da mesma lógica de aprendizagem por interação, tanto no que refere à vinculação com as empresas satélites da firma, como na geração de fornecedores locais ou, ainda, nos processos nos quais aprendizagens por interação se combinam com *learning by buying*:

“... necessitávamos um aparato especial que levava uma fonte fria que trabalha com deutério à temperatura muito baixa, muito próxima do núcleo. Para isso não tínhamos experiência específica dentro da INVAP, pois no país nunca foi feito um reator com uma fonte deste tipo. Necessitávamos trabalhar com gente experimentada e buscamos um laboratório russo. Um grupo extraordinário, uma capacidade reconhecida em nível internacional, acadêmicos que estão na liderança do campo, mas russos.” (Subgerente da Área Nuclear).

3.3.3.4. Estilo de produção de conhecimentos: re-significação de tecnologias, reutilização de capacidades, regime transversal de produção de conhecimentos

A forma de intervenção tecnológica da firma se caracteriza por uma aplicação intensiva de operações de re-significação de tecnologias. Isto implicou o desdobramento de uma dinâmica de ‘aprendizagens cruzadas’: o que se aprende num campo é aplicado posteriormente em outro. E mais, na raiz da forma de gerar inovações encontra-se a prática de re-significação de tecnologias:

“... por exemplo, o caso da Planta de Esponja. O processo foi desenvolvido originalmente pelo Bureau Of Mines de USA em 1949/50. Posteriormente, franceses e indianos o implementaram. Na literatura existiam amplas referências. Nós implementamos o processo efetuando uma mistura de soluções americanas com soluções indianas adaptando-las às disponibilidades de materiais e insumos existentes na Argentina” (Director do projeto de enriquecimento de urânio).

No caso particular do desenvolvimento do projeto do satélite, os responsáveis consideraram que a produção de satélites não se diferenciava substancialmente da de reatores nucleares: respondem aos ‘mesmos’ parâmetros de segurança, similares níveis de qualidade, e rotinas e práticas de verificação de *blue prints*. Para eles, a capacidade acumulada previamente foi ‘suficiente’ para o novo desafio produtivo:

“...nós estávamos convencidos sempre de que a diversificação de aplicações de tecnologia derivada de um germe nuclear é reorientável, agregando-lhe o conhecimento específico da aplicação que, no caso espacial, estava muito próximo e que não é muito diferente...” (Gerente da Área Espacial).

Isso não significa que não houvesse criatividade nas operações envolvidas. Não se trata de aplicar os mesmos conhecimentos em condições diferenciadas de maneira mecânica:

“... há algumas coisas onde o senso comum falha, que não são transferíveis de um lugar para outro e hoje em dia ainda tem que parar para pensar e atar cabos em função do que está calculando: se para a área espacial ou para a área nuclear porque, para se ter uma idéia o núcleo do reator do Egito gera vinte-e-dois megawatts e o SAC-C dissipa 200 watts... no reator tem sessenta graus e é muito difícil fazê-lo mudar de sessenta para quarenta graus porque está dentro da água. No outro tem que cuidar para que não chegue a oitenta, noventa, para que os componentes não sejam queimados. Então aí há ordens de magnitude muito diferentes e que custa adaptar, custa pensar que 200 watts te produzem um problema

térmico, são duas lampadinhas um pouco grandes, e que não assustam ninguém. Na área espacial é diferente, quando você trabalha com uma placa, uma plaqueta eletrônica, começa a olhar se a plaqueta tem um watt, dissipa um watt, dois watts já é muito, já tem que começar a pensar em pôr dissipadores especiais ou fazer algum desenho, se assegurar que tenha algum plano de cobre onde dissipar ou algo do gênero porque se não se queima, se não chega a mais de cem graus, aqui na terra uma plaqueta de dez watts é comum... Claro, então aí temos uma ordem de magnitude muito distinta onde o 'feeling' que você ganhou numa área não pode ser aplicado diretamente à outra, isso é o único” (Técnico do grupo de modelização).

A reutilização dos conhecimentos pode ser vista também no âmbito da aplicação de tecnologias organizacionais. Assim, a transferência das práticas de gerenciamento da qualidade utilizadas na área nuclear foi um dos *know how* dominados previamente que facilitaram a incorporação da área espacial como novo foco de atividades. Da mesma maneira, as metodologias de trabalho utilizadas na área espacial, a partir da interação com a NASA, foram posteriormente incorporadas ao setor de atividades nucleares. A fluida comunicação intra-organizacional atuou em forma sinérgica, impedindo a geração de conhecimentos locais que se transformassem em segredos estruturais com relação a outras áreas da empresa.

Também é possível perceber a re-significação no plano dos atores. Um dos responsáveis da Área Espacial, por exemplo, teve originalmente uma formação disciplinar como físico teórico. Posteriormente, dedicou-se a alguns aspectos da física aplicada participando do projeto de desenvolvimento da planta de urânio enriquecido. Depois, formou parte da equipe de desenho de reatores de experimentação e mais tarde foi alocado na Área Espacial. Apenas um, entre os diferentes responsáveis de tarefas da área, tinha tido experiência prévia neste terreno.

Longe de apegar-se a especialidades discretas, a maioria dos profissionais expressa com orgulho a multiplicidade de tarefas desenvolvidas em diferentes projetos ao longo de sua história:

“...começou a trabalhar na indústria do petróleo acho que na Shell ou Esso em algumas das refinarias sobre o rio Paraná, entrou na CNEA, especializou-se em metalurgia física, sobretudo em metalografia, coisa mais longe da indústria petrolífera não se pode imaginar... Quando veio para cá, em pouco tempo passou a desenvolver compressores e agora voltou a fazer análise de falhas que é o que ele

gosta. Ou seja, é outro exemplo de reciclagem muito rápida do conhecimento.” (Diretor do projeto de enriquecimento de urânio).

É de se notar a flexibilidade que o pessoal de P&D da empresa tem para assumir diferentes funções técnicas de maneira simultânea. Normalmente, as firmas dedicadas ao sector aeroespacial são empresas (ou divisões de grandes empresas) hiper-especializadas, com uma dotação de pessoal qualificado em termos disciplinares. A INVAP S.E., porém, não tomou novo pessoal técnico para a realização dos projetos, mas sim realocou funções entre seus pesquisadores e engenheiros disponíveis:

“À medida que vão aparecendo coisas, a gente é imediatamente redirecionado. A área espacial é tão grande e tão complexa que, depois, nos permite fazer muitas aplicações.” (Subgerente da Área Espacial).

A atividade de produção de conhecimentos na INVAP S.E. caracteriza-se pela presença dominante de um regime transversal em que as diferentes disciplinas e formações originárias de cientistas e engenheiros se flexibilizaram, se redesenharam e se subordinaram a um objetivo técnico-produtivo concreto:

“...reorientar o conhecimento que você tem, multidisciplinar, numa determinada direção, isso é a essência do que a INVAP faz” (Gerente da Área Nuclear).

Embora isto pudesse ser explicado, ao menos em parte, pela própria natureza do conhecimento na área inicial de atuação da firma, a nuclear – *“...não há uma ciência nuclear, há bons físicos, bons químicos, bons matemáticos, bons engenheiros...”* (Subgerente Geral) –, é a própria dinâmica de trabalho da firma que induz efetivamente à superação das fronteiras disciplinares:

“...a habilidade da INVAP é por todas essas disciplinas juntas porque quando se tem que fazer o desenvolvimento de algo complexo, esse desenvolvimento geralmente não obedece a uma disciplina única e, além disso, não reconhece se você consegue ou não consegue se entender com todas as disciplinas. Precisa delas, mas precisa de maneira colaborativa, de maneira que tenha uma sinergia de todas essas disciplinas distintas e se não se consegue isso, não se vai gerar esse produto...” (Gerente da Área Espacial).

Alguns profissionais da firma desenvolvem tarefas como docentes universitários (por exemplo: no Instituto Balseiro, dependente da CNEA, na Universidade do Comahue, no Instituto Superior Patagónico), mas restringem sua atividade de pesquisa aos

desenvolvimentos tecnológicos vinculados à produção na empresa. É de notar, neste sentido, que do corpo de 194 profissionais registrados no ano 2001, apenas 12 possuem título de doutor (nove em Física, um em Engenharia Aeronáutica, um em Engenharia Nuclear e um em Engenharia Aeroespacial).

De fato, os atores entrevistados destacaram, com unanimidade, a incompatibilidade de suas funções com: a) a realização de pesquisas ‘básicas’ e b) a manutenção das especializações disciplinares como áreas de competência excludentes na divisão técnica do trabalho: *“Nós pedimos, fazemos com que todos circulem pelos diversos setores, o cara que faz software... aqui já quase não tem somente software.”* (Gerente da Área Espacial).

3.3.3.5. Tipo e operatória da produção de conhecimentos dominante: conhecimentos genéricos e dinâmica *problem solver* para a geração de soluções não standardizadas “à medida do cliente”

Os cientistas e engenheiros da *INVAP S.E.* puseram em prática uma série de conhecimentos genéricos para desenhar e produzir artefatos e sistemas. Estes processos cognitivos podem ser explicados por duas vias: a) a extensão de conceitos de um campo de conhecimentos tecnológicos a outro, ou b) a aplicação de conhecimentos básicos a mais de um campo de aplicação⁵⁹. Isto parece ter sido possível por dois motivos: a existência de uma trajetória de acumulação de competências e o desdobramento de um estilo sócio-técnico baseado em operações de re-significação de tecnologias. É o que afirmações como as seguintes parecem confirmar:

⁵⁹ Como exemplo cabe mencionar que o processo de enriquecimento de urânio precisa de uma extensa utilização de sistemas de produção de vácuo e a experiência obtida nesse tema permitiu o desenho e a produção de um equipamento de liofilização – desidratação a frio em condições de vácuo – construído durante a Fase IV. Como neste caso, diferentes aprendizagens permitiram ir ampliando a gama de produtos da empresa.

“a análise sísmica das centrais nucleares, a central do Egito, por exemplo, e o reator do Argélia, foram calculados sísmicamente dentro do grupo e, para isso foram usados programas de elementos finitos, que é um programa padrão utilizado para cálculo estrutural geral, e o problema que você tem num satélite é de vibrações, fundamentalmente, as vibrações que tem o lançador no momento do lançamento; vibrações e a aceleração do lançador. Esses problemas são bastante similares ou bastante assimiláveis a um problema sísmico, que é a vibração de uma estrutura digamos” (Técnico do grupo de modelização).

Na base desta dinâmica encontra-se a prática de leitura de *papers* orientada, fundamentalmente, não visando à atualização disciplinar, mas à busca de soluções tecnológicas adequadas (ver Box N° 2):

“... certamente mais da metade, setenta por cento [do conhecimento necessário para o desenvolvimento de um dos satélites] era conhecimento aplicável diretamente da área nuclear ou do desenvolvimento do contêiner de material radioativo ou de outros trabalhos [...] meu primeiro trabalho espacial foi fazer um pré-cálculo térmico de um satélite em 1987 e foi uma apresentação frente à NASA para conseguir uma ‘joint venture’ que, ao final, não se conseguiu. Ele foi feito sem interação com a NASA, sem interação com ninguém, pegamos um par de livros e um par de manuais e fizemos o trabalho. Custou porque havia um monte de problemas novos que tivemos que aprender nos dando contra a parede, mas fizemos sem interação com o exterior, ou seja, isso corrobora que o ‘background’ que havia era suficiente. Faltava, evidentemente, construir toda a parte de vácuo, de radiação, de códigos... mas massa crítica havia” (Técnico do grupo de modelização).

A produção da empresa está orientada, em linhas gerais, por desenvolvimentos de tecnologia de produto, em séries muito reduzidas ou de exemplar único, em uma dinâmica *problem solver* diretamente vinculada com a presença de um regime transversal de conhecimentos (ver Box N° 2):

“... ‘problem solver’ é nosso enfoque, e a aproximação que usamos para resolver problemas é um enfoque multidisciplinar.” (Gerente da Área Espacial).

As funções de *searching* e *exploring* de conhecimentos científicos e tecnológicos estão destinadas ao levantamento de conhecimento útil – em tempo limitado – pertinente para o desenvolvimento e melhoria dos componentes de equipamentos e sistemas gerados pela firma.

Talvez um dos aspectos mais destacáveis desta operacionalidade é aquele que um dos responsáveis da Área Espacial denominou ‘manejo organizado de incerteza’. A INVAP

S.E. gerou capacidade de organizar equipes de trabalho em temas novos para atacar problemas que desconhecia. Por trás desta capacidade chave se encontra uma tradição de análise tecnológica, afirmada numa trajetória de contratações para a realização de protótipos e a produção de exemplares únicos (uma tradição diferenciada da acumulação de competência própria da produção em escala) (Hobday 1998).

Os membros do corpo gerencial da firma destacam recorrentemente que a *INVAP S.E.* se orienta à produção de tecnologias ‘à medida do cliente’. A natureza dos produtos desenvolvidos (em particular, reatores de experimentação e sistemas de satélites) torna necessário este tipo de desenvolvimento *taylor made*, dado que não se trata de produção em série, mas sim da execução de projetos de alta complexidade, intensivos em conhecimento.

O desenvolvimento desta prática tem resultado numa vantagem competitiva. A adequação dos artefatos produzidos para atender a demandas pontuais dos clientes constitui para a firma uma das ferramentas mais importantes utilizadas frente aos seus competidores de maior tamanho que, por ter uma trajetória mais estendida ao setor e uma organização concebida para a produção em série, oferecem produtos relativamente mais estandardizados.

Talvez por esta razão, embora paradoxalmente tendo em conta a utilização de conhecimentos genéricos e reutilização de capacidades adquiridas, a empresa não tenha desenvolvido a noção de “família de produtos”. Há poucos projetos derivados e cada produção é única (por exemplo, a planta de liofilização o é) e, inclusive, cada componente interno dos produtos (por exemplo, cada instrumento do satélite o é). As duas únicas “produções em série” da empresa são: a de equipamentos médicos, que adquiriu autonomia com relação ao resto da empresa, inclusive em termos de localização e direção, e a produção dos anéis de fechamento da Planta Atucha que são peças com um custo unitário elevado.

BOX Nº 2 – DESENVOLVIMENTO DAS CÂMERAS ÓPTICAS PARA SATÉLITES

As “cargas úteis” fundamentais do SAC-C são suas três câmeras ópticas (formalmente, radiômetros, já que medem em várias bandas espectrais a radiação emitida pela Terra). Elas são:

1) MMRS (*Multispectral Medium Resolution Scanner*), diurna e em cores “lê” o terreno que passa sob o satélite em imagens de até 360 km de distância (175 em alta definição) e em cinco bandas ou “cores”. As imagens da câmera MMRS são a matéria prima fundamental que produz o SAC-C para o campo e o meio ambiente argentino.

2) HRTC (*High Resolution Technical Camera*) diferentemente da MMRS, que “lê” as coisas em cinco cores, a HRTC é pancromática, ou “branco e preto”: detecta a luz entre o violeta (400 nanômetros) e o vermelho (900 nanômetros) distinguindo só intensidades da iluminação. Comparada com a MMRS, a HRTC tem um campo muito mais estreito (só 90 km de distância). Sua utilidade aparece quando combinada com a MMRS porque serve para “afinar-lhe a vista”. Se a MMRS vê objetos de 350m ou mais na sua baixa definição e de 175 na sua melhor definição, quando se lhe superpõem os dados da MMRS, pode individualizar objetos de até 35 metros. Uma típica chácara pequena da Pampa Húmeda Argentina, de 200 hectáreas, pode dar sob a HRTC uma imagem de 1632 píxeles.

3) HSTC (*High S Technical Camera*) é noturna e de varrido amplo, feita propositalmente para não perder o voo sobre sombras: é uma câmera de quadro bastante amplo (“lê” uma tira de 700 km de terreno) e com sensibilidade de bandas que vão desde a luz verde ao infravermelho próximo (450 a 850 nanômetros). Esta câmera permite localizar um foco incipiente de incêndio numa zona perfeitamente obscura para uma câmera comum, aparecerá um píxel brilhantemente iluminado de luz infravermelha invisível para o olho. Também permite medir o uso de iluminação nas cidades, para poupar energia, vigiar as tormentas elétricas e estudar as auroras polares. A câmera HSTC noturna é pancromática: registra em banda contínua de 450 a 830 nanômetros, do azul ao infravermelho próximo e com uma sensibilidade mais ou menos similar sobre todo esse limite.

A história do desenvolvimento das câmeras óticas para satélites é um bom exemplo da dinâmica *problem solver* orientada ao cliente com que opera a empresa e da forma que a aquisição de conhecimentos é construída no interior da firma. “*Apareceu a demanda da CONAE e então houve que... a demanda era específica, se tratava de óptica, então... pegamos os livros... O que eu tinha aprendido no Instituto (Balseiro), era nada... Uma coisa muito básica. Bom, sabia óptica geométrica e tinha aprendido sobre óptica física, a teoria eu conhecia. Nos laboratórios do Instituto tinha feito um par de práticas de óptica.*” (Responsável do setor de óptica da Área Espacial). “*Nos orientamos com livros e revistas. Não, visto câmeras pessoalmente não, mas sim ver câmeras que estão voando, ou que têm sido publicadas, então você pode por aí ver um desenho, por exemplo, essas coisas sim.*” (Responsável do setor de óptica da Área Espacial).

Também exemplifica a capacidade dos recursos humanos com que conta a empresa para reorientar suas atividades, diluindo as fronteiras disciplinares de suas formações de origem. A equipe que se dedicou a introduzir a área de ótica na empresa se conformou a partir de três pessoas, um físico teórico responsável e dois técnicos químicos como colaboradores.

3.3.3.6. Patentes e apropriabilidade dos conhecimentos

O tipo de conhecimentos com que trabalha a empresa não se adquire mediante a compra de licenças: tanto na área nuclear como na espacial as patentes não constituem um mecanismo útil para a proteção das inovações. A contratação de recursos humanos com experiência em empresas competidoras dentro dos seus setores de atividade tampouco é um mecanismo utilizado pela firma para a incorporação de novos conhecimentos. Os baixos salários em termos internacionais que tem a firma praticamente descartam esta última possibilidade. Daí que a capacidade de absorção de conhecimentos externos é a principal e mais desenvolvida habilidade da firma. A experiência adquirida na segunda fase de sua trajetória sócio-técnica durante a realização de desenvolvimentos secretos na área nuclear fomentou o desenvolvimento desta capacidade de absorção. A referida fase efetuou um importante treinamento na criação e aquisição de conhecimentos baseada em desenvolvimentos *in-house* de partes de produtos e das equipes de trabalho que foram necessárias para os diferentes projetos.

Nas áreas técnicas em que a empresa compete há uma grande quantidade de informação criada pelas comunidades científica e tecnológica. Os engenheiros da empresa estão constantemente atualizando seus conhecimentos através de revistas e de literatura especializada. A apropriabilidade de conhecimentos na área nuclear não é muito alta, mas tampouco é baixa. Porém, se o conhecimento necessário para gerar um reator é de difícil aquisição, uma vez que o produto é lançado ao mercado torna-se muito fácil de ser copiado através de engenharia reversa⁶⁰. Daí que a capacidade de absorção desenvolvida pela firma foi fundamental para superar, mediante inovações, o que estava disponível no mercado.

No caso dos satélites, a apropriabilidade do conhecimento é grande dado que, uma vez desenhado e construído, o satélite é enviado ao espaço. Só o pequeno grupo de engenheiros participante fica com o conhecimento adquirido para sua construção. Neste caso, a experiência de desenho e desenvolvimento *in house* são as maiores vantagens da empresa.

⁶⁰ Ainda quando há algumas tecnologias ou componentes que podem ser patenteados, o que conta é a arquitetura ou a integração do conjunto como sistema, o que não é facilmente patentável.

A empresa tem uma grande capacidade de criar *know-how*, mas não tem a propriedade de seus principais produtos porque são desenvolvidos para agências estatais que detêm a propriedade do desenho. Para a obtenção de tecnologias complementares ela procura se associar a empresas ou instituições que as possuam.

Outras razões que fazem com que o uso das patentes seja descartado pelos membros da firma é o custo de sua manutenção no âmbito internacional e também a imagem de que os competidores são empresas maiores e que em qualquer litígio ganhariam por ter mais recursos para custear a parte legal do conflito. A quase inexistência de patentes na empresa reflete também a pequena preocupação com o assunto por parte dos seus integrantes, que reconhecem seu histórico desinteresse na publicação e o patenteamento dos seus desenvolvimentos⁶¹.

3.3.4. A dimensão espaço-territorial

3.3.4.1. O espaço entendido a partir de uma análise meso/macro

A cidade de San Carlos de Bariloche, lugar onde está a sede central da empresa, localiza-se na beira do lago Nahuel Huapi sobre a cordilheira dos Andes e tem sido historicamente um destino turístico da Argentina. Conforme o Censo de População de 2001 (*INDEC* 2002), a cidade conta com 89.092 habitantes e chega a um total 109.826 se tomado como jurisdição o Departamento. O distrito de Bariloche é considerado hoje em dia um importante pólo científico-tecnológico. Devido a uma particular história que se remonta à construção de um laboratório de ensaios de energia atômica em fins da década de 1940, conhecido como o “Projeto Huemul” (Mariscotti 1996), a zona recebeu a radicação de importantes instituições de P&D, estando entre as que se destacam o *CAB* da *CNEA* e mais tarde o *INTA*, a *Fundación Bariloche* e o *Centro Regional Universitario Bariloche* (*CRUB*) dependente da Universidade Nacional do Comahue. Hoje em dia

⁶¹ A firma conta com apenas um advogado em seu quadro de pessoal.

Bariloche ostenta a maior concentração territorial de pesquisadores de jornada completa do país. A taxa de pesquisadores é de cerca de 14 por cada mil integrantes da PEA, contra a média nacional de 1.68 para o ano 2004 (*SECYT* 2005).

A distância que separa a Cidade de Bariloche dos principais centros urbanos do país e as desvantajosas condições climáticas que representam os longos períodos anuais de chuvas, neve, fortes ventos e baixas temperaturas, geraram uma mística particular entre seus habitantes associada ao espírito de “pionerismo”. Isto está presente na auto-representação dos integrantes da firma. A história dos primeiros projetos da empresa é ainda revivida por seus protagonistas como uma odisséia. Porém, a distância e o relativo isolamento (as comunicações com Buenos Aires na época da instalação da empresa eram dificultosas e dependiam de uma antena de rádio que nem sempre funcionava) não foram fatores que impediram o desenvolvimento dos projetos.

O horizonte espaço-temporal das duas primeiras fases da firma refere-se às esferas local e nacional e, a partir de sua criação como empresa, aos prazos impostos pelos planos estatais de desenvolvimento dentro do setor nuclear. A estratégia de produção esteve guiada pela construção de uma rede de fornecedores locais conformados centralmente por empresas nacionais. Os mercados externos não estão presentes, salvo para a obtenção de alguns insumos fundamentais para a concretização das atividades. O mencionado segredo do projeto principal de sua primeira fase como empresa e a impossibilidade de obtenção de conhecimentos existentes, dado o caráter “sensível” das tecnologias desenvolvidas, explicam, em parte, o motivo pelo qual uma localização que, em princípio, poderia ser considerada desvantajosa não tenha operado negativamente, muito pelo contrário, parece ter se constituído num componente a mais na conformação do ‘espírito de corpo’ que consolidou a autoconfiança do grupo dirigente da firma.

A idéia de que os processos políticos e as turbulências sociais que atravessaram e atravessam a sociedade argentina chegam “apaziguados” à região, estão presentes no momento de explicar o porquê da estabilidade, continuidade e dedicação com que são desenvolvidas tarefas de P&D em Bariloche (Spivak L'Hoste 2003). A continuidade e a

estabilidade institucional da *CNEA* correspondem aos fatores institucionais que explicam de maneira complementar este fato.

O horizonte espaço-temporal da firma durante as duas segundas fases de sua trajetória, amplia-se paulatina e crescentemente em diversos sentidos. A empresa não só aumenta progressivamente sua capacidade de conexão com outros atores tecnológicos (empresas fornecedoras, clientes, organismos públicos de P&D etc.), através do uso crescente das TIC's⁶², como seus horizontes comerciais começam a incluir mercados internacionais até o momento desconsiderados. A obtenção de contratos importantes no exterior leva em dois dos casos a abrir novas sedes fora da Argentina (Egito e Austrália), mas com um número mínimo de pessoas – entre 3 a 6, chegando a 9 no caso da venda do reator Australiano no momento de realização da obra. Assim mesmo, a estratégia orientada à redução de custos e à construção de alianças estratégicas para a obtenção de novos negócios, supôs a ampliação da rede de fornecedores em âmbito internacional.

O passo para a ocupação de um espaço no mercado mundial visando ampliar o horizonte de possíveis negócios é dado, porém, a partir do reforço da identidade local como uma “marca de origem”. Frases como: “*INVAP: Tecnologia Argentina, de Bariloche para o Mundo*”, utilizadas em folhetos publicitários da firma refletem este fato que, além do mais, é transmitido no discurso dos integrantes da firma. Neste sentido, merece destaque a capacidade da empresa de ampliar seus horizontes de operação partindo de um espaço sócio-técnico-territorial distante dos principais centros de negócios tanto nacionais como internacionais, o que, em princípio deveria implicar uma desvantagem para a realização de produções tecnológicas com alto valor agregado⁶³.

⁶² Atualmente Bariloche conta com uma importante rede de comunicações e empresas em condições de mantê-la e de realizar todo tipo de serviços de software e de conectividade na Internet.

⁶³ Ainda hoje Bariloche continua sendo uma cidade pequena, com um tecido produtivo dependente dos grandes centros urbanos provinciais e nacionais e os indicadores favoráveis em termos de, por exemplo, quantidade de pesquisadores em relação à PEA; concentração de instituições de P&D e de instituições de ensino superior são relativizados se a consideração é realizada em termos absolutos dentro do conjunto nacional. Segundo dados do ano 2000, o total de pesquisadores, bolsistas e técnicos de dedicação integral da Província de Río Negro representa o 1,88% do total nacional.

3.3.4.2. O espaço no nível de análise micro ou intrafirma

Devido sua origem vinculada ao Programa de Pesquisa Aplicada, a empresa começou funcionando nas instalações do Centro Atômico Bariloche. Suas instalações foram evoluindo paulatinamente até chegar a ter atualmente 12.000 m² de escritórios, laboratórios e oficinas distribuídos em 12 prédios dentro da mesma cidade. As sedes incluem várias ex-hospedarias reformadas e um prédio antes pertencente à Fundação Bariloche, que foram sendo adquiridos ou alugados conforme as necessidades de expansão da empresa. A isso se somam as oficinas e as instalações destinadas à produção de equipamentos médicos em Buenos Aires. Em nenhum momento o gasto com infraestrutura de edificações foi prioritário para a firma, nem previa o desenho e a construção de novos prédios⁶⁴. Na sua maioria, as instalações da empresa são alugadas e não foram desenhadas especialmente em função das necessidades de operação da firma.

Assim, diferentes práticas de re-significação de espaços marcam o processo operacional da firma. Estas práticas são observadas no uso de prédios e instalações que foram destinados a múltiplos propósitos antes de sua compra/aluguel e também ao longo da história da firma:

“...os laboratórios de Villa Golf tinham aspecto de laboratórios convencionais e foram se adaptando às distintas atividades ... onde agora se desenhavam câmeras para satélites e são vistas esferas de luminosidade do espaço externo, eram fabricados monitores de pés, mão e roupa, ou seja, monitores para detectar contaminação superficial quando saem das zonas controladas das plantas de fracionamento de radioisótopos das áreas restringidas de centrais nucleares. Bom, aí mesmo eles eram montados em pequenas séries, isso foi mudando e, depois, aí foi desenvolvido o software de navegação do SAC-C... e agora essa zona foi remodelada para desenhar as câmeras... o mesmo quarto limpo; o quarto limpo era um galpão e, bom, foi se modificando e agora tem-se um quarto limpo de qualidade NASA e que por fora se mantém.” (Gerente de Relações Institucionais)

Só para insistir em um dos exemplos, para a montagem dos satélites se utilizou o mesmo quarto limpo empregado para a montagem preliminar dos sistemas e salas de controle dos reatores nucleares de experimentação construídos previamente.

⁶⁴ Só neste último ano, depois de 30 anos de existência, a firma começou a construir uma sede própria onde se reunirão todas as áreas da empresa.

A “inovação” em termos do aproveitamento de espaços antes utilizados para outros destinos, também pode ser visualizada na dinâmica cotidiana do trabalho. Os prédios de ex-hospedarias com grande quantidade de habitações onde se encontram as instalações das diferentes Gerências da empresa, por exemplo, têm sido acondicionados de tal modo a gerar múltiplas salas de reuniões e, inclusive, os laboratórios requeridos para se levar adiante as tarefas de experimentação.

Desta maneira, os “custos afundados” em infraestrutura (maquinaria, laboratórios, instalações e equipamentos) que constituem um fator de rigidez para muitas empresas grandes do setor são minimizados neste caso pelo que se poderiam denominar “instalações flexíveis” ou “multiuso” da firma. A existência de sedes múltiplas independentes e a capacidade de reutilização adquirida fornecem uma grande flexibilidade organizacional para empreender novos projetos ou deixá-los, sem a conseqüente imobilização de capital fixo com pesados custos.

3.3.5. A dimensão ideológica

As idéias que guiaram as ações dos gestores da firma foram mudando ao longo de sua trajetória sócio-técnica. É possível registrar modificações na autopercepção do empreendimento que modelam diferentes interpretações sobre as alternativas possíveis com relação aos potenciais clientes e fornecedores, a sua relação com o Estado, ao desenvolvimento de tecnologias *in-house* ou à compra destas no mercado local ou internacional etc.. Estas mudanças supõem rupturas, mas também continuidades e/ou re-significações com relação às idéias que estiveram vigentes durante as diferentes fases.

Identificamos, a partir do discurso dos atores, três momentos que poderiam ser caracterizados como ideologicamente diferenciados. A seguir são apresentadas as principais características de cada um deles.

3.3.5.1. 1º. Momento (1971/84 – Fases I e II) Tecno-nacionalismo Estado-dependente

O ambiente intelectual da época de formação da empresa *INVAP* do qual fez parte o corpo gerencial da firma, esteve orientado pela ideologia de grupos tecno-nacionalistas de sua instituição de origem -a *CNEA*- e da Fundação Bariloche⁶⁵. Em particular, as idéias que promoveram a política de geração de conhecimentos e a transferência ao setor produtivo da *CNEA* fazem parte da constituição ideológica dos principais membros da firma.

