UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM HISTÓRIA SOCIAL

CLÁUDIO BERNARDINO JUNIOR

**Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP:
FINEP-LSI e FDTE-LSD (1974-1985)**

São Paulo
2019

CLÁUDIO BERNARDINO JUNIOR

**Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP:
FINEP-LSI e FDTE-LSD (1974-1985)**

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em História.

Área de Conhecimento: História Social

Orientadora: Márcia Regina Barros da Silva

São Paulo
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

B523d Bernardino Jr, Cláudio
Dois arranjos em prol do desenvolvimento
tecnológico na Escola Politécnica da USP: FINEP-LSI e
FDTE-LSD (1974-1985) / Cláudio Bernardino Jr ;
orientadora Márcia Regina Barros da Silva. - São
Paulo, 2019.
297 f.

Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo. Departamento de História. Área de concentração:
História Social.

1. HISTÓRIA DA CIÊNCIA. I. Silva, Márcia Regina
Barros da, orient. II. Título.

ENTREGA DO EXEMPLAR CORRIGIDO DA DISSERTAÇÃO/TESE

Termo de Ciência e Concordância do (a) orientador (a)

Nome do (a) aluno (a): Cláudio Bernardino Junior

Data da defesa: 