A *CNEA* esteve associada à missão estratégico-militar de obtenção de autonomia nacional em matéria nuclear, mas também somou entre seus objetivos o desenvolvimento da indústria metalúrgica nacional, a geração de energia e mais tarde a operação de plantas nucleares. A referida instituição caracterizou-se por ter conseguido uma grande estabilidade institucional comparativamente aos demais organismos públicos de P&D nacionais e por levar adiante uma política coerente de formação de recursos humanos.

Durante as duas primeiras fases de desenvolvimento, a percepção que os integrantes da firma possuíam era a de que ela era o “instrumento” ou a “mão direita” ou o “braço executor” do Estado no setor nuclear. A firma pode ser interpretada como produto da ideologia dos setores militares que viam no desenvolvimento da área nuclear uma questão estratégica. Porém, levando em conta a ideologia e as características dos seus fundadores é mais adequado compreendê-la como o resultado do projeto tecno-nacionalista de grupos civis – também nesse momento integrantes da *CNEA* – que viam no desenvolvimento tecnológico autônomo um ideal político condizente com a autodeterminação necessária para a construção de uma nação livre e soberana.

As reflexões da época em torno da aquisição de tecnologia se enquadram na discussão do tema da dependência e geram um corpo de pensamento (PLACTS) que analisa o problema da mudança tecnológica e das políticas científicas e tecnológicas em

⁶⁵ Debates em torno das atividades de pesquisa e de transferência de tecnologia eram comuns tanto nos grupos da *CNEA* vinculados ao Departamento de Metalurgia, a cargo de Jorge Sábato, como no grupo de pesquisadores e intelectuais vinculados ao Programa de Transferência da Fundação Bariloche que foi desenvolvido entre os anos 1968 e 1976.

termos de sua capacidade para alcançar o objetivo de gerar um desenvolvimento autônomo. Essa influência foi refletida tanto nos valores que guiaram as ações dos que criaram a *INVAP* e conformaram seu *staff* originário (busca permanente do alcance de uma capacidade autônoma no manejo da tecnologia utilizada⁶⁶), como nos aspectos organizacionais da empresa que buscaram refletir esses valores. Neste sentido, cada projeto foi concebido como um PT (“pacote de tecnologia”), denominação tomada do pensamento de Jorge Sábato e que de fato funcionava como um ideograma que vinculava suas idéias à organização interna do trabalho na empresa.

O grupo fundador percebeu o empreendimento como a continuidade das tarefas que realizavam no interior do Estado. Os objetivos explícitos de criação da empresa e o fato dela se constituir como uma sociedade estatal mostram esta condição. Assim, os fundadores visualizaram suas ações como uma contribuição aos interesses da nação, antes do que seus interesses pessoais ou ligados à obtenção do lucro empresarial. Desta maneira, a empresa nasceu como uma organização orientada a responder tanto ao bem-estar da população, através da geração de empregos, como ao fortalecimento da indústria local, mediante a criação de demanda por parte dos fornecedores especializados e a transferência de tecnologias. E seus integrantes consideram a superação dos desafios tecnológicos como a maneira de cumprir a referida missão.

A firma cumpre com algumas das características do que Jorge Sábato denominou “fábrica ou empresa de tecnologia”. Sábato definiu este tipo de empresas a partir da missão de “encontrar soluções adequadas aos problemas tecnológicos de seus clientes” (Sábato e Mackenzie, 1982:116). No marco do seu pensamento tecno-nacionalista, a empresa de tecnologia é postulada como um instrumento de política para a obtenção da autonomia em matéria tecnológica. Conforme o autor, a tarefa de criar “pacotes tecnológicos” adaptados às necessidades do cliente, constitui uma modalidade especialmente adequada para contextos subdesenvolvidos dado que permite criar tecnologias adaptadas às dotações de fatores e recursos locais.

⁶⁶ “... saber manejar a tecnologia significa saber definí-la nos termos mais adequados e convenientes aos objetivos propostos, saber produzi-la com seus próprios meios, saber escolhê-la do *stock* presente (próprio ou alheio) e, finalmente, saber empregá-la na realidade sócio-econômica existente.” (Sábato 1980).

Em termos de sua conformação ideológica, destaca-se que *a origem* da empresa, relacionada ao desenvolvimento da tecnologia de enriquecimento de urânio, gerou uma forma particular de relacionamento entre os seus integrantes. O segredo, no marco do qual se desenvolveu o projeto, recriou uma mística particular associada ao denominado “misteriômetro”. O termo aludia ao conjunto de nomes fictícios utilizados para designar produtos e processos vinculados ao desenvolvimento do projeto, que impediam que as características do empreendimento fossem conhecidas publicamente⁶⁷.

A existência deste jargão interno fortaleceu o sentimento de pertença do grupo fundador, em pouco tempo ampliado para um grupo de não mais de 15 pessoas para realizar o projeto. O estilo de trabalho baseado na divisão de tarefas sob a forma de PT's independentes permitiu integrar ao resto do pessoal da firma, sem que estes conhecessem o produto final que estava sendo desenvolvido.

3.3.5.2. 2º. Momento (1985/91 – Fase III) Pragmatismo mercado-dependente orientado à sobrevivência

Durante a segunda fase de sua trajetória sócio-técnica (1976-1984), em que foram promovidos contratos com o Estado quase que de forma exclusiva, a empresa só se ocupou de atender ao seu cliente único e não buscou mercados alternativos. É a partir da Fase III (1985-91) que começam a ser efetuados estudos de mercado no setor nuclear, principal área de desempenho da firma nesse momento. Este segundo momento em termos ideológicos da firma foi de transição para uma outra forma de conceber o empreendimento e caracterizou-se como um período conflituoso que culminou com uma crise que quase levou ao fim do empreendimento.

A empresa não é um laboratório estatal de P&D, nem tampouco uma empresa pública tradicional. Diferentemente de outras empresas estatais, não recebeu aportes orçamentais

⁶⁷ Atribuir pseudônimos a quase tudo se transformou numa prática habitual não despojada de um tom humorístico. Assim, um dos produtos derivados do projeto (sistemas de controle baseados em computadores para receber e processar sinais analógicos e digitais) tem como Marca Registrada o acrônimo ELAPALM, que significa Eletrônica Aplicada ao Misteriômetro.

fixos e sua gestão tem tido uma continuidade que fala de certa autonomia de sua direção com relação às mudanças políticas do âmbito governamental. A empresa tampouco responde às características de uma firma capitalista clássica. Seus membros concebem a rentabilidade como o meio necessário para a auto-subsistência, no entanto a noção de acumulação não aparece como um fim em si mesmo. Os lucros existentes foram reinvestidos, sendo que a Província de Rio Negro nunca reclamou dividendos. A passagem para uma fase na qual o mercado internacional foi visualizado como única alternativa para a sobrevivência e a necessidade de começar a competir com outras empresas do setor exigiram uma aprendizagem co-evolutiva com sua trajetória sócio-técnica, também em termos de modificações na autopercepção do empreendimento.

Durante este período surgiram fortes debates internos a respeito das decisões sobre o desenvolvimento *in-house* de todas as tecnologias necessárias para a execução de cada projeto. Tanto as idéias tecno-nacionalistas de alguns dos membros da firma, como a “cultura técnica” desenvolvida pela maioria de seus integrantes – que encontra nos desafios tecnológicos uma motivação adicional para o trabalho – se enfrentaram à racionalidade econômica baseada no cálculo de custos que mostrava a conveniência de comprar certas tecnologias (partes de produtos, software) no mercado aberto. Este processo de *outsourcing* que gerou embates no interior da firma foi resolvido na última fase na qual se tomaram decisões de terceirização de tecnologias consideradas chave por alguns membros da firma.

3.3.5.3. 3º Momento (1992/2004 – Fase IV) Pragmatismo “empresarial” orientado à busca de novos negócios

Uma vez superado o período de crise quase terminal que a empresa atravessou entre 1989 e 1991 e encarada a recuperação, a partir da concretização de novos projetos, a firma começou a se autoperceber de maneira diferente. A aprendizagem adquirida com a saída ao mercado internacional em termos de gestão de relações políticas com diferentes governos e do conhecimento de redes de fornecedores e clientes internacionais foi

impondo pouco a pouco no interior da firma uma racionalidade cada vez mais orientada ao mercado e pensada em termos de negócios.

A execução exitosa de contratos sucessivos no exterior foi consolidando nos profissionais da empresa, durante as três primeiras fases de sua trajetória sócio-técnica (1971/91), um ‘espírito de corpo’ caracterizado por uma forte autoconfiança na sua capacidade para enfrentar e resolver desafios tecno-produtivos: ‘nós podemos fazê-lo’. Isto foi um fator-chave na hora de encarar negócios nos quais a firma enfrentou competidores de países desenvolvidos que fazem valer o “prestígio tecnológico” acumulado frente às empresas de países subdesenvolvidos.

Os sucessivos contratos de projetos ‘chave-na-mão’ que, do ponto de vista técnico foram todos “exitosos”, reforçaram a autoconfiança com relação à capacidade da firma de encarar novos projetos. Ela se instalou no mercado internacional com uma atitude pro-ativa na busca de novos negócios e assumiu desafios pouco esperados, chegando a adquirir novos clientes de países desenvolvidos.

Alguns dos ideologemas originários são re-significados e embora não sejam compreensíveis sem recuperar seu significado original, tampouco é possível atribuir a eles o mesmo sentido. Isso será exemplificado a partir da descrição da incorporação da linha de desenvolvimento espacial que a firma enfrentou nesta fase.

A crise do início da década de 1990 tornou visível a possível abertura de um setor sem tradição no interior da firma que a re-instalou novamente como principal fornecedora do Estado, agora no setor espacial. É possível ver nesta nova interação com o ator estatal algumas características que fazem, por sua vez, a relação inicial mais compreensível. Originalmente, a empresa foi o “braço industrial-tecnológico” da *CNEA*, era uma empresa estatal e cobria as necessidades do Estado no setor produtivo nuclear. O ideologema ‘empresa estatal’ “fecha” na medida em que responde às necessidades de produção do Estado. Mas na sua nova relação como principal contratada da *CONAE*, porém, pode-se visualizar que o Estado argentino “necessita” desta empresa para poder levar adiante seus projetos de uma maneira diferente da conceitualizada pelo ideologema ‘empresa estatal’.

Além de suas reconhecidas capacidades para levar adiante projetos “ponta a ponta”, não há nenhum contratado privado que assuma os riscos e aceite as condições de funcionamento do Estado argentino. Ao mesmo tempo, o retorno ao seu caráter de fornecedora de tecnologias para o Estado lhe permitiu iniciar um novo ciclo de acumulação de conhecimentos para, provavelmente, depois se introduzir no mercado internacional, no caso, de satélites. No momento do início das atividades na área espacial, isto foi visto como um objetivo estratégico para a criação do novo setor no interior da empresa.

A exigência das duas últimas fases de se comportar como um sujeito capitalista para sobreviver se contrapõe à identidade original guiada por objetivos de bem-estar social através da oferta de trabalho e de cumprimento de metas nacionais, longe da busca de lucros e de acumulação de riqueza. De fato, a própria trajetória “não acumuladora” tornou possível sua continuidade como empresa estatal, ao não correr o risco de ser objeto desejável de um potencial privatização.

O conjunto de ideologemas originais que guiaram a construção desta trajetória sócio-técnica permite explicar uma parte da complexidade que envolve desenvolver tecnologia em condições de escassez, tornar coeso um grupo humano e fazê-lo operar integradamente ao apresentar as dificuldades como desafios passíveis de serem sorteados. Porém, preocupações iniciais como a construção de uma rede de fornecedores nacionais e a geração de tecnologias para o desenvolvimento da indústria nacional não aparecem entre as preocupações da última fase. Embora a preferência por fornecedores locais esteja presente nos membros da firma, esta opção diz respeito, atualmente, às vantagens da localização e interatividade para a especificação das demandas e do tempo e custos da compra. Não existe o ideal de construção de um tecido produtivo mais denso, nem a busca de sustentação de uma maior quantidade de empregos se a mesma não é mantida pelos negócios existentes.

3.3.6. A dimensão política

3.3.6.1. Políticas explícitas e implícitas de C&T

A trajetória sócio-técnica analisada pode ser compreendida apenas no marco da decisão estratégica por parte do governo nacional de promover a autonomia tecnológica no setor nuclear. O Plano nuclear de 1977 deu continuidade aos alinhamentos já estabelecidos no Plano de 1967 e elaborou um programa de construção de 10 centrais nucleares com o objetivo de cobrir as necessidades energéticas do país (Martínez Vidal, 1994). A decisão estratégica tomada em 1966 de construir a primeira Central Nuclear (Atucha I) com a maior participação possível da indústria nacional na obra⁶⁸ e a posterior contratação para a construção da segunda Central Nuclear (Embalse) sob o conceito de “abertura do pacote tecnológico” em 1973, permitiu a CNEA, a aquisição da tecnologia envolvida na construção de reatores nucleares de potência.

No início das obras da central de Embalse foram produzidas mudanças no cenário internacional que levaram a imposição dos EEUU de fortes restrições para a aquisição de tecnologias nucleares por parte de países subdesenvolvidos. Isto levou a *CNEA* a decidir desenvolver de forma completa a engenharia dos processos de fabricação para a provisão dos elementos combustíveis necessários para a operação da central. Neste contexto, contratou a empresa *INVAP* para o desenvolvimento da planta de enriquecimento de urânio em Pilcaniyeu (Río Negro), a uns 40 kilómetros de Bariloche.

Mesmo assim, nem a criação da *INVAP* pode-se ser atribuída a esta decisão, nem tampouco é possível entender sua existência como aleatória e desvinculada de toda política pública explícita.

As políticas nacionais de apoio ao setor nuclear e a complementação com algumas políticas Provinciais de desenvolvimento regional estão na base da criação de instituições como o *CAB*, o *CRUB* e outras instituições que hoje encontram-se na cidade de

⁶⁸ A obra foi adjudicada à empresa Siemens e teve uma participação da indústria nacional de 38% sobre o valor total investido.

Bariloche. A intencionalidade por parte da *CNEA* de alcançar a autonomia em matéria nuclear não esteve desvinculada da idéia de construir uma indústria nuclear nacional. Tanto a política de contratação de fornecedores nacionais, como as ações de transferência de tecnologia por parte da *CNEA* e a criação de empresas associadas (*Combustibles Nucleares Argentinos Sociedad Anónima* - *CONUAR S.A.*, *Fábrica de Aleaciones Especiais* - *FAE S.A.*, *Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería* - *ENSI S.E.*, *Nuclear Mendoza S.A.*) entre as quais se conta a *INVAP*, são alguns indicadores neste sentido.

A continuidade desta política “industrialista”, racional no marco do modelo ISI vigente no país desde o Pós-Segunda Guerra, se manteve ainda no marco da política de liberalização da economia e de redução orçamentária e perseguição política no âmbito do setor científico-tecnológico implementada pela Ditadura Militar de 1976. A volta à democracia em 1983 e a crise econômica dos anos oitenta afetou severamente a disponibilidade de recursos financeiros por parte do Estado e isso impôs recortes orçamentários orientados em princípio às políticas sustentadas pelos governos militares prévios. Assim mesmo, na década dos 90, as medidas de política de reforma do Estado adotadas no marco da ideologia neoliberal dominante levaram a uma drástica redução do orçamento da *CNEA* e, conseqüentemente, dos fundos destinados aos projetos do setor nuclear. A pressão exercida pelo governo dos EEUU contra das atividades de produção de energia nuclear não está desvinculada da perda do apoio estatal a estas atividades.

3.3.6.2. As políticas institucionais e a micro-política dos atores

A trajetória sócio-técnica analisada embora derive do investimento feito no sub-setor da política nuclear não pode ser entendida como o resultado de uma política de C&T explícita. Não existiram medidas orientadas à criação da iniciativa nem em termos da alocação de recursos financeiros específicos, nem dos benefícios especificamente orientados ao apoio e/ou ao desenvolvimento da iniciativa. A trajetória analisada é mais bem entendida a partir das ações micro-políticas de alguns atores tecnológicos, que obtiveram os recursos necessários para levar adiante a iniciativa, muitas vezes de maneira

independentemente das decisões dos formuladores de política de C&T locais, ainda de nível intra-institucional.

No nível meso, observando as ações da *CNEA*, as idéias que guiaram os integrantes do Departamento de Metalurgia e as políticas do *SATI* orientadas ao apoio da indústria nacional, embora tenham contribuído para o desenvolvimento da iniciativa não podem ser vistas como seu resultado. A *CNEA*, de fato, orientou a maior parte dos recursos à pesquisa teórica ou aplicada às necessidades do Plano Nuclear e só alguns setores dentro da mesma estruturaram ações de desenvolvimento de conhecimento tecnológico orientado às necessidades da indústria local.

Os membros da firma desenvolveram múltiplas ações orientadas a sustentar o desenvolvimento da iniciativa que poderiam ser consideradas micro-políticas dado o não reconhecimento por parte de nenhuma autoridade política com poder de decisão. Desde as primeiras ações de obtenção “às escondidas” de recursos materiais para conduzir a iniciativa do primeiro gerente geral, até as permanentes ações informais de convencimento de políticos e funcionários governamentais sobre as vantagens de se apoiar a empresa, são exemplos destas ações.

Capítulo 4 – Análise do caso: uma trajetória sócio-técnica de desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento no marco das dinâmicas sócio-técnicas que caracterizaram o sistema nacional de inovação argentino (1970-2005)

Neste capítulo utiliza-se o marco analítico-conceitual desenvolvido no Capítulo 2 em um esforço orientado para estabelecer relações explicativas entre os elementos introduzidos no Capítulo 3. Realiza-se, assim, a análise sócio-técnica do caso a partir da relação das diferentes dimensões e níveis de análise da trajetória selecionada. Isto supõe, por sua vez, a tarefa de vinculação dos diferentes elementos descritos no capítulo prévio com aqueles que, correspondentes às dinâmicas sócio-técnicas no marco das quais se desenvolve a trajetória analisada, foram relevantes para seu direcionamento, para o ritmo adquirido e para suas possibilidades de desenvolvimento.

4.1. Dinâmicas e trajetórias sócio-técnicas: co-evolução, processos de auto-organização e causalidades múltiplas

Identificam-se duas dinâmicas sócio-técnicas que se denominam, esquematicamente, Estado-cêntrica/tecno-nacionalista e mercado-cêntrica/neoliberal – que caracterizam configurações diferenciadas ao longo da evolução da trajetória sócio-técnica considerada. Esta diferenciação permite contrapor dois momentos nos quais as estratégias dos atores tecnológicos se modificam e ganham novo significado. No marco das diferentes dinâmicas, os elementos de cada uma das dimensões da trajetória adquirem um peso diferenciado.

As dinâmicas consideradas introduzem elementos que estabelecem níveis de estabilização caracterizados como de caráter “macro”, vinculados às características do sistema nacional de inovação argentino em seu conjunto. Esses elementos foram mencionados de forma breve na descrição das fases da trajetória analisada e não foram

tratados na parte sistemática do Capítulo 3 para serem recuperados na presente análise. Cabe destacar que as explicações estabelecidas neste capítulo permitem, a partir da utilização das categorias selecionadas, diluir as diferenciações “micro-macro” habitualmente recriadas como níveis de análise opostos e independentes.

A seguir é apresentado um quadro comparativo dos principais elementos que caracterizam as duas dinâmicas encontradas e as mudanças operadas nas estratégias dos atores que protagonizam a trajetória sócio-técnica considerada. Nos próximos itens são analisadas as referidas características colocando num primeiro plano os principais elementos que determinam a TST analisada, segundo a dimensão considerada.

**QUADRO Nº 12 – APLICAÇÃO DO MARCO ANALÍTICO-CONCEITUAL AO CASO
ANALISADO**

Trajetória sócio-técnica da empresa <i>INVAP S.E.</i> (1970-2005)				
Dinâmica sócio-técnica Estado-cêntrica e tecnonacionalista em matéria nuclear (1971/1983)		Dinâmica sócio-técnica mercado-cêntrica, crescentemente aberta e neoliberal em matéria tecnológica (1984/2005)		
Fase I (1971/76) Antecedentes: os trabalhos do Programa de Investigaciones Aplicadas (CAB-CNEA)	Fase II (1976/83) Conformação da firma e primeiros projetos	Fase III (1984/88) Inserção no mercado externo	Crise 1989/91	Fase IV (1992/05) Recuperação e diversificação
Elementos “macro”				
Capitalismo industrialista substitutivo de importações e início do primeiro choque com continuidade de uma estratégia tecno-nacionalista no setor nuclear		Capitalismo crescentemente liberalizante, crise financeira do Estado e choque hiperinflacionario (1989) durante os anos 1980 / Plano de Conversibilidade e sua crise (2001) durante os anos 1990		
Final do modelo ISI e início do processo de desindustrialização da economia Argentina		Capitalismo desindustrialista com forte desnacionalização e re-primarização da economia		
Instabilidade político-institucional e regime político com governo militar (1976)		Regime político com governo democrático (1983-2005)		
Tecno-nacionalismo fugaz nas políticas de C&T nacionais (1969/73), sua manutenção no setor nuclear e <i>laissez faire</i> em matéria de políticas de C&T nacionais (1973/83)		<i>Laissez faire</i> em matéria de políticas de C&T (1983-1997) e começo de uma política de inovação de corte neo-schumpeteriano (1998-2005)		

Sistema Nacional de Inovação com uma baixa dinâmica inovativa e desarticulado em termos interinstitucionais	Sistema Nacional de Inovação com uma baixa dinâmica inovativa e desarticulado em termos interinstitucionais
Elementos “meso”	
Regime tecnológico setorial fechado: segredo e vigilância internacional no âmbito das tecnologias nucleares	Regime tecnológico setorial fechado em matéria de desenvolvimento nuclear e abertura para a cooperação com EEUU em matéria espacial
Regime tecnológico setorial nuclear com media apropriabilidade das tecnologias	Regime tecnológico setorial nuclear e espacial com media e alta apropriabilidade das tecnologias
Relações interinstitucionais estreitas, formais e informais, com organismos de P&D no âmbito setorial (<i>CNEA-INVAP</i>)	Relações interinstitucionais estreitas, formais e informais, com organismos de P&D no âmbito setorial (<i>CNEA/CONAE-INVAP</i>)
Estado como cliente e fonte de conhecimentos na área nuclear	Estado como devedor/avalista na área nuclear e cliente e fonte de conhecimentos na área espacial
Sistemas locais de inovação escassamente desenvolvidos e pouco articulados: formação de fornecedores locais	Sistemas locais de inovação com incipiente desenvolvimento de fornecedores, mas escassamente articulados: articulação de uma rede internacional de fornecedores.
Elementos “micro”	
Horizonte espaço-temporal de médio prazo e nacional	Horizonte espaço-temporal de curto prazo e mundial
Clientes: empresas e Estado nacionais	Clientes: empresas nacionais e estrangeiras e Estados nacional e estrangeiros (primeiro de países subdesenvolvidos e depois de países desenvolvidos)
Estratégia de desenvolvimento <i>in-house</i>	Estratégia de <i>outsourcing</i> (terceirização através da criação de empresas satélite e depois compra de fornecedores estrangeiros)
Estrutura organizacional <i>ad-hoc</i> informal, familiar e “paternalista”, baseada no saber técnico	Estrutura organizacional <i>ad-hoc</i> informal, crescentemente complexa e profissionalizada, baseada no saber técnico
Principal tipo de aprendizado: por <i>embeddedness</i> com organismos de P&D públicos, por busca e a partir de conhecimentos científicos de disponibilidade pública	Principal tipo de aprendizado: interativos com clientes, sócios, instituições de P&D e fornecedores, por busca e a partir de conhecimentos científicos de disponibilidade pública
Sistema de patentes pouco utilizado	Sistema de patentes pouco utilizado

4.1.1. A dimensão econômica em primeiro plano

4.1.1.1. Dinâmica econômica sistêmica e crise da firma

A firma se desenvolveu, ao longo de sua trajetória, no marco de diferentes regimes sociais de acumulação. As primeiras ações de desenvolvimento de tecnologias para a indústria local (1971/76) se iniciam no final da segunda fase do modelo substitutivo de importações que impera na Argentina desde o Pós-Segunda Guerra. Neste marco suas operações são realizadas no âmbito institucional estatal, sem grandes investimentos fixos de capital por parte do Estado, nem muito menos dos atores privados. Do ponto de vista tecno-produtivo, são reproduzidas práticas de geração de conhecimentos tecnológicos e produtivas similares às que se realizam na indústria nacional, que sempre operou em condições de escassez de recursos (re-significação de tecnologias, re-utilização de materiais, maior parte de operações *in house*, desenho das próprias ferramentas e da maquinaria de trabalho etc.) (Ver pontos 1.6 e 1.8).

A criação formal da firma coincidiu com o início da Ditadura militar de 1976 que impôs um novo regime social de acumulação repressivo e orientado à desindustrialização do aparato produtivo como via para alcançar o enfraquecimento da força política adquirida pela classe trabalhadora. Porém, o governo militar apoiou as iniciativas em marcha na área nuclear recriando um espaço “protegido” similar, em certos aspectos, ao que caracterizou o conjunto da indústria argentina durante o período prévio de industrialização substitutiva de importações. Isto supôs a continuidade de um regime não competitivo para o setor, ao que se somou a “proteção natural” da indústria nuclear da época, dado seu caráter segredo e vinculado à questões de segurança nacional. Isto permitiu o desenvolvimento e crescimento da empresa mesmo em um momento marcadamente regressivo para os demais setores industriais locais. No marco desta dinâmica foi possível uma estratégia tecno-produtiva guiada pelo desenvolvimento totalmente *in-house* dos conhecimentos e tecnologias requeridos, assim como ações de qualificação de fornecedores especializados inexistentes no espaço sócio-técnico em que se desenvolveu a empresa.

O início do governo democrático de Raúl Alfonsín, em 1983, não modificou em grande medida o regime de acumulação iniciado no período prévio. Porém, o apoio econômico aos projetos estratégicos do setor nuclear sustentado durante o período ditatorial foi descontinuado. Isto significou para a empresa a entrada numa nova dinâmica sócio-técnica semelhante à vivida pelas demais empresas nacionais desde o início da ditadura⁶⁹. Assim, se para a indústria manufatureira argentina, os planos econômicos implementados pelo Ministro de Economia J.A. Martínez de Hoz durante a Ditadura militar (1976-83) impuseram uma crescente exposição à concorrência internacional, para a firma, este processo se verificou com a volta da democracia, quando o Estado deixou de apoiar os projetos da área nuclear.

Na nova dinâmica mercado-cêntrica e neoliberal, a abertura comercial da economia, embora tenha crescido durante o primeiro governo democrático (1983-88), se agudizou nos anos 1990 durante o governo de Menem, com a implementação do Plano de Conversibilidade por parte do Ministro Domingo Cavallo. O papel do Estado com relação à firma se modificou passando da condição de cliente mais importante para o de devedor o que, devido ao atraso nos pagamentos, contribuiu para a crise da empresa em fins da década de 1980. Assim, a crise econômica nacional que caracterizou a década de 1980 e que culminou com o choque hiperinflacionário de 1989, repercutiu na evolução da trajetória analisada.

A crise financeira do Estado nacional e as condições desfavoráveis para a indústria nuclear em escala mundial levaram a firma a um período crítico – quase terminal – no momento em que se produzia a forte desvalorização da moeda argentina, em 1989. A empresa, recém incorporada ao mercado internacional que se constituiu na via para a obtenção das receitas que o Estado nacional não mais proporcionava, se encontrava numa situação ainda frágil do ponto de vista econômico-financeiro. Neste marco, a crise da empresa (1989/91) coincide com a crise da economia que caracteriza a dinâmica sócio-técnica nacional do período.

⁶⁹ Pelo menos todos aqueles setores que não foram favorecidos com regimes especiais de proteção, como foi o caso do setor automobilístico.

Mesmo assim, não é possível estabelecer uma relação bi-unívoca entre as crises econômicas que afetaram o sistema nacional de inovação argentino e os momentos de crise pelos quais passou a trajetória sócio-técnica analisada. Quando, em 2001, o país sofreu a queda do Plano de Conversibilidade, a empresa já se encontrava inserida no mercado internacional com negócios encaminhados – diferentemente dos cancelados com Irã no momento da crise anterior – que a fortaleceram, apesar do forte processo de desvalorização da moeda e a crise sócio-econômica profunda que afetou ao país no seu conjunto. As consequências para a firma se manifestaram nas dificuldades para obter avais e garantias.

4.1.1.2. Dinâmicas sócio-técnicas e estratégias tecno-produtivas

A passagem para a segunda dinâmica mercado-cêntrica (1984-2005), com um horizonte espaço-temporal mundial e na qual o Estado nacional deixa de ter o lugar de protagonista como cliente, impõe uma mudança na estratégia tecno-produtiva da empresa.

Durante a terceira fase da firma (1984/88), e ainda sob um processo interno de intenso debate acerca da definição de uma estratégia alternativa, começa-se a optar por diferentes formas de *outsourcing* em contraposição à opção, até o momento privilegiada, de desenvolvimento *in-house* de todos os componentes e tecnologias necessárias para o desenvolvimento dos contratos adquiridos. Esta estratégia, que permaneceu em debate até o final da terceira fase, foi a adotada sem discussão na quarta fase da empresa, após o fim da crise (1991/05). Nesta última fase de sua evolução foram estabilizados alguns dos elementos que, na terceira fase, se estavam “ensaiando” em função da entrada numa nova dinâmica sócio-técnica. Assim, na Fase IV, a firma adotou estratégias de produção mais adequadas a um cenário de crescente abertura da economia.

Ao mesmo tempo, a empresa recuperou o Estado nacional como cliente em uma área totalmente nova para ela – a área espacial – na qual começa a acumular um aprendizado a partir da reprodução de uma relação relativamente similar à dos primórdios da empresa

na área nuclear. O aprendizado para a sobrevivência dentro de uma nova dinâmica mercado-cêntrica adquirido na Fase III, somado à recuperação de uma relação com o Estado similar à da Fase II da firma e a sua inserção no mercado mundial, geram uma estabilidade ao projeto que impede que uma crise econômica tão importante como a de 2001 afete a continuidade da sua trajetória e, inclusive, consiga fortalecê-la.

4.1.1.3. Tipo de mercado e estratégia de sobrevivência da firma

O mercado nuclear no qual a empresa atua é um mercado particular, no qual os Estados nacionais são os únicos compradores. A ruptura por parte do Estado nacional da sua condição de cliente forçou a entrada em um mercado internacional altamente competitivo e ao mesmo tempo decadente, apesar de alguns prognósticos favoráveis para o futuro da indústria nuclear como uma opção energética “limpa”. As licitações de reatores nucleares de energia foram paulatinamente reduzidas nas duas últimas décadas do século passado, a idade média dos reatores se elevou na mesma medida e todos os parâmetros de produção de energia nuclear foram reduzidos.

Atualmente, o número de reatores em construção é muito inferior ao que seria necessário para substituir as unidades existentes. Considerando uma vida útil aproximada de 40 anos para cada reator, deveriam ser construídos em torno de 80 reatores para manter a quantidade operacional atual nos próximos 10 anos (até 2015). No entanto, entre 2000 e 2004 a quantidade de reatores construídos no mundo foi tão só de 4 (Schneider e Froggatt 2004). Esta dinâmica, porém, refere-se aos reatores de potência. O caso dos reatores de pesquisa, aos quais a firma analisada se dedica, apresenta um panorama mais desalentador ainda. Existe para este tipo de reatores, em média, uma licitação a cada 5 anos aproximadamente.

No marco das características deste mercado e do ciclo dos projetos que é de cerca de 5 anos, o risco de falta de demanda uma vez terminada cada obra e ante a perda de uma adjudicação, é muito alto. Neste contexto, a lógica de sobrevivência da firma a leva a não

só a participar de toda licitação existente⁷⁰, senão também a oferecer as melhores condições possíveis para diminuir o risco de perdê-la. A empresa ganhou duas das últimas três licitações internacionais de reatores de pesquisa⁷¹.

Neste sentido, a empresa demonstra sua elevada capacidade de adaptação ao cliente em que o “técnico” se combina com decisões relativas ao preço que “o mercado está disposto a pagar”. Embora os orçamentos oferecidos nem sempre correspondem às melhores ofertas dos processos licitatórios, isso se modifica uma vez conhecidas as possibilidades do cliente⁷². A empresa tem uma flexibilidade importante para se adaptar às condições e “permissividade” do cliente. Se, por exemplo, o valor orçado pela firma para o desenvolvimento de satélites é menor que os pagos pela NASA aos seus contratados, isso não só se explica em função dos salários mais baixos da mão-de-obra argentina, mas trata-se de uma combinação entre uma massa crítica de pessoal ajustada aos requerimentos de cada projeto, a capacidade de desenvolvimento *in house* para os subconjuntos cuja compra no mercado elevaria o custo dos produtos, e a histórica adaptação aos custos dos desenvolvimentos para o tipo de cliente que se encontra no mercado local (estatal ou privado), que nunca contou com recursos para pagar desenvolvimentos onerosos.

Cabe destacar que, embora o valor total dos orçamentos da *INVAP S.E.* para projetos altamente complexos – como a construção de reatores ou de satélites de pesquisa – pode ser baixo em termos internacionais, isto se reverte para a prestação de serviços de engenharia no mercado interno. Assim, a cotação da hora de engenharia da empresa no

⁷⁰ No caso da última licitação do reator Australiano e dados os “preconceitos” relacionados com a participação num mercado de “país desenvolvido”, a empresa se apresentou só depois de um importante debate interno a respeito das probabilidades de se ganhar uma licitação desse tipo, levando em consideração que era a única existente no momento e, provavelmente, nos próximos anos.

⁷¹ As licitações do Egito e da Austrália foram ganhas e a empresa só perdeu a licitação da Tailândia por uma avaliação técnica na qual ficou com 1.5 ponto a menos em relação à ganhadora, num total de 100 pontos.

⁷² Na licitação da Tailândia, perdida para a empresa norteamericana General Atomics, a adjudicação foi postergada porque o orçamento ganhador era maior do que os recursos de que dispunha o Estado tailandês. A *INVAP S.E.* apresentou uma nova proposta – fora dos termos da licitação – ajustada ao dinheiro com que contava o governo, mas que igualmente não foi aceita. A obra até agora não foi realizada.

mercado nacional é cara quando comparada com a de outras firmas de serviços de engenharia locais. Existem demandas no mercado interno que a empresa é a única que tem condições de satisfazer, devido aos equipamentos e capacidades de que dispõe, mas que não são respondidas porque o custo para sua realização excede o preço final que o cliente local estaria em condições de pagar.

Por sua vez, num mercado problemático, tanto interna como internacionalmente, a estratégia de sobrevivência da empresa promoveu um comportamento – que se transformou em rotina – de permanente busca de novos negócios. Esta rotina que se intensificou na Fase III (1983/88) com a entrada numa nova dinâmica sócio-técnica se institucionalizou na Fase IV (1992/05), através da criação da Gerência de Novos Negócios. Ao mesmo tempo, o funcionamento de uma estratégia deste tipo impôs uma grande abertura do *mix* de produção. A quantidade e a variedade de produtos e serviços oferecidos co-evoluem com a lógica do mercado e a estratégia de sobrevivência desenvolvida pela firma.

4.1.1.4. Estratégia “ofertista” vs “*demand pull*” segundo a dinâmica sócio-técnica

No marco da primeira dinâmica sócio-técnica Estado-cêntrica em que a empresa teve uma entrada de recursos regulares, no âmbito micro ela desenvolveu outro tipo de rotina. No referido cenário, foram desenvolvidas soluções criativas que constituíram desafios técnicos de interesse para os membros da firma e para os quais se imaginaram potenciais clientes. Entre estes desenvolvimentos estão o projeto de um reator CAREM de baixa potência (25 MW), orientado a cobrir o tipo de necessidades energéticas de países subdesenvolvidos, e um Sistema de Transporte Leve (conhecido internamente como o “trenzinho”) para operar em condições de solos “inóspitos”, seja por características do terreno ou climáticas⁷³.

⁷³ O projeto surgiu como busca de uma solução para os problemas de transporte que a firma enfrentava para mobilizar os trabalhadores de Bariloche a Pilcaniyeu onde estava sendo construída a planta de enriquecimento de urânio.

Ambos os desenvolvimentos foram patenteados, mas nunca obtiveram recursos financeiros para sua construção na forma piloto, nem foram objeto de venda. Em ambos os casos, e frente a uma estratégia “ofertista” ativa por parte da empresa, os produtos não “funcionaram” no mercado. No caso do reator CAREM, as intenções de venda ao exterior foram múltiplas, mas assim como no inteto de obter recursos para a construção de um protótipo no âmbito nacional, os objetivos não foram alcançados⁷⁴. A partir da entrada na segunda dinâmica sócio-técnica, a estratégia “*demand pull*” é a dominante.

4.1.2. A dimensão política em primeiro plano

4.1.2.1. Relações políticas internacionais, orientações dos governos locais e suas consequência para o desenvolvimento da trajetória sócio-técnica analisada

A primeira fase da trajetória analisada (1971/76) transcorreu no marco de uma forte instabilidade político-institucional durante a qual, porém, se sucederam governos nacionalistas e industrialistas. As atividades desenvolvidas nesse momento se orientaram a gerar desenvolvimentos tecnológicos para a indústria local. A criação do empreendimento como firma coincidiu com o início da Ditadura e um crescente processo de desindustrialização, que destruiu a demanda anteriormente existente. Como contrapartida, durante a Ditadura e sob amparo dos projetos industrialistas do setor nuclear, a empresa conseguiu um cliente que ocupou toda sua capacidade produtiva.

Diante do clima de suspeita por parte dos Estados Unidos sobre o desenvolvimento de bombas nucleares na Argentina (acentuado depois da prova nuclear realizada pela Índia, em 1974), o governo do presidente Carter decidiu, em 1978, cortar a provisão de urânio enriquecido para os reatores de pesquisa argentinos. No marco da Ata de Não Proliferação Nuclear, a utilização e tratamento de urânio enriquecido foi considerada uma tecnologia “sensível” e proibida sua exportação a países não alinhados como o era

⁷⁴ No âmbito internacional houve uma iniciativa de criação de uma empresa em conjunto com a Turquia, que não se concretizou. No âmbito nacional se conseguiu criar uma lei que autorizava o Poder Executivo Nacional a financiar com 130 milhões de dólares o projeto, mas houve uma forte oposição do *stablishment* científico local que não permitiu sua implementação.

Argentina nesse momento. O presidente da *CNEA*, Carlos Castro Madero, depois de negar todo plano de desenvolvimento de tecnologia nuclear com fins bélicos, decidiu criar um programa de desenvolvimento de enriquecimento de urânio. No marco de essa decisão estratégica, sustentada por uma ideologia de oposição às políticas discriminatórias dos EEUU, a *INVAP S.E.* se constituiu no “braço executor” da *CNEA* para sua implementação.

A chegada da democracia foi a entrada para uma nova dinâmica da trajetória sócio-técnica considerada, no entanto, o governo de Raúl Alfonsín diminuiu paulatinamente o apoio aos programas estratégicos do setor nuclear. Ainda assim, o projeto de enriquecimento de urânio continuou se desenvolvendo e a *INVAP S.E.* recebeu o apoio do governo para o desenvolvimento de suas primeiras vendas chave-na-mão no exterior (Argélia), quando ainda era membro do Movimento de Países não Alinhados. O início da presidência de Carlos Saúl Menem, em 1989, modificou o cenário de políticas internas com relação ao aparato estatal (inclusive o setor nuclear) e nas relações diplomáticas com os EEUU. No primeiro caso, e no marco da denominada primeira reforma do Estado, a *CNEA* ficou fortemente debilitada em termos dos fundos destinados ao seu funcionamento. No segundo, as políticas de alinhamento com os interesses de EEUU se refletiram no desmantelamento do Projeto Cóndor II de construção de um míssil, em 1993, e o cancelamento da venda por parte da *INVAP* de uma planta de purificação e conversão de dióxido de urânio e outra de fabricação de elementos combustíveis ao Irã, em 1991.

Se o cancelamento da exportação ao Irã, que estava sendo embarcado, foi um duro golpe financeiro para a firma⁷⁵, do denominado “prêmio consolo” pela suspensão do Projeto Cóndor II resultou um programa de cooperação entre a *Comisión Nacional de Actividades Espaciales* e a NASA, no qual a *INVAP* foi a principal contratada.

Salvo nesse momento de forte alinhamento político do governo Menem com os interesses dos EEUU e de hegemonia de uma ideologia dominante neoliberal e anti-

⁷⁵ O contrato com o Irã foi de aproximadamente 24 milhões de dólares e em compensação foram adjudicados pequenos convênios para a limpeza de reatores nos EEUU e o apoio político à venda do reator ao Egito.

estatista, a firma obteve o apoio dos diferentes governos. Ainda durante o referido governo, o presidente inaugurou as instalações do reator no Egito e, em seguida, o presidente Fernando de la Rúa realizou gestões através de seu Chanceler na Austrália para garantir um processo licitatório sem pressões políticas por parte dos países das grandes empresas participantes e, mais recentemente, o presidente Néstor Kirchner decidiu por decreto a participação da empresa *INVAP S.E.* no “Plano de Radarização” que pretende implementar⁷⁶.

4.1.2.2. Regimes políticos de governo e estratégia micro-política dos atores

A mudança de regime político (da ditadura à democracia) repercutiu na evolução da trajetória sócio-técnica analisada. O fato dos setores militares, mais precisamente a marinha, terem constituído no caso argentino, o grupo que apoiou o desenvolvimento estratégico em matéria nuclear, fez com que, durante a Ditadura, fossem desenvolvidos os primeiros projetos da firma. Isto se modificou com a ascensão do primeiro governo democrático que se opôs aos empreendimentos previamente apoiados pelos militares, retirando pouco a pouco, e no marco de condições internacionais adversas, seu apoio econômico ao setor nuclear em seu conjunto.

No obstante, na trajetória sócio-técnica analisada é possível visualizar uma ação micro-política dos atores tecnológicos diretamente vinculados à iniciativa que, independentemente dos regimes políticos vigentes, viabilizou o apoio estatal para suas principais iniciativas (tanto do âmbito nacional, como provincial e local). Cabe deixar claro que o tipo de apoio obtido do Estado não se deu na forma de subsídios diretos, mas esteve centrado na obtenção de garantias patrimoniais ou empréstimos bancários para o financiamento das atividades, na obtenção de conhecimentos desenvolvidos por

⁷⁶ Este Plano substituiu o do ex-presidente Carlos Menem de 1996, no qual a empresa norteamericana *Northrop* – depois associada à italiana *Alenia* – havia ganhado numa polêmica licitação. A licitação foi anulada pela Justiça frente à demanda da empresa francesa *Thompson* participante da licitação. Atualmente, ainda não se sabe se as pressões que visam a adjudicação da venda dos radares e de sistemas de comunicação para empresas estrangeiras, impedirão a decisão do atual presidente de contratar diretamente à *INVAP S.E.*, por ser uma empresa estatal.

organismos públicos associados de P&D e no respaldo político no exterior através da chancelaria.

Esta ação micro-política permitiu a cooptação de recursos e de apoio político diverso e baseou-se principalmente na intervenção dos gerentes ou de alguns representantes da firma que, a partir de contatos pessoais informais, conseguiram se aproximar das esferas executivas estatais necessárias (banco nacional ou Provincial, chancelaria, instituições de P&D etc.). Um tipo de ação denominada pelos atores como “de perfil baixo” foi herdado dos momentos em que o “segredo” fazia parte da dinâmica de funcionamento da empresa e que até hoje se faz presente para a realização da maioria de suas atividades.

Neste sentido, pode-se ver na trajetória analisada a contrapartida (isto é, os atores “destinatários”) da lógica do *policy making* local de tipo incremental e sustentada na primazia de mecanismos informais e pessoais de acesso aos espaços de decisão governamentais (Adler, 1987). Se a entrada do pensamento “antidependentista”⁷⁷ nas gestões governamentais argentinas do período 1969/73, foi o resultado da atitude de “guerrilheiros ideológicos” pragmáticos que influenciaram pessoalmente os tomadores de decisões com suas propostas ou participaram como “infiltrados” na gestão de governo (Adler 1986), o mesmo pode-se afirmar com relação à construção política da trajetória analisada. Porém, e diferentemente das políticas de C&T nacionais de corte tecnocrata, a viabilidade desta trajetória se sustentou – embora correndo sérios riscos nos momentos de alinhamento da política nacional aos interesses dos países centrais.

4.1.2.3. Estrutura normativa do SNI, estilo de funcionamento do Estado argentino e estratégia micro-política dos atores

O estilo de funcionamento do Estado argentino foi um elemento que os atores tecnológicos conseguiram ‘administrar’ ao longo da trajetória analisada. Isto pode ser visto, por exemplo, nos mecanismos para a obtenção de “benefícios” estatais especiais

⁷⁷ Este autor denomina ‘ideologia pragmática anti-dependentista’ ao conjunto de idéias de grupos nacionalistas que orientaram suas ações na busca por autonomia em matéria tecnológica como via para alcançar o desenvolvimento das sociedades latinoamericanas.

que, no entanto, não são a norma para a regulação do sistema nacional de inovação argentino em seu conjunto. Assim, por exemplo, o reconhecimento por parte da Direção Geral Impositiva de que os aportes em tecnologia e *know how* fossem considerados equivalentes aos aportes de capital para efeitos impositivos foi obtido através de gestões pessoais dos membros da firma contrariando as normas vigentes, que não foram pensadas para o desenvolvimento das iniciativas locais intensivas em conhecimento e, neste sentido, o obstaculizam.

4.1.2.4. Políticas explícitas de C&T e sua influência na trajetória analisada

Indubitavelmente, as políticas estatais setoriais tanto na área nuclear como posteriormente na espacial, tornaram possível a existência da trajetória analisada. Não obstante, a mesma não pode ser considerada como o resultado de uma política industrial ou científico-tecnológica explícita. A experiência surge - e sobretudo se sustenta - à margem das iniciativas de política explícitas dos governos nacional e Provincial, e no marco de modelos econômicos e regimes normativos sócio-institucionais que, ao contrário, desincentivam o desenvolvimento de setores intensivos em conhecimento. Poderia se dizer inclusive que, inversamente, em alguns casos a empresa parece dinamizar – e em alguma medida justificar e sustentar – a existência de iniciativas explícitas de política científico-tecnológica, como têm sido as sucessivas ações para criação de um pólo científico-tecnológico na região de Bariloche e os subsídios orientados ao desenvolvimento tecnológico, como os outorgados pelo FONTAR.

De fato, a trajetória analisada foi viabilizada pelas ações de grupos interessados no desenvolvimento tecnológico nacional como uma forma de geração de riqueza e autonomia. No contexto de conjunturas construídas como “favoráveis” pelas ações do grupo fundador da firma foi possível emergir um ator tecnológico (a firma) que se adaptou recriando as formas estruturais de funcionamento do Estado argentino e do sistema e inovação no seu conjunto. A existência da firma e sua capacidade de aproveitar as conseqüências de políticas setoriais, como a nuclear e a espacial, não são resultados de uma política orientada à criação do desenvolvimento industrial endógeno. De certa

maneira, poder-se-ia sustentar que a possibilidade de existência das referidas políticas se vincula intimamente à existência da firma. Uma análise estratégico-relacional permite ver a construção da estrutura, ao mesmo tempo em que a do ator, como resultado das ações particulares de indivíduos operando em espaços sócio-institucionais específicos.

4.1.2.5. O papel do Estado em primeiro plano ao longo da trajetória considerada

4.1.2.5.1. Os múltiplos papéis do ator estatal

O papel que o Estado teve ao longo da trajetória sócio-técnica considerada merece uma análise particular. Se na América Latina o Estado, e em particular os setores militares que o ocuparam durante longos períodos, tem sido praticamente o único promotor das iniciativas existentes de “alta tecnologia”, a trajetória sócio-técnica analisada não é uma exceção neste sentido. Porém, como foi assinalado, o papel que o Estado argentino ocupou nesta trajetória não pode ser identificado como o de coerente promotor direto da iniciativa, nem a mesma pode ser vista como o resultado da implementação racional de uma política pública deliberada – seja de governos militares ou civis. Em particular, a sustentação da iniciativa ao longo de mais de três décadas responde a causalidades múltiplas que, em nenhum momento, passaram por uma definição explícita de política, seja de reserva de mercado, de subsídio industrial setorial, de promoção ou de incubação de empresas de base tecnológica etc.

O Estado tem-se feito presente ao longo da trajetória sócio-técnica analisada de diversas formas e adotando uma multiplicidade de papéis. Assim, por exemplo, em termos setoriais, a *CNEA*:

- é o *locus* institucional no qual surge a iniciativa,
- controla o Diretório da empresa,
- é o seu principal cliente durante a primeira fase da iniciativa como empresa,

- é a principal fonte de conhecimentos em matéria nuclear e contrada principal no primeiro projeto de exportação de um reator em que a empresa participa como subcontratada,
- converte-se em sócio para o conjunto de combustíveis dos reatores nos contratos da Área nuclear quando a firma se encarrega dos projetos,
- retorna subcontratada e fornecedora de mão-de-obra nos momentos em que o pessoal da firma não consegue cobrir a demanda de trabalho ao longo dos diferentes projetos⁷⁸,
- é fornecedora de expertos e oferece assistência técnica em diferentes especialidades, por exemplo, na área de materiais .

Em termos micro institucionais trata-se de uma relação conflitiva em certos momentos, nem sempre apoiada por todos os setores da instituição no marco da qual surge. A existência de um programa de desenvolvimento de tecnologias aplicadas e, depois, a terceirização de alguns desenvolvimentos que se faziam inviáveis no interior da instituição, não foi bem vista por todos os setores da *CNEA*. No primeiro caso, pode-se referir à histórica disputa dentro do *CAB* entre os físicos “teóricos” hegemônicos dentro da instituição e os “aplicados” que integravam o *PIA*. No segundo, a referência é com relação à competência da empresa com certos setores da *CNEA* que se consideram em condições de levar adiante os projetos que foram desenvolvidos por ela⁷⁹. A relação tem elementos conflituosos justamente porque nunca houve uma política explícita e

⁷⁸ Neste sentido, o Estado não só oferece respaldo financeiro aos projetos desenvolvidos pela *INVAP*, através do Estado provincial e dos bancos oficiais, como também funciona – através da *CNEA* – como um resseguro em relação à possibilidade de cobrir a demanda de trabalho em áreas críticas que requerem pessoal especializado. Se uma das vantagens da empresa em termos de custos é a de contar com uma planta de pessoal estritamente ajustada à demanda de trabalho, também é certo que isso é viável graças ao fato da *CNEA* prover a mão-de-obra requerida nos momentos de pico de demanda no ciclo dos projetos em que a quantidade de pessoal da empresa é insuficiente.

⁷⁹ De fato, o Departamento de Reatores responsável pela venda, por parte da *CNEA*, do reator ao Peru praticamente desapareceu quando a *INVAP* assumiu o contrato e a execução da obra do reator da Argélia.

deliberada sobre a função que teria a *CNEA* e, sobretudo, qual seria o papel da *INVAP* em contrapartida.

4.1.2.5.2. Relações contratuais “enraizadas”

O tipo de relações estabelecidas entre as agências públicas de P&D e a empresa supõe uma história de conhecimento mútuo dos atores protagonistas da trajetória analisada. Neste sentido, pode se sustentar que os “contratos” que se estabeleceram entre os atores tecnológicos só são possíveis devido a esse conhecimento. A *INVAP* operou em condições que nenhuma empresa privada aceitaria. O atraso no pagamento dos serviços; a mudança das características de algumas das especificações já iniciados os projetos e os orçamentos baixos em termos dos preços internacionais que os desenvolvimentos solicitados implicam são só alguns desses elementos.

Ao mesmo tempo, o Estado é a única fonte de recursos para o funcionamento de uma empresa como a *INVAP* na Argentina. A relação de dependência mútua estabelecida entre a empresa e o Estado argentino se reflete, por sua vez, no fato de que ela não pode concretizar os projetos mais importantes sem que haja o aval estatal, tanto financeiro como técnico. Neste sentido, a firma não pode se transformar em um “sujeito capitalista clássico” com o risco de aniquilar-se a si mesma. Este é um dos pontos em que é possível ver a inexistência de uma racionalidade “maximizadora de benefícios” por parte da firma e, como contrapartida, a operação de uma racionalidade que se adequa às relações possíveis com os atores com os quais se vincula, a partir do aprendizado acumulado ao longo de sua trajetória.

Assim, uma das características que tornaram viáveis o empreendimento foi sua constituição como uma Sociedade do Estado e não como Sociedade Anônima. Se a firma foi criada para poder viabilizar os contratos, que desde a *CNEA* se tornavam inviáveis pelas travas institucionais que a administração burocrática impunha, o fato de ser uma Sociedade do Estado permitiu ao Estado adjudicar os contratos de forma direta à empresa evitando as demoras administrativas das licitações públicas. Isto contribuiu para o

estabelecimento de um tipo de relação simbiótica entre ambos os atores. Embora a firma tenha sido vítima, em diversas oportunidades, da descontinuidade das políticas públicas, a figura jurídica de Sociedade do Estado funcionou como uma barreira frente à instabilidade e fragilidade do aparato estatal, possibilitando a ela uma estabilidade de gestão, diferenciando-a da descontinuidade que marca as direções das instituições públicas de P&D.

Um exemplo que caracteriza a relação particular que vincula à empresa ao Estado argentino é a relação denominada por alguns atores como “incestuosa” entre a firma e os organismos de P&D com os quais se vincula. Por isso, e para além das rivalidades pessoais citadas por alguns dos protagonistas, a mútua confiança entre a empresa e os grupos de trabalho com os quais se relaciona é notável. Desta forma, na nova vinculação estabelecida com a *CONAE* no setor espacial, o trabalho de equipe entre os membros de ambas as instituições é constante. Porém, este fato que para os atores não gera conflitos é impensável como relação entre a *NASA* e qualquer uma de suas empresas contratadas. Em nenhum caso integrantes da *NASA* poderiam participar da montagem ou do desenho de algumas das partes do satélite que suas contratadas realizam. Só teria lugar uma visita à empresa através de um pedido formal com algum fim específico e ordenado como uma “revisão técnica”.

4.1.2.5.3. Dinâmicas sócio-técnicas e mudanças no papel estatal

O Estado, durante as duas primeiras fases, foi o *locus* institucional em que se formaram os atores tecnológicos que protagonizaram a construção da trajetória analisada. Nessas duas fases foi ele o cliente que a fez viável e o principal fornecedor dos conhecimentos e dos recursos humanos e materiais necessários para o início de seu desenvolvimento. Nas duas fases seguintes, e já no marco de uma dinâmica sócio-técnica diferenciada, o Estado nacional deixou de ser o principal cliente para se transformar no principal credor e em sócio “sub-contratado” nos projetos desenvolvidos pela empresa na área nuclear. O enfraquecimento das grandes instituições de P&D públicas durante a implementação das políticas neoliberais e a pressão para a obtenção de recursos externos

através da venda de serviços a terceiros para o financiamento de suas atividades, explica em parte o novo papel adotado⁸⁰.

Ao mesmo tempo, o Estado se reposicionou na área espacial, adotando um papel similar ao das origens numa área de conhecimentos nova para a empresa. A firma em todo este processo conseguiu - não sem conflitos⁸¹ - adaptar-se às modificações operadas nas dinâmicas sócio-técnicas dominantes e às conseqüentes modificações do papel do Estado.

4.1.3. A dimensão ideológica em primeiro plano

4.1.3.1. Ideologias dominantes segundo a dinâmica sócio-técnica e mudanças no conteúdo dos ideogramas e a autopercepção do empreendimento por parte dos atores

As duas dinâmicas sócio-técnicas que constituem o marco no qual se desenvolve a trajetória analisada diferenciam-se pelas ideologias dominantes no nível societal e também no âmbito dos setores tecnológico e industrial nos quais a firma opera. Como foi assinalado, a ideologia nacionalista, industrialista e anti-dependentista em matéria tecnológica que caracteriza a primeira dinâmica sócio-técnica é uma das maiores influências para o desenvolvimento da iniciativa durante suas primeiras duas fases (1971/83). Como ocorre em quase todos os desenvolvimentos de “alta tecnologia” nos quais América Latina têm requerido investimentos importantes por parte do Estado (sejam diretos ou indiretos como no caso analisado), a ideologia voltada à obtenção da autonomia tecnológica de setores militares nacionalistas tem sido determinante para sua existência.

⁸⁰ Para dar conta do que supõe esta afirmação em termos da magnitude da reforma do Estado implementada durante a década de 1990 e, dentro dela, dos cortes orçamentários e de pessoal das grandes instituições nacionais de ciência e tecnologia, ver Oszlak 2000.

⁸¹ A drástica redução na quantidade de pessoal depois do fechamento da planta de enriquecimento de urânio e a queda no faturamento pelo desmantelamento do plano nuclear é a mais significativa.

Este é um elemento que se modifica durante a segunda dinâmica sócio-técnica identificada. Embora a Ditadura militar de 1976 seja afinada com a ideologia liberal em matéria econômica, os setores nacionalistas vinculados ao desenvolvimento na área nuclear continuam com poder para impor suas políticas para o setor. Porém, pouco a pouco se vai impondo no país um “senso comum” liberal e anti-estatista que se consolida no marco dos governos democráticos e dá lugar à dinâmica sócio-técnica que se tem denominado mercado-cêntrica. No contexto dessa nova ideologia dominante, ocorreram algumas mudanças, por parte dos seus protagonistas, na maneira de avaliar a empresa. Neste sentido, teve lugar uma re-significação da finalidade e dos objetivos da mesma. Um novo sentido sobre “o que seria bom” para o desenvolvimento nacional foi se configurando com relação às atividades da empresa.

A firma continuou se posicionando como um empreendimento que responde aos interesses nacionais, porém, a justificativa em termos de sua importância como “braço executor” da CNEA para a consecução dos objetivos estratégico-militares foi desaparecendo em simultâneo com a perda de importância dos Planos Nucleares Nacionais. Dentro da nova dinâmica sócio-técnica, o desenvolvimento econômico regional e a manutenção dos postos de trabalho foram colocados como os principais objetivos entre os pré-existentes. Ao mesmo tempo, pouco a pouco foi-se construindo uma imagem simbólica a respeito da “alta tecnologia” como inerentemente benéfica aos fins nacionais. As justificativas em termos do valor econômico agregado dos produtos da empresa ocupou o cenário nos discursos de apresentação da firma. Assim:

“Eu sei quanto custa o quilo de satélite ou uma missão, um projeto, mas porque é algo que... de alguma maneira temos desenvolvido a habilidade de comparar quanto sai um quilo de automóvel, um quilo de computador e um quilo de satélite, visando convencer as pessoas de que é preciso exportar satélites e não carne, além do que não tem aftosa... O quilo de carne de exportação custará dez centavos ou algo assim; um quilo de carro doze dólares, cinco o de computador e cinquenta mil o quilo de satélite, então é conveniente porque tem mais valor agregado e não tem aftosa assim que não te vão a fechar a fronteira...” (Gerente de Relações Institucionais)

A justificativa do empreendimento como de interesse nacional se mantém e a natureza estatal do empreendimento permite que seja assim. Porém, os argumentos envolvidos na referida explicação variam adequando-se às novas idéias que se impõem na nova dinâmica.

Em particular, o ideologema “pacote tecnológico” (PT’s) permanece ao longo da história da firma. Embora sua conotação originária refira-se à noção sabatiana vinculada ao pensamento autônomo com relação à tecnologia, como ideologema é o suficientemente ambíguo e pragmático como que para se adequar às distintas situações nas quais a firma opera. Consegue, neste sentido, manter presente a idéia de que é necessário dominar o conjunto do ciclo de produção de uma tecnologia, mas sua assimilação à idéia de “projeto tecnológico” lhe permite “sacrificar” alguns elementos iniciais – como a produção totalmente “*in house*” do produto – em função de novos requisitos de custo exigidos na segunda dinâmica sócio-técnica.

4.1.4. A dimensão espaço-territorial em primeiro plano

4.1.4.1. Mudanças nos horizontes espaço-temporais segundo a dinâmica sócio-técnica

Em termos do escopo espaço-territorial, os horizontes de operação da firma foram modificados em função das características de cada uma das dinâmicas sócio-técnicas pelas quais atravessou durante sua trajetória. Se na primeira dinâmica – ao longo de suas duas primeiras fases de desenvolvimento – as atividades da empresa praticamente se restringiram ao âmbito nacional, a partir da terceira e quarta fases, com o passo para uma nova dinâmica sócio-técnica, o espaço de operações da firma ganhou uma dimensão mundial.

O desenvolvimento das TIC’s facilitou esta inserção da empresa no mercado mundial e praticamente co-evolucionou com a abertura de novos mercados possibilitando o acesso a eles, ainda que a partir de um destino distante dos centros econômicos centrais. No processo licitatório da venda do reator Australiano, uma das características que impressionou favoravelmente os técnicos encarregados da licitação foi a rápida resposta a todos os requerimentos solicitados. Isso, somado à diferença de fuso horário entre ambos os países, fazendo com que as respostas às dúvidas colocadas pelo cliente estivessem em suas mãos no dia seguinte.

Por outro lado, os horizontes temporais também se modificaram. De expectativas de médio-prazo sustentadas pelos Planos Nucleares nacionais, durante a primeira dinâmica sócio-técnica, passou-se, na segunda dinâmica, para uma lógica de funcionamento curto-prazista que foi a que orientou os tempos macro-econômicos da economia argentina.

4.1.4.2. Localização “periférica”, mercados de países subdesenvolvidos e criação de filiais no exterior

A radicação da firma em um país “periférico” (e suas derivações em termos de política internacional) possibilitou a abertura de mercados secundários em outros países subdesenvolvidos (Argélia, Egito, Cuba). A adaptação às demandas de clientes politicamente conflituosos como os argelinos ou o oferecimento de condições de transferência “real” de tecnologias e de conhecimentos, como no caso egípcio, fizeram a oferta da empresa, em alguns casos, a única ou, ainda, de um tipo muito mais atrativo ao dos pacotes estandardizados das grandes firmas do setor.

Com o início da segunda dinâmica sócio-técnica e a entrada a um horizonte de operações mundial a empresa abriu, em 1982, uma subsidiária nos EEUU – *Black River Technology Inc.* (Merrilville, USA). A ela se somou uma subsidiária no Brasil -*INVAP do Brasil Ltda.* (São Paulo) – e oficinas nos locais nos quais foram realizadas obras importantes e com quem a empresa continuou realizando novos negócios ou operações de pós-venda - *INVAP Egypt Branch* (Inshas, Egito), *INVAP Sydney Branch* (Lucas Heights, Austrália). Em todos os casos tratam-se de oficinas de venda ou de representação com não mais do que 3 ou 5 pessoas. Em nenhum caso estas subsidiárias tiveram sob sua responsabilidade a realização de tarefas produtivas e só no momento do desenvolvimento de grandes projetos foi requisitado pessoal permanente da empresa, radicado no lugar, que superasse uma quantidade mínima de duas ou três pessoas.

4.1.4.3. A localização espaço-territorial da iniciativa: dimensão simbólica e consequências para o estilo de produção de conhecimentos tecnológicos

A localização da iniciativa explica algumas das características do estilo sócio-técnico identificado na trajetória analisada.

As condições de isolamento e escassez relativa sob as quais foram conduzidos os primeiros empreendimentos da empresa marcaram um estilo de trabalho centrado na reutilização de materiais e de tecnologias desenvolvidas previamente. Este procedimento é recorrente na empresa e tem-se feito presente no desenvolvimento inicial de alguns dos projetos mais recentes, de maneira que este estilo de trabalho transformou-se numa rotina para a empresa.

As referidas práticas, ao mesmo tempo em que geram um “orgulho” pelo desdobramento de engenho e criatividade que muitas delas implicam, também introduzem um estigma. Isto é, se por um lado recriam uma imagem de “superioridade” por desenvolver as “mesmas coisas com muitos menos recursos”, são visualizadas como “diferentes” e “inferiores” ou mesmo “imprestáveis”, se comparadas com as práticas desenvolvidas por empresas competidoras situadas nos países centrais (Ver Box N° 1). Frases como “*realizamos tecnologia superior à do Primeiro Mundo porque tem que funcionar no Terceiro*” que em algum momento circularam na página web de apresentação da firma corroboram esta percepção.

BOX N° 3 - HISTÓRIA DA ELABORAÇÃO DO PRIMEIRO LIOFILIZADOR

O processo de elaboração de um liofilizador piloto mostra que a metodologia de trabalho baseada na reutilização de materiais e re-significação de tecnologias continua sendo utilizada, ainda na Fase IV da trajetória sócio-técnica da firma. No momento em que um cliente procurou a empresa com a preocupação de gerar uma planta de liofilização, na INVAP S.E. *“não havia uma pessoa que possuísse conhecimento explícito em liofilização de alimentos de forma tal que pudesse em algum momento dizer, bom, ‘isto termina num informe interno onde se diz tudo’...”*. Mas a demanda estava colocada e foi feito um equipamento inicial de prova para gerar os primeiros dados correspondentes à medição de taxas de evaporação de diferentes substâncias (morangos, framboesas). O resultado foi um informe interno prévio à concretização da venda da planta que nunca foi codificado, nem visto pelo cliente, mas que operou como “resguardo” para realizar os passos seguintes. O desenho original dessa primeira equipe de prova foi feito à mão e, em seguida, foi construído um liofilizador piloto. Após tirar uma foto e *scanneá-la* foi introduzida *“a simbologia deste tipo de processo, mas feita à mão alçada... as condições de temperatura, partes dos canos de água, o termotanque que era o gerador de água quente...”*.

A equipe do projeto de liofilização piloto fez o trabalho em 10 dias e com, aproximadamente, 40\$. O único gasto que se fez foi na ferraria para a compra das barrinhas rosqueadas onde se colocam as placas de calefação. As referidas placas - que são “pequenas chapas de alumínio” - foram recolhidas da “sucata”, cortadas do tamanho necessário e levadas à área de tratamento químico para que o dia em que fosse realizado algum galvanizado fossem incluídas no processo, não gerando desta forma custos adicionais.

As resistências calefadoras que se utilizaram tinham sobrado dos ensaios do satélite SAC-C. A câmera existia, só se controlou que os passantes funcionassem bem para assegurar que se obtivessem as condições de vácuo. Abalança utilizada era uma balança analítica que estava quebrada e que tinha deslocado o zero, o que a fazia inutilizável no laboratório. Foi desmontada e dela foi retirado o elemento de medição - a parte de carga - que era muito grande para o aparato desenhado, mas foi utilizada da mesma maneira. O ideal para sua utilização era que tivesse sido esburacado e passado pelo centro para que estivesse no centro de inércia, mas isso supunha experiência para balancear a carga dos alimentos por estar suspenso de um ponto só.

Então, *“pensando em como pegá-lo por fora, pegamos 4 barrinhas, soldamos e ficou pendurada e funcionou...”* E acertar o ponto levou seu tempo, foi necessário calibrar a balança. Para assegurar a medição *“em todas as experiências que fizemos pesamos, antes e depois, com uma balança externa muito boa e, então, checamos a massa no princípio e a diferença que havia depois. Se a diferença se mantém, simplesmente porque está corrido. Não importa como eu meça a diferença, não meço a massa absoluta, mas a diferença com relação à massa inicial, se está corrido o zero não importa”*.

No momento da entrevista se estava “reservando da sucata” um contêiner maior para armar um aparelho de medição maior para 4 ou 5 kg de alimentos porque o primeiro era de 50 gramas e com isso não se conseguia fazer provas com relação à homogeneidade dos alimentos da amostra em quantidades maiores, nem mostrar ao cliente a capacidade da empresa com relação às equipes e processos obtidos.

A foto do aparelho, que foi a base dos experimentos que permitiram adquirir a experiência inicial para a construção de uma planta de liofilização na Argentina e depois vender outra no México, não foi divulgada pela empresa. Uma descrição da foto que ficou na memória mostra – para um leigo – um termotanque apoiado em um banquinho de madeira de onde saem canos que se conectam a um contêiner e uma câmera de vácuo. Não foi possível obter uma cópia da mesma porque isso supunha a divulgação de uma imagem ‘pouco séria’ da empresa. *“Alguém que conhece um liofilizador e vê isto, dirá ‘isto não é um liofilizador’, porque todos os liofilizadores, aqui há um da concorrência (mostrando um folheto de venda de outra empresa), tem este esquema, com o tacho que está aí ao lado, é aço inoxidável, mas estes custam 80.000 dólares e na realidade quando você se envolve no tema é que se conta que estão te matando...”*.

4.1.4.4. A condição periférica (re)criada no micro-acionar dos atores

Em um nível simbólico, a condição “periférica” é recriada em distintos aspectos. Assim, por exemplo, cabe destacar a seqüência já experimentada e comprovada em análise de outras empresas de bens intensivos em conhecimento da região (EMBRAER, Pescarmona), segundo a qual as primeiras exportações se realizaram a outros países subdesenvolvidos para depois “alcançar” os mercados de países desenvolvidos. Por se tratar de tecnologias que, em muitos casos, requerem seja provada sua capacidade de desenvolvimento em experiências prévias, parece esta a única via para adquirir o prestígio suficiente para entrar em mercados “mais exigentes”.

A forma pela qual se recria a condição periférica das ações dos atores na trajetória analisada, no nível micro, manifesta-se no tipo de relações usuário-fornecedor que o ator tecnológico considerado estabelece com os diferentes clientes. As operações da empresa são diferenciadas conforme os clientes sejam firmas ou governos pertencentes a países desenvolvidos ou subdesenvolvidos. Assim, a *INVAP S.E.* opera, no caso de seus clientes de países desenvolvidos, a partir de exigências auto-impostas reconhecidamente mais elevadas do que as de uso comum no mercado. Neste sentido, para participar de mercados mais competitivos, dos quais operam empresas que só por uma questão de “marca” os próprios atores assumem que estão em condições de ganhar a concorrência, é realizado um investimento muito mais alto do que qualquer outro competidor nos processos licitatórios. Assim,

“Nos negócios internacionais temos que lutar contra a imagem de empresa Argentina. Argentina não é um país que tenha tradição na área de tecnologia, não é um país conhecido como fornecedor de tecnologia avançada, então um pouco partimos com esse handicap... o que nós fazemos ou o que nós sentimos que é a única possibilidade que temos para contrarrestar esse handicap de partida, é fazer o melhor possível, passar da medidas, porque se nós fazemos tudo para fazer o mesmo que faz a Siemens, vão dar o contrato para a Siemens, temos que fazê-lo melhor”.(Gerente da Área Nuclear)

Isto supõe que, por exemplo, no caso da pré-qualificação da licitação do reator Australiano o que se fez foi:

“... desenhar o reator para a pré-qualificação... Eles tinham feito um pedido com requisitos muito organizados, quer dizer, tinham doze capítulos e o primeiro era situação financeira da empresa, antecedentes, curriculum do pessoal-chave, estava tudo muito, muito organizado que era o que queriam, não tinha nenhum lugar onde nós pudéssemos meter um desenho, mas nós fomos com um desenho já definido” “... devemos ter investido nesse desenho, em três ou quatro meses, um a quinze mil, vinte mil horas de engenharia em cálculo neutrônico e tudo isso, assim tínhamos bastante para pôr sobre a mesa...” (Sub Gerente da Área Nuclear).

E então, durante o processo licitatório:

“A nossa estratégia foi a mesma da pré-qualificação, dar-lhes mais do que pediam, quer dizer, se eles pediam um, dávamos dois, em profundidade de documentação, em nível de detalhe, em qualidade, em presença...” (Sub Gerente da Área Nuclear)

Este mesmo “preconceito” se faz presente na escolha de uma estratégia *in house* ou de *outsourcing* no desenvolvimento dos produtos vendidos. Assim, quando o cliente é de um país subdesenvolvido e a empresa possui uma experiência maior relativamente aos conhecimentos da contraparte, desenvolve a totalidade do produto. No caso da venda do reator a Egito, a *INVAP S.E.* desenvolveu a totalidade da instrumentação do reator, que é considerada o núcleo da tecnologia que requer este tipo de produto. No entanto, quando se está diante de um cliente com maior capacitação técnica e que abre a entrada ao mercado de países desenvolvidos, prefere “minimizar os riscos” e não desenvolver a instrumentação para não colocar em questão seu próprio prestígio com relação a outros clientes similares (Ver item 1.5.3.).

No desenvolvimento de tecnologias ‘à medida do cliente’ podem-se encontrar esforços incomparáveis aos realizados por outras empresas do setor para atender às necessidades dos destinatários dos produtos. Isto pode ser explicado pelo mencionado “preconceito” que devem enfrentar, quanto às exigências, devido à posição que ocupam, reconhecido pelos próprios atores muitas vezes como “exagerado”.

4.1.5. A dimensão artefactual e praxica em primeiro plano

Nesta seção analisamos a forma em que os atores tecnológicos protagonistas da trajetória analisada concebem os artefatos e definem as práticas que desenvolvem. Como os produtos são concebidos e que marcos tecnológicos promovem a escolha de diferentes modelos de desenvolvimento, estão na base desta dimensão que, embora tenha sido desenvolvida ao longo do capítulo anterior, não foi analisada explicitamente.

4.1.5.1. A busca orientada ao desenvolvimento do produto final

A firma enfrentou os projetos sempre com o objetivo de desenvolver o produto final como um todo. Esta busca pelo desenvolvimento da capacidade de realizar os projetos “ponta a ponta” nasceu junto com a empresa. Essa foi a meta na Fase II com relação à construção da planta de zircônio e depois da planta de enriquecimento de urânio e, também o foi na Fase III, quando a empresa ofereceu a venda de reatores a outros países. Os desenvolvimentos foram efetuados desde sua arquitetura e desenho, passando pela engenharia, até a manufatura e entrega.

Esta capacidade foi imprescindível para competir nos setores de atividade em que a firma se desenvolveu, porém, a definição do produto a ser obtido poderia se ter sido pensada de outra maneira. Neste sentido, uma idéia que na primeira dinâmica sócio-técnica surge como parte dos objetivos estratégicos perseguidos, transforma-se em pré-condição para a sobrevivência durante a segunda.

4.1.5.2. A idéia de “fechar o ciclo do produto” como adaptação às características do sistema local e nacional de inovação

Um elemento vinculado a esta lógica de conceber os artefatos é a idéia presente na área nuclear, na Argentina, desde sua origem, de “fechar o ciclo do produto”. Esta lógica tem sido mantida nas áreas mais recentes, como a espacial, cuja decisão foi a de

desenvolver o satélite completo, sem terceirizar nenhum dos subconjuntos que o integram.

A estratégia de terceirização que pareceria lógica para uma empresa que havia recentemente iniciado sua trajetória em um setor complexo e desconhecido como o espacial e que, além disso, era adotada por empresas do mundo desenvolvido como a canadense, responde a uma racionalidade particular vinculada às características do sistema de inovação argentino. Terceirizar elementos do satélite em um espaço sócio-técnico que não tem tradição no desenvolvimento, por exemplo, de eletrônica de vôo, é um risco demasiado alto para garantir a entrega do produto ‘em tempo e forma’.

Neste sentido, também a idéia de fechar o ciclo do produto, que nas primeiras fases da empresa significou o domínio da tecnologia em um setor em que as restrições se davam por questões de segredo e segurança nacionais, na segunda dinâmica sócio-técnica constituiu-se num elemento que viabilizou a iniciativa em um contexto de desenvolvimento hostil para este tipo de iniciativas, com escassos ou nulos fornecedores especializados, fazendo com que o desenvolvimento *in-house* fosse, em algumas circunstâncias, o único possível.

4.1.5.3. A noção de “tecnologias críticas” e suas conseqüências para as estratégias tecno-produtivas segundo a dinâmica sócio-técnica e a “maturidade” da tecnologia

Um conceito associado à forma de conceber o produto – e às práticas para desenvolvê-lo – é o de “tecnologias críticas”. Este termo está presente no discurso dos atores e é levado em consideração no momento da tomada de decisões estratégicas a respeito de como interagir com o conhecimento e dos artefatos a serem desenvolvidos. Nas palavras de um dos entrevistados:

“... em um satélite há dez coisas que são críticas, assim no nível de caixas, subsistemas... então, mesmo sem saber nada, eu imagino que haverá parafusos melhores ou piores, mas esse não deve ser um aspecto crítico da coisa, se poderão conseguir grandes parafusos bons, não parece que um terá fazer parafusos; agora,

certo manejo de compostos e de adesivos, eu posso comprar o adesivo, mas o desenvolvimento o tenho que fazer aqui, ou seja, eu devo ter pessoas que entendam de adesivos porque hoje será o “A” seguramente amanhã o “B”, isso muda, evolui, então esse é um aspecto sobre o qual você tem que ter controle, tem que ter gente que estude, algum químico que possa ver isso e analisar isso... e desde já, o que é a eletrônica, o sistema de direção e controle, algoritmos, software e as coisas delicadas, as antenas, os radares, as câmeras óticas.” (Sub Gerente da Área Espacial)

Esta idéia de manter *in house* do desenvolvimento das tecnologias críticas foi determinada por outros tipos de considerações estratégico-relacionais a partir do funcionamento em outra dinâmica sócio-técnica e no setor mais “maduro” para a empresa, o nuclear. Neste sentido, as referidas tecnologias críticas deixaram de ser “impreterivelmente” desenvolvidas pela firma. No caso do reator da Austrália o raciocínio para o desenvolvimento ou não da instrumentação do reator levou em consideração um conjunto de elementos que só são significativos no marco de uma dinâmica mercado-cêntrica e operante em um horizonte espaço-temporal mundial. A decisão sobre a sub-contratação de uma firma internacional de reconhecida trajetória implicou um debate no interior da firma, pois se sabia que seria uma mudança “histórica” de critério. Assim, com relação ao desenvolvimento da instrumentação do reator Australiano:

“... decidiu-se subcontratá-lo de uma empresa internacional, Foxboro, e houve uma discussão muito forte porque, de alguma forma, muita gente entendeu isto como uma decisão com projeção histórica, porque era um produto que não estava maduro, mas que era possível ser desenvolvido. Mas aí, tomando a coisa com o critério de produto... É dizer: ‘Bom, justifica desenvolvê-lo se é um produto, ou seja, se é possível vendê-lo em outro lugar’, senão não é um produto... e aproveito isto e trato de chegar a um acordo com a Foxboro porque é uma obra internacionalmente importante. A Foxboro tem o produto quase pronto e aplicá-lo na Austrália lhe dá a oportunidade de se qualificar para instalações deste tipo. Eu faço um acordo com a Foxboro para fazer uma espécie de aliança estratégica e ela é uma empresa famosa neste tipo de coisas. Se eu o faço na minha casa, faço o desenvolvimento próprio, depois vou ter que competir com a Foxboro, porque eu também vou querer vender este produto e em vez de ter a Foxboro como aliada vou tê-la como adversária competindo, bom, com tudo o que isso significa.”

4.1.5.4. A noção de ‘tecnologia na medida’

Por outro lado, como já foi asinalado, a empresa desenvolveu uma trajetória orientada à produção de tecnologias ‘à medida do cliente’. A natureza dos produtos desenvolvidos (em particular, reatores de experimentação e sistemas de satélites) tornava necessário este tipo de desenvolvimento *tailor made*.

A adequação dos artefatos produzidos às demandas pontuais dos clientes constitui para a firma uma das ferramentas mais importantes utilizadas frente a seus competidores de maior tamanho, que por ter uma trajetória mais extensa no setor e uma organização concebida para a produção em série, oferecem produtos relativamente mais padronizados. A forma de vinculação com os clientes e o papel dos usuários na configuração dos conhecimentos, artefatos e sistemas gerados pela firma, constituem aspectos-chave ao longo de toda sua trajetória.

4.1.5.5. O “objeto tecnologia” como conhecimento único de múltiplas aplicações

Por último, a idéia de que “*a tecnologia é uma*” está na base desta forma de conceber a produção de conhecimentos tecnológicos. Trata-se de:

“Um conceito que o primeiro gerente geral nos marcou a fogo que é o tema de que a tecnologia é uma, se uma organização pode fazer reatores, pode fazer satélites e se pode fazer satélites, pode fazer reatores... por isso nos dizia sempre que a INVAP é uma empresa mono-produtora, faz somente uma coisa, sempre fazemos o mesmo, tecnologia” (Gerente da Área Nuclear).

Este conceito permitiu que a passagem de uma área como a nuclear para a espacial não fosse conflituosa em termos de pensar seu desenvolvimento como possível. E, somado a isto, certa audácia – avaliada pela trajetória sócio-técnica estendida ao longo de três décadas de experiência acumulada em projetos de alta complexidade – no momento de encarar novos desafios produtivos, firmada pela necessidade de sobrevivência: “é possível fazer tudo” é uma frase citada pela maioria dos entrevistados, com convicção ideológica.

4.1.6. A dimensão cognitiva em primeiro plano

4.1.6.1. Regime transversal de produção de conhecimentos, re-significação de tecnologias e estratégias tecno-produtivas adequadas ao tipo de produto, escala de exemplares únicos e necessidades dos clientes

Na trajetória sócio-técnica analisada, a capacidade de re-significação de tecnologias e o regime transversal de produção de conhecimentos são combinados de maneira sinérgica. De fato, se fosse preciso definir sinteticamente no que consistem as melhores capacidades tecno-produtivas da firma, deveriam ser destacados três aspectos complementares: tecnologia de sistemas, engenharia de sistemas complexos e capacidade de combinar conhecimentos disponíveis.

A reutilização de conhecimentos, equipamentos e *skills* viabiliza a realização de uma estratégia de mercado em que nenhum desafio tecno-produtivo é considerado, *a priori*, impossível. Os projetos são tratados como problemas passíveis de múltiplas soluções. Sua realização se resolve na construção de soluções adequadas em uma equação que combina as capacidades próprias, a disponibilidade de tecnologia e os requerimentos do cliente/usuário. Esta forma de ver a produção é particularmente adequada à escala de mono-produtos *tailor made*, ao tamanho da firma e à maneira como a empresa se vincula com fornecedores e clientes. Assim, a dinâmica cognitiva interage de modo sinérgico com a orientação das diferentes demandas dos usuários.

4.1.6.2. Práticas de produção de conhecimentos e ‘economias de escala’

As aplicações desta prática em termos de ‘economias de escala’ foram múltiplas, tanto no plano da re-significação de conhecimentos como na reutilização de artefatos (sistemas, aparatos, ferramentas, software) e, ao mesmo tempo, possibilitaram maximizar o aproveitamento da infraestrutura disponível. A *INVAP S.E.* incorporou a área espacial no marco de sua estrutura tecno-produtiva pré-existente sem grandes investimentos

adicionais. Continuaram utilizando – praticamente – as mesmas instalações e equipamentos, sobre os quais foram feitas adaptações (e algumas operações de *technology blending*) para cumprir com os objetivos do novo projeto.

Enquanto a maioria das empresas do setor espacial tem surgido a partir da criação de uma divisão especializada dentro de firmas historicamente dedicadas à produção aeronáutica (e, em menor medida, da criação de firmas independentes), no caso analisado, a diferença da Área Espacial (em termos de edificações, de equipamento, de *layout*, de pessoal), só é distinguível em termos funcionais. A re-significação de tecnologias – e a flexibilidade tecno-produtiva que esta implica – permite compreender, ao menos em parte, tanto a diferente conformação institucional da firma a respeito de sua competência setorial, como sua excepcionalidade em escala internacional.

4.1.6.3. Processos de aprendizagem interativos segundo a dinâmica sócio-técnica

A vantagem da empresa de oferecer soluções orientadas às necessidades do cliente, por sua vez, é que estas produzem importantes processos de *learning by interacting*. Esta modalidade de aprendizagem vem acompanhando a firma desde suas origens e incorpora diferentes atores, conforme a dinâmica sócio-técnica considerada. A interação com organismos estatais de P&D como a CNEA, a CONAE e a NASA em todo momento lhe permitiu incorporar conhecimentos derivados das atividades conjuntas realizadas. Em particular, esta relação se faz mais intensa nos momentos iniciais de incorporação de uma nova área de negócios. Durante a primeira dinâmica Estado-cêntrica, esta foi a principal fonte de conhecimentos para a empresa.

No contexto da segunda dinâmica sócio-técnica, e diante da ampliação dos horizontes de operação da firma, as interações com empresas e institutos de P&D de outros países foram incorporadas como rotina de funcionamento. A participação em licitações internacionais em conjunto com outras empresas foi uma das vias mais utilizadas neste contexto. A queda do muro de Berlim, em 1989, ampliou a rede de fornecedores aos países e empresas da ex-União Soviética que contam com conhecimentos

complementares na atividade nuclear. Assim por exemplo, a empresa se associou a uma empresa húngara especializada em refletores de nêutrons e a um instituto de pesquisa russo que dominava a técnica de fontes frias. Em ambas as áreas, a *INVAP S.E.* não tinha experiência, mas foi uma forma “barata” de acessar um conhecimento que poderia ter sido desenvolvido internamente. Assim, no marco de uma nova dinâmica sócio-técnica e na área de uma tecnologia mais madura como a nuclear, a firma se posicionou como uma integradora dos diversos conhecimentos requeridos para a realização do produto final e, porém, mantendo sua rotina de aquisição de conhecimentos, agora a partir de sua relação com novos atores.

4.1.6.4. A utilização do sistema de patentes como mecanismo de proteção e indicador *proxy* da realização de “inovações”

A propriedade intelectual dos conhecimentos desempenhou um papel relativamente secundário na trajetória sócio-técnica analisada, tanto no plano da geração de inovações (a empresa tem registrado, ao longo de sua trajetória, um número relativamente limitado de patentes) como no dos insumos de conhecimento utilizados (por diversas vias, a empresa detecta e produz os conhecimentos necessários sem realizar pagamentos em licenças e *royalties*). O uso de conhecimentos genéricos, de livre disponibilidade, e a habilidade para transformá-los em específicos mediante práticas de re-significação de tecnologias constituíram seu principal recurso.

Cabe destacar, porém, que no marco da primeira dinâmica sócio-técnica e especialmente na segunda fase de seu desenvolvimento (1976/83), a firma foi mais prolífica no patenteamento de seus desenvolvimentos. Das vinte e uma patentes da empresa registradas até o ano 2000, quinze foram depositadas durante a primeira dinâmica sócio-técnica e apenas seis na segunda. Neste sentido, pode-se dizer que, em condições de funcionamento orientadas por uma estratégia de sobrevivência e na qual a capacidade ociosa se reduz, se debilitaram os esforços para o patenteamento.

4.1.7. A dimensão organizacional em primeiro plano

4.1.7.1. Capacidade de gerenciamento de projetos complexos e estrutura organizacional *ad-hoc* adaptada à flexibilidade exigida pela mudança de dinâmica sócio-técnica

A aquisição de competências em gestão de projetos complexos e o aumento da intensidade do conhecimento técnico-científico foram funcionais ao desenvolvimento da capacidade de diversificação da produção em outro setor de produtos tecnológicos intensivos em conhecimento. Para agregar outros exemplos neste sentido, pode-se assinalar que, como derivação das competências adquiridas no campo espacial, a *INVAP* está desenvolvendo um setor de informática e de comunicações e outro de radares civis e militares para controle do espaço aéreo.

Este processo ocorre paralelamente ao desenvolvimento de uma estrutura organizacional *ad-hoc* adequada às dinâmicas sócio-técnicas no contexto das quais se verifica o funcionamento da firma. A flexibilidade do pessoal para assumir diferentes funções técnicas de maneira simultânea, permite falar da figura de um “engenheiro flexível” como principal caracterização dos profissionais da firma. Normalmente, as empresas dedicadas ao setor aeroespacial são empresas (ou divisões de grandes empresas) hiper-especializadas, com uma quantidade de pessoal qualificado em termos sub-disciplinares.

A empresa, porém, não absorveu novo corpo técnico para a realização dos projetos e sim realocou funções entre seus pesquisadores e engenheiros disponíveis. A contrapartida deste “engenheiro flexível” tornou-a uma organização caracterizada pela alta mobilidade de pessoal, a inexistência de um organograma formal rígido e a organização do trabalho sobre a base de projetos (“PT’s”) que estruturam a distribuição interna do trabalho e os recursos⁸².

⁸² Para um tratamento das características do desenvolvimento deste tipo de organizações, ver a perspectiva centrada na análise de “*complex products and systems*” (CoPS), desenvolvida na literatura de gestão da inovação com o objetivo de analisar a produção de bens e sistemas tecnologicamente complexos, que se caracterizam por apresentar uma lógica diferenciada na

4.1.7.2. Estilo de produção de conhecimentos por “fertilização cruzada” de projetos, organização sob a modalidade de PT’s e política de recursos humanos

A re-significação de conhecimentos que faz parte da lógica de desenvolvimento de diferentes PT’s ao longo da história da empresa, é possível graças ao fato de que a rotação do pessoal da empresa é muito baixa – o que se reflete no fato de que a idade média do pessoal vem aumentando junto com a idade da empresa. O tempo médio de ocupação dos funcionários na empresa é de 12 anos e a idade média é de 43 anos. O corpo de gerentes de área, em particular, integra a firma desde sua conformação. Esta divisão técnica do trabalho por ‘especialização flexível’ viabilizou a prática de diversificação de produtos a um custo relativamente baixo em termos de contratação de pessoal de alta qualificação.

A reutilização de capacidades e a especialização flexível também têm reflexos na quantidade de pessoal empregado. A *INVAP S.E.* é uma empresa considerada de porte médio no âmbito local e conta com um total de 350 pessoas para todas suas operações. As firmas competidoras empregam um número substantivamente maior de pessoas. Por exemplo, firmas do setor nuclear como *Technicatome* e *AECL* contam com 2.025 e 3.600 empregados, respectivamente. Pode-se fazer uma comparação similar com as firmas do setor aeroespacial. Entre as empresas que integram satélites em forma completa *Space Systems/Loral* tem uma planta de mais de 2.000 pessoas e *Boeing Space Systems*, de mais de 8.000.

A formação profissional da maior parte do pessoal, complementada com uma forte tradição de aprendizagem no lugar de trabalho (*learning by learning*), possibilitou tanto a criação e acumulação de conhecimentos genéricos e sua reutilização, como a adoção flexível de diferentes funções e tarefas. A referida formação só em alguns poucos casos alcança o nível de doutorado, porém a maioria dos profissionais responsáveis das áreas técnicas realizou tarefas de pesquisa em algum momento de sua história profissional e/ou continua muito próxima a instituições de pesquisa na condição de professor.

acumulação de destrezas próprias da produção de bens standardizados de produção em massa, em série e em escala (Hobday 1998).

4.1.7.3. Organização *ad hoc* auto-organizada segundo a dinâmica sócio-técnica

Se for possível entender a toda organização formal como uma maneira de organizar a desordem e a incerteza, o interessante no caso estudado é que este efeito é alcançado sem mecanismos formalizados de coordenação de atividades deliberadamente estabelecidos. A firma não realiza um registro sistemático das atividades e conhecimentos adquiridos, de modo que ao se perder um funcionário o conhecimento vai com ele. Assim como a firma obteve uma capacidade de absorção e de geração de conhecimentos destacável sem parecer “se ocupar disso”; historicamente foi construindo uma competência de gestão que, tampouco, resultou de esforços explícitos de aplicação de uma “fórmula” ou metodologia.

Embora tenha contratado uma consultoria externa para analisar a forma de trabalho da empresa, em nenhum momento adotou uma metodologia “comprada”. A formalização de diferentes aspectos do funcionamento correspondeu a decisões tomadas internamente de maneira consensual e foi o resultado de formalizações “próprias” derivadas dos aprendizados realizados por “tentativa e erro”.

A organização de tipo “familiar”, informal e pouco explícita das origens continua vigente mesmo durante o mandato do primeiro gerente geral e apesar da entrada em uma nova dinâmica sócio-técnica. O início da gestão de um novo gerente geral depois da crise, levou em consideração o tipo de mecanismos formais de funcionamento e a lógica da estrutura organizacional existente. No marco da segunda dinâmica sócio-técnica e com a abertura da linha de trabalho no setor espacial, foi reformulada a estrutura organizacional da empresa. Além da introdução de um organograma formal de novo tipo para a firma, a modalidade de trabalho por projetos permanece vigente durante toda a história da empresa. Neste sentido, há uma continuidade neste elemento que explica, em parte, a capacidade de adaptação da firma nas diferentes dinâmicas que percorre.

A combinação de um estilo sócio-técnico baseado na re-significação de tecnologias e uma organização do trabalho por projetos com um manejo organizado da incerteza gerou

as condições de viabilidade da firma no marco das sucessivas crises econômicas e das condições de instabilidade política e institucional que caracterizam o sistema nacional de inovação argentino. A empresa consegue se sustentar internamente de uma forma relativamente estável nas dinâmicas sócio-técnicas caracterizadas por diferentes formas de regulação econômica, política e ideológica. Mesmo demitindo 60% do pessoal no período de crise (1989/91) permaneceu idêntica a si mesma porque manteve os quadros gerenciais e técnicos iniciais, diferentemente das demissões voluntárias que afastaram as pessoas com mais habilidades e experiência das instituições de P&D nacionais.

4.1.7.4. Metas e tipos de trabalho da organização

A organização de tarefas em função do cumprimento de metas percebidas como desafios cognitivos e tecnológicos permitiu, em correspondência, o compromisso dos técnicos e profissionais da empresa a jornadas de trabalho mais extensas e não remuneradas. Isso é o resultado de uma orientação mais “tecnológica” em detrimento de outra, mais “mercadológica”, que ainda continua impondo certas restrições às possibilidades de crescimento e de comercialização de alguns dos produtos desenvolvidos.

O trabalho não estandardizado e com metas consideradas desejáveis é visto pelo pessoal como uma das vantagens de se fazer parte da empresa. A combinação de idéias tecno-nacionalistas, a busca de objetivos associados a interesses coletivos e a auto-percepção baseada em uma elevada confiança nas capacidades próprias para resolver projetos complexos foi complementada, em termos organizacionais, com a criação de uma estrutura *ad-hoc* altamente específica.

4.1.8. Marcos tecnológicos e estilos sócio-técnicos de produção de tecnologias

O marco tecnológico / *technological frame* no qual a firma opera é uma combinação particular de elementos heterogêneos: uma forma de conceber a tecnologia e os artefatos, um estilo particular de construir, utilizar e acumular conhecimentos, uma definição de objetivos considerados desejáveis pelos atores tecnológicos envolvidos.

É de notar que o caso analisado não revela, simplesmente, uma virtuosa acumulação de conhecimentos intrafirma, senão fundamentalmente, uma forma flexível de organização e circulação de conhecimentos que foi adequada (e adaptável) às diferentes situações pelas quais a empresa atravessou ao longo de sua trajetória. Talvez o produto mais interessante da *INVAP S.E.* seja o de ter se mantido viável ao longo de três décadas no problemático e instável cenário político-econômico local caracterizado pela frequência e diversidade de situações de crise estrutural: da hiperinflação ao *default*, do protecionismo à absoluta desregulação, da planificação nacional ao ajuste orçamentário. Quando milhares de empreendimentos empresariais desapareceram – e, ainda, quando muitas empresas transnacionais se retiraram do mercado argentino – a empresa não só continuou funcionando como aprofundou seu processo de aprendizagem e *upgrading* de produtos.

Significativamente, a existência de fatores considerados normalmente desfavoráveis para o desenvolvimento de firmas competitivas intensivas em conhecimento (instabilidade macroeconômica, descontinuidade político-institucional, escassez de crédito, escala reduzida da produção, inexistência de redes tecno-produtivas locais, condição subdesenvolvida do país de origem) tiveram, em diferentes oportunidades, incidência positiva na trajetória sócio-técnica da empresa. Em um processo não-linear, a sequência acumulação de capacidades/crises estruturais gerou uma trajetória de alta adequação sócio-técnica, tanto no que se refere à conformação de suas tecnologias de produto, processo e organização como às condições de *market share* e de posicionamento.

A flexibilidade que permitiu à empresa adaptar-se às condições desfavoráveis das dinâmicas sócio-técnicas argentinas impõe, por sua vez, restrições às possibilidades de crescimento. Evidentemente, outras dimensões para a iniciativa – um quadro maior de pessoal, maior dimensão do capital fixo, produção em série de algum dos produtos desenvolvidos – não seriam viáveis no marco da realidade argentina.

Não obstante, a pesar de parecer uma empresa excepcional no âmbito tecno-produtivo argentino, a *INVAP S.E.* responde a uma lógica particular de desenvolvimento tecno-produtivo local. A partir dos anos 1930, quando se iniciou a industrialização por substituição de importações, produziu-se no país um processo histórico de aparição, extensão, dominância relativa (até mediados da década de 1970) de um estilo sócio-técnico baseado na difusão, e o *up-grading* de operações de re-significação de tecnologias (desde talheres de reparação até produção de computadores pessoais) (Thomas 1995). Neste sentido, a firma analisada, longe de ser uma exceção, constitui uma das amostras mais acabadas dessa lógica de desenvolvimento que também se reproduz em outros segmentos da produção de artefatos intensivos em conhecimento (Ver *Box* N° 4).

BOX Nº 4 – HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO DO PRIMEIRO MICRO-SATÉLITE ARGENTINO

O primeiro microsatélite lançado pela Argentina em 1996, o μ SAT-1, foi desenvolvido no Instituto Universitário Aeronáutico (IUA) em associação com a Província de Córdoba por uma equipe integrada de engenheiros ex-participantes do desenvolvimento do Projeto Cóndor. O satélite, batizado como Víctor, foi lançado do Cosmódromo de Plesetsk na Rússia. Trata-se de um microsatélite de 30k orientado ao compêndio de dados de estações ambientais, hidrológicas e meteorológicas e esteve 3 anos e 3 meses em órbita. Foi desenvolvido como parte de um projeto educativo e de formação de recursos humanos do Instituto, com a participação de alunos e professores no seu desenho, operação e controle. O estilo sócio-técnico de produção de tecnologias intensivas em conhecimento em condições de escassez de recursos também pode ser verificado neste caso e mostra uma prática generalizada no SNI argentino. Muitas das peças foram elaboradas com partes de outros artefatos ou com elementos que podiam se comprar em qualquer comércio e foram adaptadas para resistir às condições de funcionamento no espaço exterior. De acordo com um dos coordenadores do projeto “a compra de material qualificado teria reduzido consideravelmente o tempo de desenvolvimento, mas os custos teriam terminado rapidamente com o projeto”. Um par de exemplos destacáveis de reutilização de materiais foram o uso das molas da braçadeira de um Fiat 128 para o mecanismo de separação do satélite e a refuncionalização de um antigo projetor de cinema, usado como simulador solar de laboratório. “Córdoba: do Víctor I ao Víctor II”, a Voz do interior, Revista Rumbos, 14-12-03, pag.1-4. Cabe destacar que, se por um lado, o micro-satélite constitui uma experiência importante para o âmbito local, os alcances do projeto foram limitados dado que, ainda que ficando em órbita durante 3 anos, as imagens produzidas foram imperfeitas e registradas durante um período muito curto.

Em seu conjunto, a trajetória sócio-técnica analisada permite visualizar a conformação de uma trajetória que se assemelha, em suas características básicas, às trajetórias técnico-produtivas com as quais operam as demais firmas no âmbito nacional/regional. Neste sentido, combina as características do tipo de fábricas metalmeccânicas que melhor se adaptaram às condições de funcionamento dos sistemas nacionais de inovação latino-americanos com um nível médio de industrialização (Brasil, México, Argentina e Colômbia) (Katz 1982). Assim, compartilha com este tipo de indústrias as seguintes características:

- é uma empresa pequena em termos setoriais em nível internacional o que, por sua vez, lhe permite atuar com a dotação de recursos “na exata medida” para os projetos que desenvolve e o tamanho de mercado no qual opera;

- obteve a demanda do setor público – essencial para o tipo de bens que produz – durante sua primeira década de funcionamento e isso lhe permitiu a incorporação de aprendizados (especialmente técnicos e organizacionais) necessários para passar de um ambiente protegido e monopólico para um ambiente competitivo, diante da mudança de dinâmica sócio-técnica;
- opera com uma proporção alta de máquinas, equipamento e ferramentas de fabricação própria ou modificadas *in house*;
- é capaz de internalizar praticamente a totalidade do processo produtivo não dependendo da existência de subcontratadas, o que lhe permite autonomia em momentos recessivos e independência do espaço sócio-técnico em que realiza suas atividades;
- desenvolveu um *lay out* altamente idiossincrásico, através de uma organização flexível que maximiza a utilização dos recursos disponíveis;
- opera com um *mix* de produção alto, com produtos de exemplar único e ‘a pedido’ que desenvolve à ‘medida do cliente’.

Dadas estas características iniciais básicas, a trajetória em questão só pode ser viável com base na conformação ideológica dos atores e de acordo com um particular modo de produzir, organizar e utilizar o conhecimento, juntamente com o estabelecimento de relações particulares com outros atores do sistema local e nacional de inovação. Assim, a maneira em que a tecnologia é concebida, o tipo de organização semipública selecionada (estatal, porém sem subsídios para seu funcionamento), a orientação para objetivos nacionais re-significados ao longo de sua história são elementos que permitem explicar a existência desta trajetória, tanto como os anteriormente descritos e já resenhados pela literatura econômica.

A análise da trajetória sócio-técnica da firma permite vincular fenômenos micro (produtos e processos, práticas, estratégias, estilos, formas organizacionais) e macro (políticas públicas, dinâmicas sócio-institucionais, estruturas estatais, mercados). As capacidades acumuladas (re-significação de tecnologias, reutilização de *skills*, *learning*

by learning), a flexibilidade dos conhecimentos genéricos e a escala mono-produto foram funcionais tanto na adequação *problem solver* dos diferentes projetos encarados, como na adaptação às sucessivas situações de crise e às reorientações radicais da instável política econômica local. Na complexa trama causal da história da firma é possível detectar uma série de relações explicativas:

- a) As sofisticadas demandas estatais do programa nuclear argentino durante a fase II implicaram desafios tecno-produtivos de alta complexidade. A acumulação de capacidades gerada então constituiu a base para a competitividade das fases III e IV.
- b) Assim, em um processo evolutivo e *path dependent*, no momento de maior “proteção” estatal a firma conseguiu adquirir os conhecimentos necessários para sobreviver em períodos em que o Estado desapareceu como cliente. Contrariamente ao que acontece com a maioria das firmas do âmbito regional, isto se conseguiu em um processo de amadurecimento relativamente curto, praticamente inferior a 10 anos.
- c) A lógica inicial, estabelecida pela dinâmica sócio-técnica de substituição de importações (tanto em nível da economia nacional como do setor nuclear em particular), caracterizada pela escassez de fornecedores locais e a conseqüente realização de constantes esforços de produção *in house*, possibilitou a elasticidade de integração de produto (*in house-outsourcing*) realizada durante a fase IV.
- d) A concepção inicial de empresa *mission-oriented* – a serviço do Estado argentino e o desenvolvimento tecno-produtivo local – e sua conseqüente lógica *problem solver* outorgou à firma um *ethos* diferenciado das demais instituições públicas de P&D argentinas (ou, ainda, das empresas estatais locais). Durante as crises, esta concepção foi reformulada orientando-se funcionalmente à sobrevivência da firma.
- e) A capacidade de re-significação de tecnologias e *skills*, em particular, foi um fator chave nos momentos de crise: busca de mercados alternativos, diversificação de produtos, simplificação e *downgrading*.
- f) A escala mono-produto *tailor made* não só possibilitou a adequação à demandas diferenciadas, mas também permitiu gerar uma forte capacidade de resposta tecno-

produtiva com um investimento relativamente escasso em ativos fixos (infraestrutura, máquinas, equipamento), aspecto-chave em um país sem crédito industrial e escasso investimento nacional.

4.1.9. Ensamblagens e dinâmicas sociotécnicas

Destaca-se, finalmente, a constituição de diferentes ajustes sociotécnico ao longo da trajetória considerada, de acordo com os diferentes elementos e marcos tecnológicos que se combinam como resultado da operação em dinâmicas sociotécnicas alternativas.

Assim, a construção de determinados marcos tecnológicos guiados por diferentes lógicas de resolução de problemas derivadas dos diferentes objetivos estabelecidos como desejáveis, estabelece um “adentro” e um “afora” em relação ao qual se incluem ou excluem diferentes atores.

No marco da primeira dinâmica sociotécnica, as idéias tecno-nacionalistas de desenvolvimento tecnológico de certos grupos da *CNEA* se materializaram em decisões estratégicas para o desenvolvimento de tecnologias na área nuclear. Neste contexto, uma ensamblagem sociotécnica foi constituído em torno de um objetivo tecno-produtivo secreto e tecnologicamente desafiante – a produção de enriquecimento de urânio – em função do qual se alinharam o ator estatal e os grupos de atores orientados por convicções ideológicas autônomas com relação à tecnologia e interessados na construção de um tecido produtivo local e nacional qualificado, gerador de emprego e de desenvolvimento social. Estes foram os objetivos originais do Programa orientado ao apoio da indústria nacional nos quais os protagonistas da trajetória considerada se conformaram como atores tecnológicos. Nesse ambiente, e apesar das condições fortemente desfavoráveis para o conjunto da indústria local, foi possível articular os elementos necessários para o desenvolvimento de uma iniciativa produtiva que, paradoxalmente, adquiriu uma dinâmica diferenciada com relação ao espaço sócio-técnico no qual se desenvolveu.

No marco de projetos com elevado conteúdo de desenvolvimento *in-house*, o empreendimento articulou uma rede de fornecedores locais que, em muitos casos, foram

capacitados em processos interativos para a produção dos componentes requeridos pelo projeto. Concretamente, a ensamblagem sociotécnica construído em torno de um “artefato” exemplar, como o foi a planta de enriquecimento de urânio, articulou uma estrutura de poder na qual os fornecedores nacionais e uma importante quantidade de profissionais e técnicos locais estão incluídos.

A segunda dinâmica sócio-técnica neoliberal e crescentemente favorável à abertura comercial da economia, inviabilizou a continuidade da ensamblagem sociotécnica do período anterior. Nesse cenário, foi necessária uma nova articulação de atores e interesses em torno de um marco tecnológico orientado por novos objetivos estabelecidos como desejáveis. A mudança de papel do ator estatal nessa nova conjuntura reconfigurou as possibilidades de desenvolvimento de projetos baseados na lógica da segurança e da soberania nacionais para enfrentar as grandes potências. A única saída concebida como viável para a continuidade da empresa, pelo tipo de produtos desenvolvidos, foi a entrada no mercado internacional. A participação no mercado nuclear, a partir da venda de projetos “ponta a ponta” de reatores nucleares começou a articular uma nova ensamblagem sociotécnica durante a Fase III e se estabilizou na Fase IV da trajetória analisada.

A nova ‘ensamblagem sociotécnica’ que foi construída a partir da participação no mercado internacional “re-funcionalizou” velhos atores e introduziu novos. A articulação dos projetos foi enfrentada com a participação de um velho ator, o Estado, agora em um papel inverso ao sustentado na configuração anterior: passou de contrante para contratado nos projetos executados. A referida ensamblagem, à medida que se estabilizou, foi consolidando a exclusão dos fornecedores nacionais e manteve uma ocupação de profissionais locais muito menor do que a sustentada na ensamblagem anterior, em torno do projeto de enriquecimento de urânio. Se na Fase III da trajetória analisada, e com a entrada na segunda dinâmica sócio-técnica, as diferentes iniciativas de terceirização de algumas das funções antes realizadas *in-house* pela firma se orientaram discursivamente à busca da conformação de um tecido produtivo local dinâmico, os sucessivos fracassos das empresas conformadas por ex-funcionários da empresa mostrou a inviabilidade deste objetivo.

Assim, na Fase IV se estabilizou uma ensambagem sócio-técnica que integrou uma crescente rede internacional de fornecedores e consolidou um tipo de oferta de produtos e determinados custos que afastou a iniciativa das demandas existentes no mercado nacional. Neste novo ajuste, o ator estatal se reposicionou como contratado principal na área espacial.

Porém, a dinâmica do setor de produção de satélites se diferencia radicalmente da do início das atividades produtivas no setor nuclear. Neste sentido, embora o desenho e o desenvolvimento de produtos altamente sofisticados tenham sido mantidos, sua produção baseou-se numa percentagem de componentes importados que chegou a quase 90% do produto, o que gerou uma ensambagem sócio-técnica bem diferenciado daquele que efetuado originalmente e também dos objetivos a partir dos quais a iniciativa surgiu.

Capítulo 5 – Conclusões gerais

5.1. Introdução

As conclusões são organizadas em função de três eixos problemáticos. O primeiro refere-se às evidências encontradas com relação às perguntas com as quais esta pesquisa se iniciou. Serão retomados elementos vinculados às características dos atores envolvidos e sobre como foi possível sua articulação, para avaliar o desenvolvimento tecnoproductivo das experiências de produção de tecnologias intensivas em conhecimento no âmbito local. Incorpora-se, na referida análise, alguns resultados de outros trabalhos orientados ao estudo deste tipo de produções tecnológicas.

O segundo eixo ao qual se refere este capítulo está constituído por uma reflexão sobre as questões teóricas e metodológicas vinculadas ao marco analítico-conceitual desenvolvido nesta tese. Por último, é apresentado o conjunto de insumos que, derivado da análise realizada, pode ser útil para a definição de políticas mais adequadas de ciência, tecnologia e inovação ou, ‘sócio-tecnicamente adequadas’, às condições nas quais se desenvolvem os processos de produção e de utilização de conhecimentos tecnológicos na região.

Antes de avançar, porém, faz falta um esclarecimento. É obvio que a análise de um caso não permite que sejam tiradas conclusões generalizáveis, porém, o objetivo da tese é mostrar a aplicabilidade e utilidade do enfoque sócio-técnico para a análise de experiências que até o momento têm sido maioritariamente estudadas a partir do uso das ferramentas analíticas da economia ou da ciência política. Neste sentido, um dos objetivos deste capítulo é avaliar os aportes que um enfoque como o utilizado pode oferecer para a construção de explicações que, ainda que mais complexas, sejam ao mesmo tempo mais “próximas da realidade” de como se dão os processos de construção de conhecimentos tecnológicos no âmbito local.

O esclarecimento se refere, pontualmente, ao fato de que as afirmações deste capítulo não pretendem – nem poderiam – gerar “lições universais”, mas sim levantar novos elementos e insumos a serem corroborados ou utilizados em estudos futuros. Em todo caso, isso não pode derivar na conclusão de que a complexidade verificada na experiência não pode nem se promover, nem se repetir. O que sim permite concluir é que elementos como os que se conjugaram nesta e em outras experiências similares não podem ser deixados de lado na definição das políticas públicas regionais.

A seguir é apresentado um quadro-resumo sobre o conteúdo deste capítulo final.

QUADRO Nº 13 - ESQUEMA DO CONTEÚDO DAS CONCLUSÕES

Conclusões gerais		
Eixos problemáticos	Conteúdo	
“O caso” e “outros casos” de desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento na região	<i>O caso à luz das perguntas iniciais da pesquisa</i>	Resumo das evidências encontradas
	<i>O caso e outros casos de desenvolvimentos tecno-produtivos intensivos em conhecimento no âmbito latino-americano</i>	Tecnologia e lógica da produção capitalista
		O Estado no início, o desenvolvimento, a continuidade...
		INVAP S.E. e a criação de suas próprias condições de sustentabilidade
		Seqüência evolutiva de produção e venda de tecnologias segundo os mercados
		Tipo de produtos e tipo de mercados
		Tipo de conhecimentos envolvidos nos desenvolvimentos e <i>mix</i> de produção
		A figura dos “guerrilheiros tecnológicos” do lado da produção

		A “periferia” (re)produzida: do sonho pela autonomia à inserção no mercado internacional
A respeito de algumas questões teórico-metodológicas	A unidade de análise considerada: assimetria na análise da firma com relação a outros atores	
	Consequência do enfoque para a utilização de noções “clássicas” da economia • A noção de ‘apropriação de externalidades’ • Sobre a noção de ‘mercado’ e as ‘relações contratuais’ • As noções de ‘trajetória tecnológica’ e ‘trajetória sócio-técnica’	
	O nível de análise dos atores para superar as limitações das explicações econômicas	
	A busca de ‘explicações’ a partir de um enfoque sócio-técnico	
Insumos para a definição de Políticas de CTI locais	As atuais políticas de inovação à luz da experiência analisada	
	O organizacional e o cognitivo em experiências locais de produção de bens intensivos em conhecimento	
	Reverendo a oposição entre “políticas de oferta” vs. “políticas de demanda”	
	Os modelos lineares revisitados a partir do enfoque sócio-técnico	
	A noção de ‘adequação sócio-técnica’ como guia para a definição de políticas de CTI locais e regionais	

5.2. O caso analisado à luz das perguntas iniciais da pesquisa

Esta tese se inicia com a pergunta sobre como foi possível o desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento em um país subdesenvolvido. Diversos elementos foram desenvolvidos para mostrar a lógica com que isso tem sido possível no caso analisado. Nesta seção, as perguntas com as quais esta pesquisa se inicia são retomadas para realizar um resumo das evidências encontradas.

- *¿Como se articularam os grupos sociais locais que realizaram e realizam as operações analisadas de produção de tecnologias intensivas em conhecimento?*

Não é qualquer grupo social que pode se constituir em agente mobilizador dos elementos necessários para levar adiante o desenvolvimento de tecnologias com alto valor agregado em conhecimento. No caso analisado, a **constituição ideológica dos atores** foi fundamental para o início das tarefas de pesquisa destinadas à geração de soluções tecnológicas para a indústria local. Essa mesma constituição ideológica somada à – porém também derivada da – inserção institucional na *CNEA*, permitiu o desenvolvimento de atividades de produção orientadas à busca de autonomia tecnológica através da obtenção de objetivos tecno-produtivos estratégicos. Assim, trata-se de um grupo de **atores socializados na cultura científica** – dominante na instituição na qual desenvolveram suas atividades – mas também **imbuídos das idéias tecno-nacionalistas e próximas a algumas figuras do movimento PLACTS** – interessados em contribuir para o desenvolvimento sócio-econômico através da geração de tecnologias com utilidade produtiva.

Em nenhum momento esses atores, nem mesmo seu promotor mais direto, podem ser comparados à figura de um “empresário inovador schumpeteriano”. Neste sentido, cabe destacar que não **houve nenhum investimento de capital privado** (pessoal ou de terceiros) ao longo da história da trajetória analisada e o “risco” colocado em jogo por parte de seus protagonistas em nenhum caso foi de natureza econômica. Trata-se de uma iniciativa que nasce da aliança de um conjunto de elementos heterogêneos, na qual atores, conhecimentos, recursos materiais e financeiros públicos, se alinham em função da obtenção de determinados **objetivos tecno-produtivos considerados de interesse nacional**. Ainda com a entrada em uma dinâmica mercado-cêntrica, a continuidade da iniciativa foi sustentada pela venda de seus serviços/produtos, mas também pelo apoio político governamental recebido em função de sua visibilidade como uma empresa que responde aos interesses nacionais.

A articulação inicial dos grupos sociais protagonistas da iniciativa pode se estabelecer, então, devido a uma ideologia compartilhada entre grupos tecnocratas dominantes no âmbito institucional da CNEA da época com o interesse, conhecimento e audácia necessários para enfrentar o desafio de concretizar desenvolvimentos tecnicamente sofisticados no setor nuclear. Se é possível se dizer isso dos momentos iniciais, a sobrevivência da empresa só foi possível devido à construção de uma **legitimidade sustentada no prestígio adquirido pelas produções tecnológicas intensivas em conhecimento** e que está longe de ser questionada no âmbito nacional, salvo por grupos ambientalistas minoritários opositores às atividades na área nuclear. Isto não deve dar a entender que a CNEA – como instituição – tenha tido uma política de tipo racional e “*top down*” de apoio à empresa. De fato, muitas vezes foram os conflitos – tanto com a instituição setorial como com outras instâncias do Estado –, que tiveram um papel dinamizador da iniciativa através da definição de estratégias de desenvolvimento alternativas.

- *¿Quais foram as estratégias conduzidas por esses atores na produção do conhecimento necessário para alcançar uma competência de nível internacional?*

As **estratégias de obtenção de conhecimentos** se basearam centralmente na aplicação de uma **racionalidade *problem solver*** para a busca de informação e conhecimentos orientados a determinados objetivos de desenvolvimento. Tanto o segredo dos primeiros projetos, como a escassez de recursos alheios às instituições públicas de P&D de pertença, condicionaram uma prática **centrada na utilização de conhecimentos de livre disponibilidade associada à buscas bibliográficas e mecanismos de comunicação informais** para a resolução dos diferentes aspectos ‘técnicos’ dos projetos.

A formação científica do corpo gerencial, complementada com uma racionalidade de cálculo de custos de engenharia utilizada nos trabalhos iniciais⁸³, constitui parte da

⁸³ Durante as primeiras atividades de desenvolvimento das plantas de esponja de zircônio e de enriquecimento de urânio, o desenvolvimento de *mock ups* e seu escalonamento ao tamanho de planta, foram fundamentais para a geração deste tipo de aprendizagem de cálculo de custos.

trajetória evolutiva da firma na acumulação de diferentes habilidades. Os atores que protagonizam a iniciativa, provenientes eles mesmos das instituições de P&D vinculadas aos desenvolvimentos solicitados, fizeram uso do próprio conhecimento acumulado ou o de seus colegas de instituição e buscaram uma forma organizacional externa ao âmbito da administração estatal para poder operacionalizar seus objetivos. A capacidade para ingressar no mercado internacional no setor nuclear foi adquirida principalmente através dos aprendizados obtidos operando como subcontratada em projetos de exportação da CNEA.

- *¿Que aspectos podem ser considerados idiossincrásicos dos ‘estilos sócio-técnicos’ nacionais ou regionais no caso analisado?*

Identificou-se, no caso analisado, um **estilo sócio-técnico baseado na combinação da reutilização de materiais e conhecimentos e uma organização do trabalho de tipo flexível e informal orientada por uma lógica *problem solver***. A isso deve-se somar uma forma de conceber a tecnologia que constitui o marco tecnológico / *technological frame* genérico que guiou a maneira de operar com o conhecimento tecnológico em diferentes circunstâncias e diante do desenvolvimento de diferentes tecnologias. O referido marco tecnológico se configura a partir das noções de “tecnologias críticas”, “fechamento do ciclo do produto”, “unicidade da tecnologia” que constróem uma **aproximação orientada ao domínio total do processo produtivo**, seja qual for o produto a ser desenvolvido.

Por sua vez, o desenvolvimento de **produtos complexos “à medida do cliente” foi funcional à escala de mercado em que a firma analisada desenvolveu suas atividades**. Tanto devido ao tamanho reduzido do mercado local para bens intensivos em conhecimento, como pela dinâmica internacional de desenvolvimento do setor nuclear, os desenvolvimentos de produtos em série ou de produção contínua não foram viáveis⁸⁴.

⁸⁴ A planta de esponja de zircônio desenvolvida nos inícios da trajetória analisada nunca entrou em operação dado que o preço obtido no mercado internacional uma vez desenvolvida a tecnologia, foi muito menor ao do custo de produção local.

Com relação a isso, a empresa desenvolveu um estilo ‘adequado sócio-tecnicamente’ às necessidades dos diferentes clientes, que pode ser visualizado na forma pela qual foram estabelecidas “relações produtor-usuário” ao longo da trajetória.

- *¿Como se desenvolveram as redes de vinculação entre os produtores locais de tecnologia e outros atores sociais (instituições de P&D, agências de financiamento, instituições financeiras, clientes, fornecedores, público)?*

Uma particular forma de vinculação com outros atores locais tornou possível o desenvolvimento da trajetória analisada. As **estratégias micropolíticas dos atores** foram chave para obter os recursos necessários para os empreendimentos realizados. E isso não só para a obtenção de recursos materiais e cognitivos, senão também para o estabelecimento de vínculos pessoais com setores de alta administração pública capazes de mediar o estabelecimento de acordos políticos e negociações econômicas com outros países. Trata-se de um **estilo micropolítico “personalizado”** no qual a “**reserva**” e o “**perfil baixo**” são adotados deliberadamente para o estabelecimento das relações com outros atores e, ao mesmo tempo, são a **contrapartida de uma intervenção pró-ativa** nos distintos espaços institucionais que podem ser fonte de recursos para o desenvolvimento das atividades.

- *¿De que maneira os processos de construção de tecnologia se integram nas dinâmicas dos sistemas nacionais de inovação e complexos tecno-produtivos aos quais pertencem?*

Pode-se observar a conformação **de ensamblagens sócio-técnicas** diferenciados a partir do funcionamento da iniciativa em diferentes dinâmicas do sistema nacional de inovação argentino. Neste sentido, a articulação da trajetória analisada com os demais atores locais e internacionais se deu de diferentes maneiras conforme tenham sido os elementos intervenientes no funcionamento das dinâmicas sócio-técnicas que se desenvolveram. Se no marco de um **sistema “fechado”, protegido e orientado por**

idéias tecno-nacionalistas a iniciativa operou a partir da **capacitação de fornecedores locais** e com uma **ocupação maior de mão-de-obra local**; em uma **dinâmica de abertura guiada por políticas econômicas de corte neoliberal** se articulou com **fornecedores internacionais** e reduziu a **dotação local de mão-de-obra ao mínimo crítico para o desenvolvimento de suas atividades**.

Ao mesmo tempo, as práticas de construção das tecnologias se modificam em dinâmicas alternativas: os clientes e as relações “usuário-produtor” se diferenciam, as fontes de conhecimento se diversificam, as lógicas de definição de problemas se rearticulam.

- *¿Quais foram os mudanças nas estratégias dos atores tecnológicos locais frente às novas regras de jogos econômicos e institucionais introduzidas na Argentina durante os anos noventa?*

A forma segundo a qual as dinâmicas sócio-técnicas variaram ao longo da trajetória analisada se reflete nas mudanças de estratégias dos atores. Isso não se verifica de uma maneira linear, nem de uma forma isenta de conflitos. A década de 1980 se converteu numa década de transição na qual lentamente o Estado se retira do âmbito produtivo e começa a desregular os mercados. A firma, durante esse período, inicia uma estratégia de busca de clientes alternativos, diminui drasticamente a quantidade de pessoal (associada à demanda proveniente da existência de projetos produtivos estatais) e inicia uma série de passos orientados à adaptação para uma crescente abertura da economia. A **mudança nas regras de jogo que se verifica nos anos 1990** consolida os comportamentos orientados ao funcionamento em uma economia comercialmente aberta e desregulada. Assim, **a empresa incrementa o *outsourcing* de diferentes partes da produção, conforma uma rede de fornecedores e de sócios internacionais** para os grandes projetos e **consolida uma estratégia ativa na busca de novos negócios**.

A diferença com relação às trajetórias sócio-técnicas das demais empresas locais cresce durante o primeiro golpe aperturista da Ditadura militar de 1976 – um período

recessivo para o resto do setor industrial – sob amparo de um “modelo ISI setorial”, e se adequa, durante os anos 1990, a uma dinâmica de abertura comercial aumentando a complexidade e o conteúdo do conhecimento de seus desenvolvimentos, enquanto o resto da economia se reprimariza e transnacionaliza.

- *¿Em que medida as políticas de ciência e tecnologia incidiram nos processos de criação de tecnologia sob análise?*

O Estado teve uma intervenção determinante na iniciativa, mas não através de uma política deliberada, senão “habilitadora” de seu desenvolvimento. Historicamente, a forma mais importante pela qual o Estado capitalista tem moldado a tecnologia tem sido através do financiamento da tecnologia militar. No caso analisado, os setores militares estiveram por trás da definição de uma política estratégica para o setor nuclear, porém, com um projeto “civil” relativamente exitoso que contou com grupos de tecnólogos e cientistas especializados motivados para seu desenvolvimento. Além das – até o momento não provadas – intenções bélicas que existiram em certos setores militares, foi comprovada a capacidade científico-tecnológica existente para desenvolver tecnologia nuclear com fins pacíficos e vedada internacionalmente no momento de seu desenvolvimento.

A operacionalização de essa capacidade foi viável graças ao conjunto de elementos que convergiram para a construção da **trajetória sócio-técnica** analisada. E ela, como foi assinalado, **não pode ser explicada por uma definição de política explícita**. Ao longo da trajetória analisada a **empresa subsiste independentemente e, inclusive, a pesar das políticas governamentais implementadas**. Igualmente ao acontecido em outros âmbitos de desenvolvimento da política científica e tecnológica, a independência com relação às políticas explícitas e implícitas do Estado parece ser o melhor caminho para buscar realizações viáveis no contexto latino-americano (Schwartzman 1995).

Embora as características específicas de um caso, como o analisado, fazem dele – como de todos – uma experiência única, a seguir são identificados alguns elementos da

experiência que podem ser considerados comuns a outras experiências regionais deste tipo.

5.3. Os desenvolvimentos tecno-produtivos intensivos em conhecimento no âmbito latino-americano

5.3.1. Tecnologia e lógica de produção capitalista

Se é uma afirmação consensual que as decisões tecnológicas são tipicamente decisões econômicas e a lógica do capital está por trás de seu desenvolvimento (Hughes 1984, Mackenzie e Wajcman 1985), seria necessário rever esta afirmação à luz do caso analisado.

Inicialmente, a iniciativa surge sob o amparo de projetos estratégicos estatais, embora não destinados a sua promoção, nem contemplando subsídios específicos para seu financiamento. Ao menos no início e por se tratar de um setor - o nuclear - em todos os casos promovido por investimentos estatais, **não houve uma lógica de acumulação capitalista por trás do investimento realizada** (ao menos referente à criação e funcionamento da empresa analisada como unidade de produção). Tampouco houve depois, quando a empresa deixou de estar sob o amparo de projetos estatais estratégicos do âmbito nacional e saiu para o mercado internacional para se auto-sustentar. Assim, **nunca houve comprometimento de investimentos privados no financiamento da firma e, paradoxalmente, uma das condições que parece manter a iniciativa é uma lógica de sobrevivência orientada pela busca da auto-reprodução.**

Isto é assim também em termos da relação “patrão-empregador” no interior da organização. A firma não teve em sua história conflitos laborais fortes e isso em parte se deve à “filosofia” de seus fundadores materializada, por exemplo, na existência de bônus de participação nos lucros. Por sua vez, a raridade com que estes pagamentos se efetivam é um indicador de que a iniciativa só arrecada o necessário para sua manutenção e não tem operado com uma lógica de reprodução ampliada do capital. Neste sentido, poderia se sustentar que a trajetória analisada só foi possível graças às motivações **“extra-**

econômicas” dos atores protagonistas **que envolvem, além da obtenção do próprio sustento, o valor simbólico associado ao desafio que representa realizar este tipo de empresa em um espaço em que isso é pouco comum.** Esta, por outro lado, é uma característica comum à maioria dos empreendimentos de desenvolvimento de produtos intensivos em conhecimento na região, como têm sido os casos das empresas COBRA Computadores e EMBRAER de Brasil ou o desenvolvimento do setor aeronáutico na Argentina, apenas para mencionar os exemplos que citaremos a seguir.

5.3.2. O Estado no início, o desenvolvimento, a continuidade...

O **papel do Estado** ao longo de toda a trajetória sócio-técnica analisada é evidente. No início constitui o **espaço de formação dos atores** que levaram-na adiante, depois o **mercado/cliente e a fonte de conhecimentos** que viabilizou sua existência. Sem a demanda do Estado nacional por desenvolvimentos na área nuclear – a única possível nesse tipo de setor –, as ações iniciais dos atores protagonistas da trajetória considerada não teriam tido continuidade. As atividades originais de desenvolvimentos tecnológicos tendentes à venda para a indústria nacional – durante a Fase I e no marco do PIA – não teriam permitido a continuidade de uma empresa independente, se se considera o momento recessivo (e destrutivo) pelo qual passaram as empresas locais no início da Fase II, quando a firma se constituiu formalmente. Na referida Fase, a primeira como empresa, os integrantes da firma absorveram – ou mais precisamente construíram em colaboração – o conhecimento inicial para o manejo de projetos complexos junto com grupos estatais de pesquisa e desenvolvimento com longa tradição na área nuclear e no marco de contratos administrados pelo Estado.

Ainda que **sem uma política explícita e sem subsídios diretos** para a iniciativa, é possível afirmar que a **quantidade e diversidade de papéis assumidos pelo Estado nacional ao longo da trajetória analisada foi determinante para seu desenvolvimento.** Até o momento, tem sido assim em praticamente todas as experiências de desenvolvimento de tecnologias e produtos intensivos em conhecimento da América Latina. Não obstante, a forma como isso tem ocorrido no caso analisado permite advertir

algumas diferenças frente a outras experiências da região em que empreendimentos tecno-nacionalistas deste tipo têm sido descontinuados/privatizados. Neste sentido, algumas características com relação ao vínculo que a empresa mantém com o Estado devem ser remarcadas para compreender sua viabilidade:

a) **O seu desenvolvimento não dependeu de uma política especificamente orientada, tampouco sua continuidade se viu ameaçada pelas mudanças políticas e pela falta de “políticas de Estado” que caracterizam as instituições governamentais argentinas.** Paradoxalmente, uma “falta” usualmente assinalada – a ausência de políticas explícitas – se converte em uma “virtude” no caso analisado – a independência respeito da instabilidade político institucional que caracteriza o Estado argentino.

Cabe contrapor aqui o caso da indústria aeronáutica na Argentina que pode ser considerado um “fracasso” na consecução do objetivo de construir uma capacidade tecno-produtiva nacional para a fabricação de aviões. Havendo conseguido inicialmente uma acumulação de capacidades que levaram à produção de “caças nacionais” considerados na ‘fronteira do conhecimento’ tecnológica da época (fins dos anos 40), a iniciativa se paralisou com a queda do governo peronista que promoveu seu desenvolvimento (1945/55) (Lalouf 2005).

Por sua vez, a única política tecnológica explícita voltada para o desenvolvimento de setores intensivos em conhecimento na Argentina, durante o período em que se desenvolve a trajetória analisada, a Política Nacional de Informática e Eletrônica (1984/88), não teve resultados alentadores (Aspiazu, Basualdo, e Nochteff 1988; 1990; Nochteff 1995).

b) A iniciativa contou com uma enorme **autonomia com relação às instâncias governamentais no que diz respeito a sua direção e gerenciamento.** Embora seja uma empresa estatal e seu Diretório seja integrado por representantes de instituições governamentais do âmbito nacional e Provincial, a execução das atividades está a cargo de **seus integrantes que a consideram como de sua “propriedade”.** Isto é, a continuidade da iniciativa dependeu historicamente das ações de um grupo social

bastante homogêneo, com interesses e objetivos compartilhados, que alcançaram uma relativa autonomia com relação à dinâmica política governamental.

Neste caso, as semelhanças do caso analisado com as características da empresa informática brasileira COBRA da década de 1970, quando se constitui em uma experiência “exitosa” de desenvolvimento de um “microcomputador brasileiro”, são várias:

- sensação de que a empresa era “própria” por parte dos engenheiros e analistas que a integravam,
- trabalho em equipes auto-organizadas e autônomas no desenvolvimento de suas tarefas,
- comunicação informal, pouco hierárquica e baseada na autoridade técnica,
- crença em objetivos que ultrapassavam os interesses individuais, como o de se opor às multinacionais do setor de informática,
- discurso tecno-nacionalista e confiança na capacidade própria de desenvolvimento (da Costa Marques 2000; Fernandes e Cukierman 2006).

c) Cabe destacar que, no caso analisado, a **“propriedade” da empresa por parte de seus membros tem um resseguro**. Eles são os **únicos possuidores do *know how* – tácito, em sua maior parte – necessário para administrá-la**. Neste sentido, a *expertise* técnica que os gerentes da firma desenvolveram e conservam torna difícil sua substituição e a possibilidade de seu gerenciamento por parte de um “gestor externo”. Com isso, e não só por este motivo, os riscos de sua apropriação por parte de outros potenciais atores interessados, ou ainda, a ameaça relativa sua privatização, são minimizados.

5.3.3. A INVAP S.E. e a criação de suas próprias condições de sustentabilidade

Desde sua origem os integrantes da firma tiveram claro que dependiam dos recursos que ela mesma gerasse. O período de certa estabilidade econômico-financeira que decorreu da implementação dos projetos estratégicos da Área nuclear por parte do Estado pode ter ocultado este fato. Mas a mudança de dinâmica sócio-técnica mostrou que esse fato era estrutural e, de certa forma, os integrantes da firma o “reassumiram” sem maiores conflitos. Outras empresas estatais, chegadas a este ponto, optaram pela privatização e não tiveram a capacidade de administrar o empreendimento.

De fato, a especialização da firma em tecnologias e produtos do setor nuclear pode ser atribuída à existência de uma demanda por parte do Estado no referido setor – embora a leitura deste fato em termos da adequação da oferta a uma demanda seria muito simplista. Apesar de não se ter a intenção de fazer uma história contrafactual, tão só a título de “suposição fundada” pode-se sustentar que as competências iniciais do grupo que conformou a firma poderiam ter sido orientadas para outros campos ou setores tecnológicos no caso da demanda ter operado em outro sentido (obviamente, não totalmente diferente dadas às capacitações iniciais de seus membros).

O **modelo inicial de “fábrica de tecnologia”** de Jorge Sábato no qual se inspiraram seus fundadores e a **idéia de “pacote tecnológico”** – ou produto a ser vendido – como algo indefinido em termos do seu conteúdo, **permite esse funcionamento pragmático**. Este ideologema das origens opera positivamente quando a firma deve redirecionar suas ações em função das mudanças operadas no seu principal e único cliente durante os primeiros anos do seu funcionamento independente.

A mesma operatória orientada à sobrevivência permitiu à empresa gerar suas próprias condições de estabilidade no mercado. Continuou sendo uma Sociedade do Estado quando a tendência no âmbito local e regional, durante os anos 1990, foi a privatização da maioria. E isso se deveu também ao fato de que a empresa **difícilmente seria “operável” a partir da lógica capitalista de um investidor privado**. Embora desde a entrada na segunda dinâmica sócio-técnica mercado-cêntrica a empresa venha se orientando à busca de novos negócios e participando de uma lógica empresarial que se

assemelha cada vez mais a da suas concorrentes (internacionalização da rede de fornecedores, *outsourcing* definido por questões de custo ou de estratégia comercial etc.), **sua contraparte indispensável continua sendo o Estado nacional**. E tem se mostrado que essa **relação só é possível levando em conta as particulares características de ambos os atores**.

Uma **organização baseada em projetos, não excessivamente hierárquica, com uma alta comunicação informal e “engenheiros flexíveis”** é outro dos elementos que **permitem sua adaptação, relativamente rápida, às mudanças de dinâmica sócio-técnica e, inclusive, uma resposta pró-ativa diante das profundas crises econômicas nacionais**. Assim, cada momento de crise foi o disparador de uma nova iniciativa da firma – atitude que se complementa com o fato de que ainda nos momentos de maior “bonança” manteve esforços em direção à realização de novos desenvolvimentos. Embora com uma racionalidade orientada por desafios tecno-cognitivos e não tanto por uma estratégia de mercado, o permanente desenvolvimento de novos produtos permitiu aos integrantes da empresa manter e acumular competências que depois foram utilizadas nos projetos efetivamente comercializados.

5.3.4. Seqüência evolutiva de produção e venda de tecnologias segundo os mercados

Um tema que pode ser revisto a partir das evidências encontradas refere-se à **seqüência de “imitação/ modificação/ re-desenho / inovação”**, normalmente assinalada pela literatura evolucionista, **que se verifica nas “trajetórias tecnológicas” típicas de países subdesenvolvidos** (Katz 1982; Kim 2000; Kim e Nelson 2000; Lee 2005). Seja porque o desempenho da empresa se iniciou em um setor no qual o segredo não permitia o acesso ao “produto a ser copiado” ou por se tratar do desenvolvimento de produtos adaptados às especificações do cliente, as **capacidades de desenvolvimento de produtos foram exploradas desde o início da trajetória** em contraposição à imagem destacada pela referida literatura. A **seqüência de aprendizagem** que caracteriza as *‘catching-up firms’* com base numa lógica **que vai do licenciamento passando pela sub-contratação**

até chegar ao desenvolvimento do produto completo, tampouco se deu no caso analisado.

A estratégia de desenvolvimento de produtos finais acabados e do domínio do ciclo completo do produto, desde as origens faz parte da “filosofia” dos fundadores da firma. Este domínio foi o que permitiu à empresa na última fase de sua trajetória definir a proporção de desenvolvimentos *in-house* ou importados que integram os produtos desenvolvidos. Neste sentido, **só esta trajetória parece ter lhe permitido adquirir a capacidade de se constituir numa “integradora” de sistemas complexos obtendo o rédito que implica o controle do processo total.** Cabe destacar que o referido controle do processo total de produção não é apenas um elemento que faz da firma um ator competitivo no mercado setorial. Combinado com o tipo de organização flexível que mobiliza os recursos humanos da firma através de diferentes projetos, é também uma motivação para seus integrantes que percebem sua própria contribuição como parte de um processo maior orientado a “um fim com sentido”.

Por sua vez, a **seqüência evolutiva relativa ao tipo de mercados** que a firma acessa se verifica em outras firmas exportadoras de bens intensivos em conhecimento da região. A seqüência “mercado nacional → exportações à América Latina → exportações a outros países subdesenvolvidos → exportações a países desenvolvidos” se observa neste caso. E também, como em outras trajetórias de exportações deste tipo de produtos, por último se ingressa aos mercados de países asiáticos⁸⁵.

A **localização “periférica”** influi na forma e nas possibilidades das empresas locais de competir internacionalmente. Porém, o fato de provir de um espaço sócio-técnico sem

⁸⁵ O caso de EMBRAER S.E./S.A. se assemelha neste sentido. Começa sua trajetória com a venda de aviões no mercado nacional, depois no latino-americano e, por último, nos EEUU e na Europa. No caso da empresa Argentina IMPSA S.A., que nos anos 1970 começa a produzir bens de capital de alto valor agregado com a venda de guindastes-ponte quase na sua totalidade a clientes de Argentina, a partir de meados de 1980 ela expande suas vendas internacionais de turbinas e sistemas hidroelétricos a países latino-americanos, depois a países desenvolvidos e, por último, nos anos 1990, inicia algumas vendas a países asiáticos.

uma tradição tecnológica historicamente consolidada – normalmente uma assinalada desvantagem – se converte numa **vantagem dinâmica se se leva em conta que permite a entrada em mercados desconsiderados pelas empresas dos países desenvolvidos.** No caso analisado, a constituição da empresa como um **“fornecedor de tecnologia desenvolvido” em mercados com menor desenvolvimento relativo e “problemáticos” ou “sujos” para empresas competidoras** (Argélia, Cuba, Irã, Egito), **permitiu o desenvolvimento de uma trajetória de aprendizagem viável em um setor em que as obras prévias são uma carta de apresentação indispensável para poder participar.**

5.3.5. Tipo de produtos e tipo de mercados

Os **produtos principais das empresas de alta tecnologia da região são de tipo “exemplar único” e *tailor made*.** Dada sua complexidade, os requerimentos dos clientes e sua aplicação em diferentes situações requerem um desenho *ad-hoc* praticamente para cada venda. Isso oferece diferentes vantagens **em termos de adequação às condições produtivas locais:**

- a) Tratam-se de **produtos para os quais as patentes não têm utilidade** dado que não há possibilidade de imitação dos mesmos. Isto se adapta às condições desvantajosas que os países subdesenvolvidos têm para utilizar este mecanismo no âmbito jurídico internacional (custos de patenteamento e de manutenção excessivamente altos para os orçamentos locais, legislações inadequadas às características dos desenvolvimentos tecnológicos locais e de empresas de menor tamanho, *expertise* quase nula na sua utilização como mecanismo de proteção etc.).
- b) **A atenção às necessidades dos clientes é o espaço no qual se pode obter vantagens com relação às grandes empresas internacionais** que, pelo prestígio adquirido e certa standardização alcançada por ter tido uma demanda sustentada ao longo de sua história, não são tão permeáveis aos requerimentos específicos de cada cliente. Esta é uma característica que historicamente representa uma vantagem

competitiva para as exportações de tecnologia provenientes da região (Katz e Ablin 1978).

- c) A **escala reduzida dos mercados locais** também tem sido sempre referenciada como um obstáculo para o desenvolvimento de produtos em série e/ou intensivos em conhecimento em América Latina. A ausência de mercados internos grandes, com uma boa distribuição de renda e com consumidores com um alto poder aquisitivo, assim como a histórica falta de importantes investimentos públicos ou privados, faz do desenvolvimento de produtos em séries reduzidas a forma mais adequada para se manter no mercado regional.

5.3.6. Tipo de conhecimentos envolvidos nos desenvolvimentos e *mix* de produção

O **aprendizado transversal** dos membros da firma através da passagem entre diferentes projetos foi essencial para a criação de competências e conhecimentos no interior da firma. **O desenvolvimento destas competências lhes permitiu se adaptar a demandas novas e operar com uma abertura do *mix* de produção que praticamente equivale**, salvo em algumas poucas linhas de produtos em séries curtas, **à quantidade de contratos existentes**. Este é um elemento que caracteriza as firmas da região e também a trajetória sócio-técnica analisada, provendo um elemento a mais para sua adequação ao entorno local (Katz 1982).

O **tipo de conhecimentos genéricos e utilizáveis em várias aplicações tecnoproductivas gera uma flexibilidade adequada para a escala de mercado e o tipo de produtos dos países latino-americanos com maiores possibilidades de entrar em mercados internacionais** (Bercovich e Katz 1990). A vantagem para a entrada em mercados mais competitivos não se deve a uma “competitividade custo” derivada da produção seriada e do custo local da mão-de-obra (como é o caso dos países asiáticos), mas resulta de uma **competitividade de custo/qualidade para produtos complexos, adaptados ao cliente e com alto valor agregado**. A informação obtida não permite

confirmar se se trata de uma trajetória que, embora sustente e crie empregos qualificados, opera no mercado internacional sobre a base de preços muito próximos aos custos de produção.

5.3.7. A figura dos “guerrilheiros tecnológicos” pelo lado da produção

Ao analisar as políticas de ciência e tecnologia da América Latina, Emanuel Adler se refere às “**guerrilhas pragmáticas antidependentistas**” como aqueles **grupos de intelectuais que em suas relações formais e informais com os políticos e tomadores de decisões, influenciaram os processos de definição das políticas de C&T atuando como “elites subversivas” portadoras de ideologias opositoras às estabelecidas** (Adler 1987: 90-94). Em contraposição à ideologia do *laissez faire* tecnológico que deixa nas mãos do mercado as decisões em matéria tecnológica, o antidependentismo advoga pela definição de políticas orientadas à obtenção de autonomia tecnológica como uma via para alcançar o desenvolvimento sócio-econômico dos países latino-americanos. Adler diferencia duas vertentes no interior da ideologia tecno-nacionalista: um “antidependentismo estrutural”, representado pelo pensamento de Amílcar Herrera, que sustenta que a estrutura da dependência não pode se modificar dentro do sistema capitalista e um “antidependentismo pragmático” entre cujos principais representantes se encontra Jorge Sábato.

O “**antipendentismo pragmático**” não nega que a tecnologia se encontra culturalmente determinada, mas - diferentemente do “estruturalista”- considera que os países latino-americanos necessitam assimilar a tecnologia existente no mundo desenvolvido como uma forma de aquisição de capacidades para alcançar a autodeterminação. A versão pragmática do antidependentismo advoga pela produção local de tecnologia, mas sustenta que uma política estratégica com relação às firmas de capital estrangeiro e à importação de tecnologia com “abertura do pacote tecnológico” é uma via que deve ser explorada para alcançar seu controle. Assim, Sábato propõe o conceito de “**regime de tecnologia**” como a **adequada combinação entre tecnologias**

importadas e localmente geradas para alcançar capacidades endógenas de desenvolvimento tecnológico.

Segundo um dos entrevistados, Jorge Sábato sustentou, numa conversa informal, que a *INVAP S.E.* era a mais parecida com seu conceito de “fábrica de tecnologia” que tinha conseguido se concretizar. Se a história da *CNEA* pode ser considerada um exemplo do “pragmatismo antidependentista” e das ações das “guerrilhas intelectuais” na determinação da política científica e tecnológica (Adler 1987:303), a *INVAP* poderia ser compreendida como o resultado de um ação similar orientada por essa mesma ideologia, no âmbito da produção.

A racionalidade da ação relacional-estratégica dos integrantes da empresa é melhor interpretada à luz da idéia de Adler sobre as “**guerrilhas tecnológicas**” do que a partir da figura do “**empreendedor tecnológico**” difundida na literatura de promoção de iniciativas ‘de base tecnológica’ na região. Talvez a noção de “**empreendedor público**” de Ramamurti (1987) se adapte à figura do primeiro gerente geral da firma, mas a idéia que subjaz a esta figura, em termos da capacidade de um só indivíduo para sustentar a iniciativa, não condiz com a realidade observada. **Todos os integrantes do corpo gerencial da firma**, aos quais se somam colegas do âmbito institucional da *CNEA*, e **altos funcionários da administração estatal**, afinados ao desenvolvimento das atividades da equipe, tornaram **possível a iniciativa através de um mesmo estilo de operacionalização dos diferentes objetivos da firma.**

5.3.8. A periferia (re)produzida: do sonho pela autonomia à inserção no mercado internacional

Foram destacados ao longo do trabalho diversos elementos que permitem observar os “preconceitos” – mais ou menos fundamentados – com os quais operam os membros da firma com relação a sua localização em um espaço sócio-técnico subdesenvolvido, que reproduz a condição periférica na própria ação dos atores. Não se repete aqui o conteúdo já desenvolvido nos capítulos anteriores, mas sim se apresenta uma interpretação da

trajetória analisada com base na idéia que concebe a **“condição periférica”** como uma **construção resultante da ação dos próprios atores e não como um “fator estrutural externo”** que poderia ser considerado como pré-existente.

- Uma versão “otimista” dos fatos...

A iniciativa se desenvolve no marco de uma dinâmica sócio-técnica que desde meados da década de 1980 até a atualidade caracteriza-se por:

- um ambiente econômico crescentemente aberto e desregulado e cronicamente inflacionário, o que coloca para os atores horizontes temporais de curto prazo e desvia os investimentos para o setor financeiro induzindo comportamentos rentistas;
- uma dinâmica tecnológica que se baseia na importação de tecnologias como a principal fonte de mudança tecnológica;
- um aumento, especialmente a partir dos anos 1990, dos componentes importados dos produtos, a baixa nos preços dos bens de capital e um acesso maior e mais barato à assistência técnica especializada externa prescindindo dos conhecimentos técnicos e dos serviços de engenharia locais;
- um comportamento inovativo das firmas orientado à realização de adaptações menores e operações de re-significação de tecnologias;
- uma crescente presença de empresas estrangeiras dependentes do conhecimento tecnológico gerado em suas matrizes;
- a redução das instituições públicas de P&D e a privatização dos grandes laboratórios de P&D das empresas estatais;
- fracas interações sinérgicas entre as instituições públicas de pesquisa e desenvolvimento e o setor produtivo;

- o predomínio de uma ideologia neoliberal que centra as decisões em matéria tecnológica na lógica de mercado e sustenta o princípio de subsidiariedade do Estado.

No referido “contexto periférico” a *INVAP S.E.* desenvolveu bens intensivos em conhecimento, competitivos no âmbito internacional. De aí que o “contexto” parece não ter impedido a existência da trajetória analisada e não pode ser entendido como um determinante ‘estrutural’ não modificável de experiências deste tipo.

Por sua vez, no marco da iniciativa são desenvolvidos comportamentos que contrariam a lógica de desenvolvimento de conhecimentos caracterizada como de “integração subordinada” em função de sua localização em um país “periférico” (Kreimer 2000). A trajetória de cientistas no exterior fazendo parte de equipes de pesquisa de países centrais e em temas de “ciência básica” gerados exogenamente é reconfigurada no interior da firma por interesses localmente formulados e orientados à solução de problemas tecnológicos. Isto mostra que a existência de um objetivo de desenvolvimento claro não só redefine os conteúdos de pesquisa desenvolvidos pelos cientistas, mas também permite transformar o regime disciplinar de produção de conhecimentos no qual estavam envolvidos.

- Uma versão “pessimista” dos fatos...

A análise também pode ser realizada em outro sentido. A própria idéia pragmática de “fábrica de tecnologia” ou de “pacote tecnológico” na qual se inspira a firma, permitiu – ou promoveu – a flexibilidade necessária para sobreviver no marco de dinâmicas sócio-técnicas desvantajosas. Isso, porém, também permitiu integrar a firma à lógica dos interesses hegemônicos do mercado de tecnologias intensivas em conhecimento correspondentes aos países desenvolvidos. Assim, o mesmo tecno-nacionalismo que nas origens do projeto imbuía a experiência de um sentido de produção soberana frente às restrições impostas pelos EEUU, permitiu na atualidade uma integração à lógica dos interesses do mercado capitalista independentemente dos projetos a serem desenvolvidos.

Assim, além das intenções iniciais da experiência, sua integração ao mercado mundial a partir da entrada a uma nova dinâmica sócio-técnica reorienta sua estratégia de desenvolvimento e a “separa”, em vários aspectos, do espaço sócio-técnico em que se desenvolve. Por um lado, a operação em negócios internacionais e o tipo de estrutura administrativa que requer seu funcionamento impõem custos demasiado altos para responder às necessidades da maior parte dos participantes do tecido produtivo local. Em segundo lugar, adquire uma lógica de produção que incorpora cada vez mais insumos e fornecedores estrangeiros. E, por último, define os produtos a serem desenvolvidos em função dos interesses do mercado, em particular, crescentemente dos clientes do mercado internacional.

Se por um lado isto permite sua sobrevivência, ao mesmo tempo define uma agenda de pesquisa e desenvolvimento afastada das “necessidades nacionais”. Assim, a mesma lógica que a faz viável, a afasta dos objetivos tecno-nacionalistas iniciais centrados na busca de uma maior equidade e distribuição da riqueza nacional a partir do apoio aos demais setores da indústria nacional, a geração de emprego e a promoção de fornecedores locais.

O tecno-nacionalismo pragmático que deu origem à iniciativa, tornou possível sua sobrevivência por lhe permitir operar tanto em dinâmicas que existiam nas estratégias nacionalistas de médio prazo, como nas que não existiam. Se o pragmatismo antidependentista se preocupou mais com a idéia de autodeterminação tecnológica que com a de autonomia (Adler, 1987), esta limitação das origens continua demarcando o horizonte de possíveis objetivos alternativos (re)produzindo os elementos que consolidam a “condição periférica” em um sentido político.

5.4. A propósito de algumas questões teórico-metodológicas

O marco analítico-conceitual desenvolvido nesta tese permite salvar algumas das debilidades presentes nas teorizações da economia da inovação e introduzir um novo enfoque para a análise dos processos de mudança tecnológica e social. A seguir são apresentadas algumas reflexões orientadas a realizar uma avaliação sobre esses aportes.

5.4.1. A unidade de análise considerada: assimetria na análise da firma com relação a outros atores

O estudo de “**trajetórias sócio-técnicas**” permite analisar o conjunto de elementos heterogêneos que estão envolvidos nos processos de mudança e de produção de conhecimentos tecnológicos. Uma **unidade de análise que supere os limites da firma como o locus da inovação e dos processos de mudança tecnológica** é mais que frutífera por varias razões⁸⁶. Apesar de se ter a firma *INVAP S.E.* de maneira explícita na descrição de diferentes dimensões da trajetória analisada, também é certo que os processos de produção de tecnologias intensivas em conhecimento analisados são incompreensíveis caso não se leve em conta as origens do grupo de atores que criou formalmente a empresa, as motivações para sua criação e as múltiplas relações que se dão entre a mencionada organização/instituição com o ator estatal, outros clientes e os fornecedores. A assimetria que gerou a compreensão da firma como o limite (para fora ou para dentro) da análise pode ser vista em vários sentidos.

Por um lado, não **teria sido possível internalizar um ator chave como o Estado nos processos de produção de conhecimentos**. Por outro, a **noção de ‘estratégia’ como interna à firma não permite compreender a racionalidade dos atores que a**

⁸⁶ Embora existam vários trabalhos em que este tema é colocado, em geral o ponto de partida para ampliar o espectro da análise continua sendo a firma e quando se assumem outras unidades de análise como, por exemplo, “configurações de desenho”, “regimes tecnológicos” ou “paradigmas estratégicos” (Metcalf e Boden 1992, Jovanovich, Saviotti e Metcalf 1984), os elementos considerados continuam se referindo à “relação entre tecnologia e estratégia tecnológica” sem oferecer ferramentas para a análise dos aspectos ideológicos e políticos que enraízam referidas estratégias no espaço sócio-técnico específico em que se desenvolvem.

conformam ao não enraizar suas escolhas no marco de dinâmicas sócio-técnicas e societais que superam seus limites como organização. Neste sentido, a literatura de gestão da inovação ou de gestão do conhecimento é insuficiente para dar conta da racionalidade das práticas dos atores que se constituem em função de ideologias que dificilmente poderiam ser consideradas como integrando parte da firma por corresponder à dinâmicas sócio-técnicas mais amplas.

Ao mesmo tempo, a compreensão da **firma não só como uma organização, mas também como uma instituição** que consegue influenciar em um espaço que supera os seus limites internos é de utilidade para dar conta dos processos que permitem explicar sua viabilidade. Um enfoque teórico-metodológico centrado na firma enquanto organização como eixo de suas reflexões tende a ser impermeável às considerações que são feitas ao conjunto de alianças e elementos que se articulam para dar lugar ao ‘funcionamento’ de uma empresa produtora de artefatos intensivos em conhecimento em espaços em que isso não faz parte de uma dinâmica generalizada.

5.4.2. Consequência deste enfoque para a utilização de noções “clássicas” da economia

5.4.2.1. A noção de ‘apropriação de externalidades’

Em função do proposto ao longo da tese, vários conceitos de uso comum nas análises econômicas podem ser revisitados. Neste sentido, a conceitualização dos processos de incorporação de conhecimentos à produção através da idéia de “apropriação de externalidades” geradas pelas atividades de P&D públicas parece insuficiente como ferramenta conceitual para compreender os processos de construção de conhecimentos descritos ao longo da análise do caso considerado. De fato, simplifica processos sociais que envolvem interações complexas entre atores e elementos heterogêneos que devem ser considerados para explicar o que ‘realmente’ acontece.

Em particular, no caso analisado, a forma em que os atores tecnológicos utilizaram o conhecimento desenvolvido no interior de uma instituição pública de P&D dificilmente

poderia ser concebido nestes termos. Neste sentido, em alguns casos os mesmos sujeitos que desenvolvem inicialmente os conhecimentos no interior da instituição, os utilizam como parte de sua bagagem cognitiva quando operam no interior da firma. Assim mesmo, o aprendizado interativo que teve lugar durante os processos de produção de tecnologias desenvolvidos, dificilmente pode ser analisado como uma “transferência” ou “apropriação” posterior ao mesmo processo de sua produção.

5.4.2.2. Sobre a noção de ‘mercado’ e as ‘relações contratuais’

Uma noção inquestionável e onipresente nas análises da mudança tecnológica é a idéia de “mercado” e seu funcionamento com base nas “relações contratuais” orientadas pela lógica de produção capitalista segundo uma racionalidade unívoca de cálculo econômico. O que foi visto no caso analisado permite corroborar que o ‘funcionamento’ dos mercados e a mesma existência de ‘relações contratuais’ entre os diferentes atores, requer o conhecimento dos elementos que as ‘enquadram’ para sua compreensão (Goffman 1974). Não se pode adjudicar aos atores uma capacidade de cálculo racional pré-existente. A forma em que a mencionada racionalidade é adquirida não pode ser compreendida mais que no marco de relações específicas de funcionamento (Callon 1992, Granovetter 1985).

Este tipo de análise sociológica das relações econômicas ainda é pouco freqüente nos trabalhos de economistas e muito menos é considerada quando se formulam políticas de C&T. Neste sentido, as diferentes relações entre os atores protagonistas da experiência analisada dificilmente poderiam ser compreendidas em termos da adequação de uma oferta a uma demanda. Tratam-se de relações para as quais se requer algo mais do que a idéia de co-evolução, se o objetivo é compreender seu conteúdo. Sem caracterizar os elementos envolvidos na co-constituição dos atores é impossível recuperar a raíz presente nessas relações, imprescindível para sua compreensão.

5.4.2.3. As noções de ‘trajetória tecnológica’ e ‘trajetória sócio-técnica’

A utilização do conceito de trajetória sócio-técnica, diferentemente da difundida noção de trajetória tecnológica introduzida por Dosi (1982), mostra sua capacidade para superar as explicações mono-deterministas, sejam deterministas tecnológicas ou sociais. A idéia de compreender a trajetória de uma organização (ou uma instituição) como a co-evolução de elementos heterogêneos, abre possibilidades explicativas ao não definir, *a priori*, a existência de algum fator como determinante. Em alguns casos, por exemplo, Nelson (1996), se continuam diferenciando as tecnologias “duras” (tecnológicas propriamente ditas) das “brandas” (organizacionais) para estabelecer que as trajetórias econômicas são determinadas pelas primeiras, sendo as segundas concebidas simplesmente como derivadas.

O conceito de trajetória sócio-técnica, entendida como a co-evolução de elementos heterogêneos entre os quais se incluem marcos tecnológicos / *technological frames* que enquadram os objetivos e a lógica de tomada de decisões dos atores, permite internalizar na análise da produção de tecnologias elementos raramente levados em conta nos estudos econômicos. E isso, com o objetivo de abrir a “caixa preta” não só da firma, mas dos processos de produção de conhecimentos tecnológicos em um espaço sócio-cognitivo que não necessariamente remete aos limites organizacionais da firma.

A análise de trajetórias sócio-técnicas e “não só tecnológicas”, por exemplo, no caso analisado, permitiu a compreensão da forma de conceber os conhecimentos e de produzir tecnologias em função da consideração de elementos irredutíveis à simples dinâmica tecnológica ou empresarial. Assim, a análise derivada permite ver que opções como a de elaborar o produto final e dominar o ciclo total de produção, não teriam sido possíveis sem considerar a constituição ideológica dos atores tecnológicos que protagonizam a iniciativa. Os objetivos e as metas que conformam o marco tecnológico adotado, não remetem apenas aos aspectos técnicos do processo de produção de um reator nuclear ou um satélite. As mesmas decisões técnicas de desenvolvimento dos produtos foram determinadas por idéias sobre “o desejável” que influenciaram de diferentes maneiras as estratégias adotadas com relação a sua produção.

5.4.3. O nível de análise dos atores para superar as limitações das explicações econômicas

Uma das suposições que está na base da aproximação teórica proposta é a de que o plano dos atores constitui o espaço de explicação dos processos sociais, sejam econômicos, de mudança tecnológica, políticos etc. Daí, a busca derivada de integrar a análise sociológica a algumas categorias que, utilizadas pela economia para explicar a mudança tecnológica, são insuficientes em termos de sua capacidade explicativa para dar conta dos processos sociais aos quais se referem. Neste sentido, as “rotinas” das firmas, determinantes do desempenho econômico para as visões evolucionista e regulacionista da mudança tecnológica, não podem ser compreendidas sem o conhecimento dos atores que as colocam em prática. E a maneira como são compreendidos os atores, por sua vez, é determinante para a possibilidade de perceber as diferentes estratégias e sua relação com elementos tanto políticos como ideológicos, usualmente ausentes nas análises econômicas.

5.4.4. Na busca de ‘explicações’ a partir de um enfoque sócio-técnico

Uma das principais dificuldades metodológicas da aplicação de um enfoque como o desenvolvido está relacionada à identificação de explicações sobre os fenômenos analisados. O aporte que se espera explorar a partir do desenvolvimento do marco analítico proposto, refere-se à superação de relatos funcionais sobre ‘como’ se deram as coisas ou, inclusive, como co-evolucionaram. A pergunta pelo ‘como’ corre o risco de não estabelecer hierarquias explicativas entre os distintos elementos de um processo determinado ou gerar explicações funcionais que determinem que as coisas não poderiam ter sido de outra maneira. Por sua vez, a análise de raiz biológica em termos de co-evolução define que certos processos se dão conjuntamente em função de uma escolha que permite sobreviver, por exemplo, a determinadas formas organizacionais e não a

outras, mas não explica de que maneira esses processos de escolha operam e, por isso, deixam de explicar como acontecem.

Agora, para que uma pergunta pelo ‘como se dão as coisas’ dê lugar à explicações sobre os ‘por quês’, propõe-se entender os processos sociais em termos ‘estratégico relacionais’⁸⁷. E isso, tanto para buscar relações entre elementos heterogêneos como para poder mostrar a inerente composição micro-macro dos processos sociais. Assim, não se trata de “vincular” ou de “relacionar” uma decisão (de como operar com o conhecimento por razões relativas à lógica tecnológica ‘interna’ de produção de um artefato) com aspectos relativos a um “nível macro” da análise, como pode ser uma medida de política econômica nacional. Trata-se, sim, de mostrar que toda decisão tecnológica envolve, cria e recria, ambos tipos de fenômenos.

A reconstrução dos processos de mudança tecnológica a partir de noções como as de ‘ensamblagem tecnológica’ ou ‘dinâmicas sócio-técnicas’ permite relacionar, mas ao mesmo tempo “explicar” com base no estabelecimento de um inter-jogo causal múltiplo entre os diferentes elementos envolvidos. Neste sentido é que, como será assinalado, o enfoque permite superar modelizações lineares da análise da mudança tecnológica como as propostas pelos modelos ‘*science & technology push*’ ou ‘*demand pull*’.

5.5. Alguns insumos derivados para a definição de políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI)

⁸⁷ Neste sentido, o enfoque se distancia da perspectiva da teoria da rede-ator calloniana que desconsidera a possibilidade de falar em termos de “explicações” (Callon 1992). Embora não adotando uma visão positivista do termo, considera-se que a ausência de uma busca deste tipo dificulta a tarefa de propor ações de política que é o objetivo último das análises realizadas.

5.5.1. As atuais políticas de inovação à luz da experiência analisada

Durante a década de 1990, as políticas de ciência e tecnologia locais se estruturaram em função da noção de ‘inovação’ como eixo de suas definições. Este conceito – extraído dos desenvolvimentos teóricos da economia da inovação – foi incorporado como guia para a orientação das políticas de ciência e tecnologia a partir dos anos 1980 nos países centrais (OECD 1981; OECD 1992) e nos 1990 se transporta ao discurso da política científico-tecnológica oficial argentina e também latino-americana.

Com a introdução das noções de ‘inovação’ e de ‘sistema nacional de inovação’ (SNI) é incorporada uma nova conceitualização da mudança tecnológica e, conseqüentemente, do papel reservado ao Estado para sua promoção. A compreensão neo-schumpeteriana da tecnologia que está na base deste discurso considera a empresa privada como o *locus* da inovação e o Estado com um papel ativo no apoio às atividades que ela desenvolve. A noção de “sistema nacional de inovação” utilizada de maneira normativa para orientar as ações da política científico-tecnológica local reserva, assim, ao Estado, a tarefa de promover os vínculos entre os atores que o conformam. Isto supõe, em termos da definição de políticas de CTI, o desenho de tarefas de vinculação entre as instituições geradoras de conhecimento e o setor produtivo, com o objetivo de estabelecer interações que permitam aproveitar ‘externalidades’ e ‘sinergias’ para o conjunto dos atores do sistema.

Assim, durante a segunda dinâmica sócio-técnica considerada, se redefine a função estatal como garantidora e promotora das condições que permitam uma maior circulação e apropriação da informação e os conhecimentos por parte dos diferentes atores sociais integrantes do SNI, entre os quais as empresas se constituem nos principais destinatários. Tal como operou localmente, no marco da escassa dinâmica inovativa da economia argentina e de uma estratégia neoliberal de mercado sem medidas econômicas complementares orientadas a revertê-la, o discurso neo-schumpeteriano foi funcional à redução da intervenção estatal na esfera pública. Assim, legitimou uma intervenção setorial em C&T, baseada na gestão de mecanismos “neo-vinculacionistas” tendentes ao

estabelecimento de interações entre os atores existentes (Dagnino, Thomas e Davyt 1997), em função dos fins e interesses por eles estabelecidos. Paralelamente, a retirada do Estado como agente produtor e consumidor de bens e serviços através das empresas públicas e das grandes instituições de P&D, debilitou os micro-atores protagonistas destas políticas, de modo tal que as estratégias de “vinculação” se tornaram escassamente eficazes.

Ressalta-se que a forma particular de entender o papel do Estado desta perspectiva supõe um processo de “despolitização da política de ciência e tecnologia”. Já não é necessário definir objetivos ou prioridades em função de “projetos nacionais” ou em termos da meta desejada do “desenvolvimento”, senão gerar as condições de interação entre os atores de fato existentes em busca de uma integração competitiva da economia – quando muito “sustentável” – ao mercado internacional. Os “interesses sociais” são substituídos pela somatória de interesses das “empresas inovadoras” que se transformam no potencial, porém paradoxalmente quase inexistente, destinatário das políticas locais.

O que mostra a trajetória sócio-técnica analisada – e o conjunto de trabalhos que analisam este tipo de produções no âmbito latino-americano – é que um elemento constitutivo deste tipo de experiências foi, pelo menos no início, a existência de um projeto tecno-nacionalista que permitiu visualizar o desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento não só como uma via para a “realização pessoal” individual, senão também como um desafio tecno-cognitivo representativo dos interesses nacionais.

A ausência de um desafio deste tipo não teria permitido a superação de muitos elementos desvantajosos que se re-significaram de maneira sinérgica ao longo da história da trajetória analisada. Este elemento permite questionar todas as práticas de promoção de ‘empresas de base tecnológica’ centradas na figura de um ‘sujeito empreendedor’ abstrato, capaz de realizar produções intensivas em conhecimento com base na implementação de uma “idéia inovadora”.

Atualmente, a associação a projetos militares nacionalistas já não existe. Um dos elementos a ser considerado na definição de políticas orientadas a este tipo de setores é, então, o de como chegar à definição de um projeto que identifique objetivos de

desenvolvimento mais amplos que os meramente econômicos. O esforço requerido para estabelecer este tipo de empresas parece ir além das simples motivações econômicas ou da constituição de um ‘espírito empreendedor’ capitalista.

A histórica estrutura inflacionária das economias regionais torna mais atrativo qualquer investimento rentista no setor financeiro ou em setores de serviços mais lucrativos (Aspiazu e Nochteff 1995). A falta de investimento, no âmbito local, de capital privado no início de muitas das iniciativas deste tipo também deve complementar a definição de estratégias de política viáveis. Se a “lógica do capital” não está por trás de experiências deste tipo no nível regional, outros enfoques alternativos aos atualmente vigentes devem ser explorados para a promoção deste tipo de empresas.

Em primeiro lugar, reconsiderar o lugar que cabe às “firmas” e o seu lugar protagonista no discurso das políticas de C&T de corte neo-shumpeteriano difundidas durante a década de 1990 na região. Em segundo lugar, repensar neste mesmo sentido os papéis das instituições públicas de P&D e o papel que lhes cabe na obtenção de resultados como o analisado. Complementarmente, seria necessária, neste mesmo sentido, uma revisão dos supostos subjacentes às políticas neo-vinculacionistas de incubadoras de empresas de base tecnológica, parques científico-tecnológicos, unidades de vinculação universidade-empresa, em voga desde mediados dos anos 1980 na região.

5.5.2. O organizacional e o cognitivo em experiências locais de produção de bens intensivos em conhecimento: questões “de estilo” e suas consequências para a definição de políticas CTI

A partir da experiência analisada é possível explorar as características do conhecimento e a flexibilidade das formas organizacionais adequadas para o desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento na região. Neste sentido, o tipo de conhecimentos genéricos em um regime de produção de conhecimentos transversal e orientado por uma lógica *problem solver* seria uma fórmula a ser explorada na definição de políticas públicas para este tipo de setores. Estas formas organizacionais,

associadas ao desenho de produtos *taylor made*, parecem ser o modelo mais adequado às condições de escala dos mercados nos quais se opera localmente.

Por sua vez, se um estilo sócio-técnico baseado na re-significação de tecnologias é o que subjaz nas operações de produção tecnológica local e a ausência de investimentos privados é o comum, uma noção como a de “engenharia de baixo custo” associada ao fomento de estratégias de resolução de problemas com recursos limitados também seria uma via a ser explorada nas políticas de formação de recursos humanos. Ao mesmo tempo, não se trata de propor tecnologias “maduras” ou “apropriadas” ou “intermediárias”, mas um *mix* local gerado por adequação às condições locais de produção tecnológica. Neste sentido, o conceito de ‘estilo sócio-técnico’ introduz a idéia de que existem diferentes caminhos para produzir tecnologias (trate-se de um reator, um satélite ou um liofilizador), daí que a busca seja a de identificar o caminho mais adequado ao conjunto de elementos que devem estar presentes em cada caso.

Se a empresa analisada construiu um estilo de produzir tecnologia flexível e essa flexibilidade lhe permitiu perdurar mais que as mesmas políticas no marco das quais teve sua origem, seria lógico pensar que as políticas para a promoção de iniciativas de produção de conhecimento tecnológico local tem que ser tão *ad-hoc* como os processos que devem ser promovidos (Cassiolato e Lastres 2000).

5.5.3. Revendo a oposição entre “políticas de oferta” vs “políticas de demanda”

A oposição em termos de políticas “ofertistas” ou “orientadas pela demanda” também deve ser revista a partir dos aportes introduzidos por um enfoque sócio-técnico de análise da produção tecnológica. A contraposição entre ‘políticas de subsídio à oferta’ (criação de grandes instituições públicas de P&D) e ‘políticas de subsídio à demanda’ (fundos públicos concursáveis, livre escolha de fornecedores de tecnologias por parte das firmas, privatização gradual dos institutos tecnológicos do Estado) estabelecida pelo discurso de políticas orientado por uma visão de corte economicista, é demasiado simplista para

poder intervir em processos de construção de conhecimentos tecnológicos como os analisados.

Uma leitura do caso analisado baseada na oposição de dois espaços independentes concebidos como o “lado da oferta” e o “lado da demanda” contaria a seguinte história... se se levar em conta o início das atividades da *INVAP S.E.*, sob a forma de uma empresa, a orientação quase exclusiva ao desenvolvimento da tecnologia nuclear deriva da demanda existente no momento. A empresa nasce em forma *demand pull*, aproveitando a demanda existente. Por sua vez, nos momentos em que a empresa é “ofertista” e imagina uma demanda potencial para seus produtos (projeto do reator de baixa potência CAREM, Sistema de Transporte Leve, cerca eletrônica), suas ações não conduzem ao objetivo desejado de vender o produto. Conclusão da leitura: há que fomentar “o lado da demanda”.

Não obstante, este mesmo fenômeno à luz de um olhar sócio-técnico adquire outro significado em termos da definição de políticas. Como foi analisado, não existiu um ‘lado da oferta’ independente do ‘lado da demanda’. Ambos os ‘lados’ não só co-evoluíram, como também se co-construíram no caminho de seu desenvolvimento. Por sua vez, os produtos desenvolvidos pela firma que não chegaram a obter sucesso em termos comerciais podem ser explicados pela inabilidade dos atores para construir as condições para seu “funcionamento”. Neste sentido, o projeto do reator CAREM, embora potencialmente “adequado” e “adaptável” para as demandas de baixo consumo de países menos desenvolvidos, internamente nunca conseguiu os aliados necessários para obter os recursos que permitissem sua construção em forma de protótipo. Neste sentido, antes que a falta de um “mercado” previamente existente, o que não houve foi a co-construção de um interesse pelo artefato, que o fizesse viável.

Conceber as políticas de C&T como um problema de adequação entre oferta e demanda continua na base da definição das políticas neo-vinculacionistas. Criar “pontes” ou “mecanismos de vinculação” como se uma demanda e uma oferta “estivessem aí fora” de forma pré-existente, refere a uma realidade idealizada e não ao conjunto de elementos

presentes nos casos em que algumas produções de tecnologias conhecimento intensivas têm sido desenvolvidas.

Nem a suposta existência de um estoque de conhecimentos que podem ser utilizados produtivamente, nem as características de um aparato produtivo subdesenvolvido ou carente de uma “cultura empreendedora” que não gera demanda podem estar na base do diagnóstico para a definição das políticas de CTI. Longe da acumulação de um estoque de conhecimentos gerado em virtude de uma lógica ofertista linear *science push* - ao estilo das principais instituições públicas de P&D da região⁸⁸ - e, ao mesmo tempo, longe também de uma simples operatória *demand pull*, da análise da trajetória da firma se desprende uma complexa dinâmica sócio-técnica, na qual as capacidades de interação – inter e intra-institucional – e de integração de conhecimentos viabilizaram a participação competitiva de uma empresa de médio porte de um país subdesenvolvido em mercados internacionais competitivos. Produzir e exportar bens intensivos em conhecimento em países subdesenvolvidos é viável, mas não da maneira linear (*science push* ou *demand pull*) em que normalmente são concebidas as políticas de C&T locais.

5.5.4. Os modelos lineais revisitados à luz de um enfoque sócio-técnico

Um elemento derivado da análise prévia é, obviamente, a impossibilidade de conceber o processo de produção de tecnologias em termos lineares. Embora até os próprios protagonistas concebam suas práticas nestes termos – demonstrando o poder que têm os discursos abstratos e universais como forma de fazer compreensível a realidade na qual os atores operam –, uma análise sobre em que, de fato, consistem as referidas práticas não pode se realizar nesses termos.

Tampouco a distinção entre ciência “básica” e “aplicada” – subjacente ao modelo linear de conceber a produção de tecnologias intensivas em conhecimento – responde à forma como os conhecimentos foram gerados. Na experiência analisada, a formação

⁸⁸ Para uma perspectiva crítica da racionalidade ofertista linear nas políticas latino-americanas de CTI, ver Dagnino e Thomas 1999.

científica dos atores tecnológicos foi uma habilidade-chave para resolver problemas de desenvolvimento de produtos, assim como de produção e aplicação dos conhecimentos tecnológicos. Neste sentido, muita “ciência básica” foi “aplicada” ao longo da trajetória analisada. Porém, a aplicação dos conhecimentos a determinados objetivos produtivos requer um ‘regime de produção de conhecimentos’, cujas estratégias de desenvolvimento até o momento não se têm desenvolvido, nem têm podido ser aprendidas no espaço de desenvolvimento das instituições públicas de P&D. Neste sentido é que pode ser repensado o papel das referidas instituições no que diz respeito ao desenvolvimento de conhecimentos tecnológicos com possibilidades de serem utilizados produtivamente.

5.5.5. A noção de ‘adequação sócio-técnica’ como guia para a definição de políticas de CTI locais e regionais

A noção de ‘adequação sócio-técnica’ foi utilizada ao longo da tese para se referir descritivamente aos desenvolvimentos analisados. Os processos de ‘adequação sócio-técnica’ falam da capacidade de determinadas trajetórias de produção de tecnologias de se adequar às condições em que se desenvolvem. No entanto, não se referem a uma mera ‘adaptação ao contexto’, mas aos processos pelos quais tecnologia e sociedade se constroem mutuamente. Seria interessante, neste sentido, explorar a capacidade desta fórmula para se transformar num guia de definição de um tipo de políticas de ciência e tecnologia “exitosas” em termos da obtenção de seus objetivos.

O enfoque de análise proposto ilumina uma série de aspectos que atualmente se encontram ausentes da definição das políticas de CTI. Entre outras coisas, uma “lição” derivada da análise proposta é a de que as políticas de CTI devem ser entendidas como formas de intervenção em sistemas auto-organizados nos quais o inter-jogo dos elementos intervenientes respondem a causalidades múltiplas. Não existe, assim, a possibilidade de responder com soluções estandardizadas, e muito menos emulativas, aos problemas relacionados à promoção de processos endógenos de mudança tecnológica. Os modelos economicistas que estão na base da definição das políticas atuais são, neste

sentido, simplistas para operar sobre a complexidade dos processos que buscam incentivar.

Mesmo assim, o conceito de ‘adequação sócio-técnica’ até o momento é demasiado laxo para oferecer uma solução alternativa. Embora frutífero em termos da consideração dos elementos a ser considerados e uma alternativa à definição de políticas que descansa exclusivamente na “lógica do mercado”, é demasiado fraco e ambíguo para a definição de um modelo alternativo ao das políticas dominantes atualmente na região.

Se o encontrado nos exemplos de desenvolvimentos tecnológicos endógenos com alto valor agregado em conhecimento da região é um componente ideológico forte que parece ter viabilizado seu início e ainda sua continuidade, a proposta ‘adequação sócio-técnica’ como atributo das políticas a serem definidas deveria incluir um conteúdo explícito neste sentido. Porém, a pergunta imediata que surge de transportar o termo ao campo normativo é a de: ‘adequação sócio-técnica’ ¿a quem? ou ¿para quem?. E é sabido que dotar as idéias de força ideológica permitindo ao mesmo tempo salvaguardar sua viabilidade política não é uma tarefa fácil.

Nas experiências de desenvolvimento de tecnologias intensivas em conhecimento até o momento existentes no âmbito latino-americano, a mesma construção do que é considerado uma tecnologia “melhor”, “mais alta” ou “de fronteira” surge de um modelo extraído da experiência prévia desenvolvida pelos países desenvolvidos. A ausência de um modelo endógeno que guie desenvolvimentos alternativos é a contraparte da histórica dependência do pensamento latino-americano das idéias “provenientes do ultramar”. Mesmo assim, experiências como a analisada mostram que é possível existir um estilo autônomo / *ad-hoc* / próprio / não copiado de produzir tecnologia que, ao existir modelos ou desafios alternativos, pode rearticular-se para novos objetivos.

Em todo caso, a análise das experiências efetivamente existentes no âmbito local parece uma via melhor para pensar o desenho das políticas de CTI regionais do que a emulação dos casos “virtuosos” dos países centrais – por sua vez simplificados e idealizados para sua aplicação sob a forma de “modelos”. A busca de alternativas viáveis de desenvolvimento nacional e regional a partir da intensificação do conteúdo de

conhecimentos da produção parece mais factível a partir de uma análise deste tipo. Mesmo assim, a orientação de produções com alto valor em conhecimento incorporado à resolução dos problemas sociais, produtivos, ambientais etc. locais, só será o resultado de sua complementação com políticas econômicas e de desenvolvimento social que, “politizando” sua formulação, aspirem um modelo de desenvolvimento endogenamente definido.

Para finalizar com o produto, mas não com o processo... apresenta-se um quadro com alguns dos insumos derivados da análise realizada nesta tese que podem ser considerados para a definição de políticas orientadas à promoção da produção de tecnologias intensivas em conhecimento, a partir de sua replicação na promoção de outras experiências deste tipo.

QUADRO Nº 14 – INSUMOS PARA PENSAR O DESENHO DE POLÍTICAS DE CTI LOCAIS EM SETORES INTENSIVOS EM CONHECIMENTO

Insumos de política derivados da análise do caso		
Características segundo dimensões/elementos presentes na trajetória analisada		Possíveis derivações para replicar em outras experiências
A dimensão cognitiva: a produção de conhecimentos tecnológicos “adequada sócio-técnicamente”	<u>Estilo de produção de conhecimentos baseado em:</u> - re-significação de tecnologias - reutilização de capacidades e recursos materiais - regime transversal de produção de conhecimentos	Das formações disciplinares às aprendizagens por “fertilização cruzada” e em regimes de produção de conhecimento transversais: formação de “engenheiros flexíveis”
	<u>Tipo e operatória de produção de conhecimentos dominante:</u> “Tecnologia” como conhecimento único de múltiplas aplicações, conhecimentos genéricos com uma dinâmica <i>problem solver</i>	Formação disciplinar orientada à resolução de problemas

	<u>Desenvolvimento do produto final (I)</u> com base no “fechamento do ciclo do produto” e definição das “tecnologias críticas”	Formulação de metas viáveis orientadas à obtenção de um objetivo tecnoproductivo “final” (ver combinação com dimensão ideológica)
	<u>Desenvolvimento do produto final (II)</u> com base no “fechamento do ciclo do produto” como forma de adaptação às características do sistema local e nacional de inovação	Busca de domínio do desenvolvimento completo do produto para obter independência com relação aos fornecedores locais e uma capacidade para terceirização seletiva
A dimensão econômica: estratégias tecnoproductivas adequadas à escala e aos tipos de mercados	<u>Evolução da estratégia de produção:</u> desenvolvimento de capacidade <i>in house</i> e estratégia de <i>outsourcing</i> conforme dinâmica sócio-técnica	Desenvolvimento cumulativo de capacidades orientadas ao domínio total do processo de produção
	<u>Mix de produção:</u> diversificado e adaptável a um espectro amplo de potenciais clientes	Busca de produções em escala de exemplares únicos ou em séries curtas orientados às necessidades dos clientes
	<u>Evolução de vendas:</u> do mercado nacional ao latino-americano e, finalmente, ao resto do mundo	Construção de demandas estatais sofisticadas no início para permitir a aquisição de capacidades de gerenciamento e exportação posteriores
A dimensão organizacional: formas organizacionais “adequadas sócio-técnicamente”	<u>Organização <i>ad hoc</i></u> informal, com alta circulação de informação e de conhecimentos	Busca de soluções organizacionais flexíveis adaptadas à especificidade de produção de cada tecnologia (não-definição de “modelos a ser copiados”)
	<u>Organização sob a modalidade de PT's</u> (pacotes ou projetos tecnológicos)	Organização baseada em projetos com alta circulação de recursos humanos como via para a criação de conhecimentos por “fertilização cruzada”
	<u>Direção, gerenciamento e tomada de decisões</u> informal com base na autoridade técnica	Desenvolvimento do trabalho em equipe sem hierarquias pré-estabelecidas fixas e orientados à resolução de problemas tecnoproductivos claros
	<u>Trajetória cumulativa</u> na capacidade de gerenciamento de projetos complexos e de gestão da incerteza	Desenvolvimento de capacidades estratégico-relacionais para converter “inconvenientes em vantagens”
	<u>Aprendizagens interativas:</u> relações interinstitucionais	Geração de projetos conjuntos entre instituições de P&D e equipes orientadas por desafios tecnoproductivos
	<u>Salários e bônus de participação</u> nos lucros	Formas organizacionais baseadas em estratégias não capitalistas de relação entre seus membros

	<u>A figura de uma Sociedade do Estado particular</u> sem orçamento adjudicado	Exploração da figura de S.E. ou outras razões sociais (cooperativas, com base a experiências de empresas recuperadas), mais que formatos societários com fins lucrativos
A dimensão política: “apoio com autonomia”	<u>Políticas explícitas e implícitas de C&T</u> (I): presença não linear e nem sempre “favorável” do Estado	Busca de estratégias de apoio com salvaguarda da autonomia das experiências com relação ao aparato político-administrativo
	<u>Políticas explícitas e implícitas de C&T</u> (II): presença não linear e nem sempre “favorável” do Estado	Definição de políticas <i>ad-hoc</i> conforme cada tipo de setor e tecnologias
	<u>As políticas institucionais e a micropolítica dos atores</u>	Desenvolvimento de capacidades estratégico-relacionais para operar no interior das instituições públicas setoriais e nacionais
A dimensão ideológica: os elementos ideológicos como motores de trajetórias sócio-técnicas locais intensivas em conhecimento	<u>Tecno-nacionalismo pragmático</u> na base da experiência	Construção de desafios tecno-cognitivos e produtivos com um sentido que supere os interesses individuais dos seus protagonistas
	<u>Ideologias dominantes segundo dinâmica sócio-técnica</u> (tecnó-nacionalismo vs. <i>laissez faire</i>) e <u>mudanças no conteúdo dos ideogramas e a autopercepção do empreendimento</u> por parte dos atores	Promoção de projetos percebidos como representativos dos interesses nacionais tanto para sua legitimação e obtenção de apoios públicos, como para a geração de uma motivação “extra-econômica” para seus protagonistas
A dimensão espaço-territorial: dimensão simbólica e material da localização das iniciativas	<u>A localização espaço-territorial</u> da iniciativa: sua dimensão simbólica e suas consequências para o estilo de produção de conhecimentos tecnológicos	Busca de uma percepção simbólica positiva com relação a uma “marca de origem” vinculada à localização das produções realizadas
	<u>Localização “periférica”</u> e sua influência no estabelecimento das relações com países subdesenvolvidos e desenvolvidos	Distinção entre “preconceitos” operantes do lado do “outro” ou do lado do “um” no estabelecimento de relações interativas com os usuários: exploração da localização como via para a obtenção de vantagens dinâmicas

Referencias bibliográficas

- ADLER, Emanuel. "Ideological "Guerrillas" and the Quest for Technological Autonomy: Domestic Computer Industry." *International Organization* 40:673-705. 1986.
- . *The power of ideology. The quest for technological autonomy in Argentina and Brazil*. Berkeley: University of California Press. 1987.
- . "State Institutions, Ideology, and Autonomous Technological Development: Computers and Nuclear Energy in Argentina and Brazil." *Latin American Research Review* 23:59-90. 1988.
- ALBORNOZ, Mario, Pablo KREIMER e Eduardo GLAVICH. *Ciencia y Sociedad en América Latina*, Editado por M. Albornoz. Bernal, Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes. 1996.
- ALVESSON, Mats. "Social identity and the problem of loyalty in knowledge-intensive companies." *Journal of Management Studies* 37:1101-1123. 2000.
- ANCIÃES, W. e José CASSIOLATTO. *Biotechnología*. Brasília: CNPq, Ed. Brasilia. 1985.
- ARROW, Kenneth. "The economic implications of learning by doing." *The Review of Economic Studies* 29:155-173. 1962.
- ARTHUR, W. Brian. "On learning and adaptation in the economy." Institute for Economic Research Queen's University. 1992.
- ASPIAZU, Daniel, Eduardo BASUALDO e Hugo NOCHTEFF. *La revolución tecnológica y las políticas hegemónicas. El complejo electrónico en la Argentina*. Buenos Aires: Legasa. 1988.
- . "Los Límites de las Políticas Industriales en un Período de Reestructuración Regresiva: El Caso de la Informática en la Argentina." *Desarrollo Económico* XXX. 1990.
- ASPIAZU, Daniel e Hugo NOCHTEFF. *El desarrollo ausente*. Buenos Aires: Tesis Grupo Editorial Norma. 1995.
- AZULAY, J. "Ideas preliminares para la creación de una Empresa de Tecnología." E em *Programa de Transferencia Fundación Bariloche*. Bariloche. 1974.
- BALDWIN, John R. e Guy GELLATLY. "Are There High-Tech Industries or Only High-Tech Firms? Evidence From New Technology-Based Firms." Statistics Canada, Ottawa. 1998.
- BERCOVICH, Néstor e Jorge KATZ. *Biotechnología y Economía Política: estudios del caso argentino*, Editado por B. Universitarias. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina / CEPAL. 1990.
- BERGER, Peter e T. LICKMANN. *La construcción social de la realidad*. Buenos Aires: Amorrortu. 1994.
- BIJKER, Wiebe E. "Do not despair: There is life after Constructivism." *Science, Technology, y Human Values, Sage Periodicals Press* 18:113-138. 1993.
- . *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge, Massachusetts, Londres: The MIT Press. 1995.
- BIJKER, Wiebe E., Thomas P. HUGHES, e Trevor J. PINCH. *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Massachusetts London, England: The MIT Press. 1987.
- BIJKER, Wiebe E. e John LAW. *Shaping Technology / Building Society. Studies in*

- Sociotechnical Change*. Cambridge, Massachusetts London, England: The MIT Press. 1992.
- BISANG, Roberto. "Industrialización e incorporación del progreso técnico en la Argentina." CEPAL, Buenos Aires. 1994.
- BISANG, Roberto, Gustavo BURACHIK e Jorge KATZ. *Hacia un nuevo modelo de organización industrial. El sector manufacturero argentino en los años 90*. Buenos Aires: Alianza Editorial/CEPAL/United Nations University Press. 1995.
- BLOOR, David. *Knowledge and social imaginery*. Chicago: University of Chicago Press. 1976.
- BLUME, Stuart S. *Insight and industry: on the dynamics of technological change in medicine*. Cambridge, Massachusetts / London, England: The MIT Press. 1991.
- BRUUN, Henrik e Janne HUKKINEN. "Crossing Boundaries: An Integrative Framework for Studying Technological Change." *Social Studies of Science* 33:95–116. 2003.
- CALLON, Michel. "Algunos elementos para una sociología de la traducción: la domesticación de las vieiras y los pescadores de la bahía de St. Briec." Pp. 24 en *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Editado por M. Iranzo. Madrid: CSIC. 1986.
- . "Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis." Pp. 83-103 em *The Social Construction of Technological Systems*, Editado por W. E. Bijker, T. P. Hughes e T. J. Pinch. Cambridge: The MIT Press. 1987.
- . "The dynamics of Techno-economic Networks." em *Technological Changes and Company Strategies: Economical and Sociological Perspectives*, Editado por Coombs, Saviotti e Walsh. London: Harcourt Brace Jovanovich. 1992.
- . *The Laws of the Markets*. Oxford, UK: Blackwell Publishers. 1998.
- CAMAGNI, Roberto. *Innovation networks: spatial perspectives*. London: Belhaven Press. 1991.
- CANINO, María Victoria e Hebe VESSURI. "Vaivenes en la estabilización de un desarrollo tecnológico en tiempos de cambio: AQUACONVERSION." em *VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*. Colombia. 2006.
- CASSIOLATO, José e Helena LASTRES. "Innovación y competitividad en la industria brasileña de los años noventa." em *Innovación y desarrollo en América Latina*, Editado por J. SUTZ. Caracas: Nueva Sociedad. 1997.
- CASSIOLATO, José e Helena LASTRES. "Sistemas de Inovação: Políticas e Perspectivas." *Parcerias estratégicas*:237-255. 2000.
- . "Arranjos e sistemas produtivos locais na indústria brasileira." *Revista de Economia Contemporânea - Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro* 5. 2001.
- CIMOLI, Mario e Giovanni DOSI. "De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de producción e innovación." *Comercio Exterior* 44. 1994.
- COLLINS, Harry. "Tacit knowledge and scientific networks." Pp. 44-64 en *Science in context. Readings in the Sociology of Science*, editado por B. Barnes e D. Edge. Milton Keynes, England: The Open University Press. 1982.
- COOMBS, Rod, Paolo SAVIOTTI e Vivien WALSH. "Technology and the firm: the convergence of economic and sociological approaches?" em *Technological Change*

- and Company Strategies: Economic and Sociological Perspectives*, editado por R. COOMBS, P. SAVIOTTI, e V. WALSH. London, UK: Harcourt Brace Jovanovich. 1992.
- da COSTA MARQUES, Ivan. "Reserva de mercado: um mal entendido caso político-tecnológico de "sucesso" democrático e "fracasso" autoritário." *Economia - UFPR*:89-114. 2000.
- . "Uma História Suficientemente Respeitável sobre Novos Espaços de Possibilidade para a Inovação Tecnológica na America Latina." *Convergencias*. 2004.
- DAGNINO, Renato. "A indústria de armamentos brasileira: uma tentativa de avaliação." Tese de Doutorado, Instituto de Economia, UNICAMP, Campinas.
- . 1994. "To the barracks or in the labs? Military programmes and Brazilian SyT policy." *Science and Public Policy* 20. 1989.
- DAGNINO, Renato e Domício PROENÇA. "The Brazilian Arms Industry and Civil Military Relations." Pp. 171-195 in *The End of Military Fordism*, vol. Chapter 8, editado por M. KALDOR, U. ALBRECHT e G. SHMEDER. Londres e Washington. 1998.
- DAGNINO, Renato e Hernán THOMAS. "La política Científica y Tecnológica en América Latina: nuevos escenarios y el papel de la comunidad de investigación." *REDES, Revista de Estudios Sociales de la Ciencia* 6:49-74. 1999.
- DAGNINO, Renato, Hernán THOMAS e Amílcar DAVYT. "El Pensamiento en Ciencia, Tecnología y Sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria." *REDES, Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*. 1996.
- . "Vinculacionismo-Neovinculacionismo. Las políticas de interacción universidad-empresa en América Latina (1955-1995)." *Espacios* 18. 1997.
- DENZAU, Arthur T. e Douglas C. NORTH. "Shared Mental Models: Ideologies and Institutions." *KYKLOS* 47:3-31. 1994.
- DOSI, Giovanni. "Technological Paradigms and Technological Trajectories. The Determinants and Directions of Technological Change and the Transformation of the Economy." en *Long Waves in the World Economy*, editado por C. Freeman. London: Pinter. 1982.
- DOSI, Giovanni, Christopher FREEMAN, Richard NELSON, Gerald SILVERBERG, e Luc SOETE. *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter. 1988.
- ERBER, Fabio. "O padrão de desenvolvimento industrial e tecnológico e o futuro da indústria brasileira." *Revista de Economia Contemporânea - Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro* 5. 2001.
- FALUKNER, Wendy, Jacqueline SENKER, e Léa VELHO. *Knowledge Frontiers. Public Sector Research and Industrial Innovation in Biotechnology, Engineering Ceramics and Parallel Computing*. Oxford: Clarendon Press. 1995.
- FERNANDES, Maria Fernanda e Henrique Luiz CUKIERMAN. "A reserva de mercado para minicomputadores brasileiros e a experiência de sua fabricação: o caso da empresa COBRA COMPUTADORES." em *VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*. Colombia. 2006.
- FREEMAN, Christopher. *La teoría económica de la innovación industrial*. Madrid: Alianza. 1975.
- FURTADO, André. "La Trayectoria Tecnológica de Petrobrás en la producción "Offshore" (Costa afuera)." *Espacios* 17. 1996.

- FURTADO, André e Adriana Gomes FREITAS. "Nacionalismo e Aprendizagem no Programa de Águas Profundas da Petrobras." *Revista Brasileira de Inovação* 3:55-86. 2004.
- GEELS, Frank. "From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory." *Research Policy* 33:897-920. 2004.
- GOFFMAN, Erving. *Frame Analysis. An Essay on the Organization of Experience*. Cambridge: HUP. 1974.
- GOLDSTEIN, Andrea. "The political economy of high-tech industries in developing countries: aerospace in Brazil, Indonesia and South Africa." *Cambridge Journal of Economics*:521-538. 2002.
- GOLDSTEIN, Daniel. *Biotechnología, universidad y política*. México: SXXI Editores. 1989.
- GORDON, Richard. "Innovation, industrial networks and high-technology regions." in *Innovation networks: spatial perspectives.*, editado por R. CAMAGNI. London: Belhaven Press. 1991.
- GRANOVETTER, Mark. "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness." *The American Journal of Sociology* 91:481-510. 1985.
- GUTIÉRREZ, Carlos. "IyD, aprendizaje técnico-organizacional y posicionamiento comercial. La "calificación" internacional en tecnología hidroenergética de una firma metalúrgica argentina." Dissertação de Mestrado, *Maestría en Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología*, UBA, Buenos Aires. 2000.
- . "Atractivos y paradojas del éxito tecnointustrial en la periferia: el caso de una empresa transnacional argentina de ingeniería." *Ciclos XIII*:145-175. 2003.
- HANDBERG, Roger. "Dancing with the elephants: Canadian space policy in constant transition." *Technology in Society*:27-42. 2003.
- HARVEY, David. *The limits to capital*. Oxford: Basil Blackwell. 1982.
- HOBDAY, Mike. "Product complexity, innovation and industrial organisation." *Research Policy*:689-710. 1998.
- . "The project-based organisation: an ideal form for managing complex products and systems?" *Research Policy*:871-893. 2000.
- HOLLAND, J. H., K. J. HALYOAK, R. E. NISBETT e P. R THAGARD. *Induction, Processes of Inference, Learning and Discovery.*: The MIT Press. 1986.
- HUGHES, Thomas P. *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 1983.
- . "The Evolution of Large Technological Systems." Pp. 51-82 em *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, editado por W. E. BIJKER, T. P. HUGHES e T. J. PINCH. Cambridge: The MIT Press. 1987.
- INDEC-SECYT. "Encuesta Nacional de Innovación y conducta tecnológica de las empresas argentinas 1998-2001." Buenos Aires. 1998.
- . "Segunda Encuesta Nacional de Innovación y conducta tecnológica de las empresas argentinas 1998-2001." Buenos Aires. 2003.
- JESSOP, Bob. "Institutional re(turns) and the strategic-relational approach." *Environment and planning A* 33:1213-1235. 2001.
- . "From Localities via the Spatial Turn to Spatio-Temporal Fixes: A Strategic -

- Relational Odyssey." Pp. www.giub.uni-bonn.de/grabheren *SECONS Discussion Forum 6*, vol. 2005. Bonn, Germany: University of Bonn. 2004.
- JOHNSON, Björn e Bengt-Ake LUNDVALL. "Sistemas Nacionales de Innovación y aprendizaje institucional." *Revista Comercio Exterior* 44. 1994.
- KATZ, Jorge. *Importación de tecnología, aprendizaje e industrialización dependiente*. México: Fondo de Cultura Económica. 1976.
- . "Cambio tecnológico en la industria metalmeccánica latinoamericana. Resultados de un Programa de Estudios de Casos." Pp. 82 em *Programa de Investigaciones sobre Desarrollo Científico y Tecnológico en América Latina- Programa BID/CEPAL/CIID/PNUD*. Buenos Aires: CEPAL. 1982.
- . *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries. Theory and Case-Studies Concerning its Nature, Magnitude and Consequences*. London: Macmillan Press Ltd. 1987.
- . *Reformas Estructurales, Productividad y Conducta Tecnológica en América Latina*. Chile: Fondo de Cultura Económica / CEPAL. 2000.
- KATZ, Jorge e Eduardo ABLIN. "Tecnología y exportaciones industriales: un análisis microeconómico de la experiencia argentina reciente." *Desarrollo Económico* 17. 1977.
- . "De la industria incipiente a la exportación de tecnología: la experiencia argentina en la venta internacional de plantas industriales y obras de ingeniería." em *Programa BID/CEPAL sobre Investigación en Temas de Ciencia y Tecnología*. Buenos Aires. 1978.
- KIM, Linsu. "O Sistema Nacional de Inovação Sul-coreano em Transição." Pp. 413-483 en *Tecnologia, Aprendizado e Inovação. As experiências das Economias de Industrialização Recente*, editado por L. Kim e R. Nelson. Campinas: Editora Unicamp. 2000.
- KIM, Linsu e Richard NELSON. "Introdução." Pp. 11-24 em *Tecnologia, Aprendizado e Inovação. As experiências das Economias de Industrialização Recente*, editado por L. Kim e R. Nelson. Campinas: Editora Unicamp. 2000.
- KLEIN, Hans K. e Daniel Lee KLEINMAN. "The Social Construction of Technology: Structural Considerations." *Science, Technology, y Human Values, Sage Periodicals Press* 27:28-52. 2002.
- KOSACOFF, Bernardo. *El desafío de la competitividad. La industria argentina en transformación*. Buenos Aires: CEPAL / Alianza Editorial. 1993.
- KREIMER, Pablo. "Ciencia y periferia: una lectura sociológica." em *La ciencia en la Argentina entre siglos*, editado por M. MONSERRAT. Buenos Aires: Manantial. 2000.
- KREIMER, Pablo e Hernán THOMAS. "Un poco de reflexividad o de dónde venimos? Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología en América Latina." Pp. 11-89 em *Producción y uso social de conocimientos. Estudios de sociología de la ciencia y la tecnología en América Latina*, editado por P. KREIMER, H. THOMAS, A. LALOUF e P. ROSSINI. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes. 2004.
- LALOUF, Alberto. "Construcción y desconstrucción de un 'caza nacional'. Análisis socio-técnico de la experiencia de diseño y producción de los aviones Pulqui I y II (Argentina - 1946/1960)." *Dissertação de Mestrado, Instituto de Estudios sobre Ciencia y Tecnología*, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires. 2005.

- LATOUR, Bruno . *Science in Action - How to Follow Scientists and Engineers Through Society*: Open University Press, Milton Keynes. 1987.
- LAW, John y Wiebe E. BIJKER. "General Introduction." em *Shaping Technology /Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge, Massachusetts London, England: The MIT Press. 1992a.
- . "Postscript: Technology, Stability and Social Theory." em *Shaping Technology /Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge, Massachusetts London, England: The MIT Press. 1992b.
- LEE, Won-Young. "O papel da política científica e tecnológica no desenvolvimento industrial da Coréia do Sul." em *Tecnologia, aprendizado e inovação. As experiências das economias de industrialização recente*, editado por L. Kim e R. Nelson. Campinas: Editora Unicamp. Pp. 365-393. 2005.
- LUNDVALL, Bengt-Ake. "Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation." em *Technical Change and Economic Theory*, editado por G. DOSI, C. FREEMAN, R. NELSON, Gerald SILVERBERG e L. SOETE. Londres: Pinter. 1988.
- . *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Pinter. 1992.
- . "Why Study National Systems and National Styles of Innovation?" *Technology Analysis y Strategic Management* 10:407-421. 1998.
- MAC KENZIE, Donald. "Economic and Sociological Explanation of Technical Change." en *Technological Changes and Company Strategies: Economical and Sociological Perspectives*, editado por R. COOMBS, P. SAVIOTTI, e V. WALSH. London, UK: Harcourt Brace Jovanovich. 1992.
- MAC KENZIE, Donald e Judy WAJCMAN. *The Social Shaping of Technology. How the refrigerator got its hum*. Milton Keynes, Philadelphia: Open university Press. 1985.
- MANI, Sunil. "Exports of High Technology Products from Developing Countries: Is it Real or a Statistical Artifact." Pp. 60 em *Discussion Papers*. Maastricht: UNU/INTECH. 2000.
- METCALFE, J. "Knowledge of growth and the growth of knowledge." *Journal of Evolutionary Economics* 12:3-15. 2002.
- MINTZBERG, H. *La estructuración de las organizaciones*. Madrid: Ariel. 1984.
- MOLINA, Alfonso. "Understanding the role of the technical in the build-up of sociotechnical constituencies." *Technovation*:1-29. 1999.
- NELSON, Richard. *National Innovation System - A Comparative Analysis*. Nueva York: Oxford University Press. 1993.
- . "La coevolución de la tecnología, la estructura industrial y las instituciones de apoyo." *Revista Buenos Aires Pensamiento Económico*. 1996.
- NELSON, Richard e Sidney WINTER. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press. 1982.
- NELSON, Richard e Sidney WINTER. "In search of useful theory of innovation." *Research Policy*:36-76. 1977.
- NOCHTEFF, Hugo. "A sectoral approach to changing technological behaviour. Weaknesses of Argentina's electronics and informatics policy." Pp. 157-194 em *Politics of Technology in Latin America*, editado por M. I. Bastos y C. Cooper.

- London: Routledge. 1995.
- NORTH, Douglas. "Five propositions about institutional change." em *Explaining Social Institutions*, editado por J. Knight e I. Sened. Ann Arbor: University of Michigan Press. 1995.
- NUN, José. "Régimen social de acumulación." Pp. 598-600 em *Diccionario de ciencias sociales y políticas*, editado por T. Di Tella. Buenos Aires: Emecé. 2001.
- OECD. "Science and Technology Policy for the 1980s." París. 1981.
- . 1992. "Technology and the Economy. The key relationships." París.
- OSZLAK, Oscar. "El mito del Estado mínimo: Una década de reforma estatal en Argentina." em *IV Congreso Internacional del CLAD sobre Reforma del Estado y de la Administración Pública*. Santo Domingo. 2000.
- OTEIZA, Enrique. "Los estudios sociales de la tecnología en la región latinoamericana. Diagnóstico y perspectivas." *Centro de Estudios Avanzados - UBA*, Buenos Aires. 1991.
- PAVITT, Keith. "Sectoral patterns of Technological Change: Towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy*. 13:343-373. 1984.
- PERRIN, Jean-Claude. "Technological Innovation and territorial development: an approach in terms of networks and milieux." em *Innovation networks: spatial perspectives*, editado por R. Camagni. London: Belhaven Press. 1991.
- POLANYI, Michael. *The Tacit Dimension*. New York: Anchor. 1967.
- POWELL, Walter W. e Paul J. DI MAGGIO. *El nuevo institucionalismo en el análisis organizacional*. México: Fondo de Cultura Económica. 1999.
- RAMAMURTI, Ravi. *State-Owned Enterprises in High Technology Industries. Studies in India and Brazil*. New York: Praeger Publishers. 1987.
- REGNÉR, Patrick. "Strategy Creation in the Periphery: Inductive Versus Deductive Strategy Making." *Journal of Management Studies* 40:57-82. 2003.
- ROSENBERG, Nathan. *Inside the Black Box - Technology and Economics*. Nueva York: Cambridge University Press. 1982.
- SÁBATO, Jorge e M. MACKENZIE. *La producción de tecnología*. México: Nueva Imagen. 1982.
- SANTOS, María Josefa e Rodrigo DÍAZ. *Innovación tecnológica y procesos culturales. Nuevas perspectivas teóricas*. México: Fondo de Cultura Económica. 1997.
- SANTOS, Milton. *A Natureza do Espaço. Técnica e Tempo. Razão e Emoção*. 2º Edição. São Paulo: Hucitec. 1997.
- SCHMITZ, Hubert e José CASSIOLATO. *Hi-tech for industrial development. Lessons from the Brazilian experience in electronics and automation*. London: Routledge. 1992.
- SCHMITZ, Hubert e Tom HEWITT. "An assesment of the market reserve for the Brazilian computer industry." Pp. 21-52 em *Hi-tech for industrial development. Lessons from the Brazilian experience in electronics and automation*, editado por Hubert SCHMITZ e José CASSIOLATO. London: Routledge. 1992.
- SCHNEIDER, Mycle e Antony FROGGATT. "La industria nuclear en el mundo Informe de situaciónpor." Grupo de los Verdes/Alianza Libre Europea del Parlamento Europeo, Bruselas. 2004.
- SCHWARTZMAN, Simon. "Ciência e Tecnologia na Década Perdida: o que aprendemos?" Pp. 241-266 em *Lições da Década de 80*, editado por L. SOLA e

- M. PAULANI. São Paulo: EDUSP - UNRISD. 1995.
- SECYT, Secretaría de Ciencia y Técnica. *Indicadores de Ciencia y Tecnología, Argentina 2004*. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. 2005.
- SERCOVICH, Francisco. "Ingeniería de diseño y cambio técnico endógeno - Un enfoque microeconómico basado en la experiencia de las industrias química y petroquímica argentinas." CEPAL, Buenos Aires. 1978.
- SHINN, Terry. "Formes de divisions du travail scientifique et convergences cognitives. La recherche technico-instrumentale contre la 'nouvelle orthodoxie' en Sociologie des Sciences." em *Colloque International de la AISLF*. Québec. 2000.
- SIMON, Herbert. "Theories of decision-making in economics and behavioural sciences." *American Economic Review* 49. 1959.
- SOLINGEN, Etel. *Industrial Policy, Technology, and International Bargaining. Designing Nuclear Industries in Argentina and Brazil*. Stanford, California: Stanford University Press. 1996.
- SPIVAK L'HOSTE, Ana. "Aproximación etnográfica a un conflicto en el campo científico y tecnológico: la venta del reactor RRR a Australia." Dissertação, Mestrado em *Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología*, UBA, Buenos Aires. 2003.
- SUTZ, Judith. "Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina: en busca de una agenda?" Pp. 87-106 en *Ciencia y Sociedad en América Latina*, editado por M. ALBORNOZ, P. KREIMER, y E. GLAVICH. Bernal, Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes. 1996.
- THERBORN, Göran. *La ideología del poder y el poder de la ideología*. Madrid: Siglo XXI. 1987.
- THOMAS, Hernán. *Sur-desarrollo - Producción de tecnología en países subdesarrollados*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina. 1995.
- . "Dinâmicas de inovação na Argentina (1970-1995) Abertura comercial, crise sistêmica e rearticulação." Tese de Doutorado, DPCT/IG, UNICAMP, Campinas. 1999.
- THOMAS, Hernán, Mariana VERSINO e Alberto LALOUF. "Dinámica socio-técnica y estilos de innovación en países subdesarrollados: operaciones de resignificación de tecnologías en una empresa nuclear y espacial argentina." em *X Seminario Latino Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC . Conocimiento, Innovación y Competitividad: Los Desafíos de la Globalización*. Ciudad de México, D.F. 2003.
- VACCAREZZA, Leonardo. "Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina." *Revista Iberoamericana de Educación - OEI*. 1998a.
- . "Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina." *Revista Iberoamericana de Educación - Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la Educación*. 1998b.
- . "El campo CTS en América Latina y el uso social de su producción." *Revista CTS* 1:211-218. 2004.
- VERGRAGT, Philip, Peter GROENEWEGEN, e Karel MULDER. "Industrial Technological Innovation: Interrelationships between Technological, Economic and Sociological Analyses." Pp. 226-246 en *Technological Changes and*

- Company Strategies: Economical and Sociological Perspectives*, editado por R. COOMBS, P. SAVIOTTI e V. WALSH. London, UK: Harcourt Brace Jovanovich. 1992.
- VERSINO, Mariana, Hernán THOMAS e Alberto LALOUF. "El rol de los aspectos organizacionales en la producción de tecnologías en contextos periféricos: reflexiones a partir del caso de una empresa nuclear y espacial argentina." em *V Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*. México: Universidad Autónoma del Estado de México. 2004.
- VESSURI, Hebe. "The social study of science in Latin America." *Social Studies of Science* 3. 1987.
- . "Aprendizaje científico-técnico y cambio cultural en Venezuela: un enfoque microsociológico." *REDES, Revista de Estudios Sociales de la Ciencia* 9:49-76. 1997.
- VESSURI, Hebe e Maria Victoria CANINO. "Restricciones y oportunidades en la conformación de la Tecnología. El caso de la Orimulsion." *Science, Technology and Society* 1. 1996.
- VINCENTI, Walter. *What Engineers Know and How They Know it. Analytical Studies from Aeronautical History*. Baltimore e London: The Johns Hopkins University Press. 1990.
- VON HIPPEL, Eric. *The sources of Innovation*: Oxford University Press. 1988.
- WINNER, Langdon. "Upon opening the black box and finding it empty: Social constructivism and the philosophy of technology." *Science, Technology, and Human Values* 18:362-378. 1993.
- ZIZEK, Slavoj. "Introdução. O espectro da ideologia." em *Um mapa da ideologia*, editado por S. ZIZEK. Rio de Janeiro, Brasil: Contraponto. 1996.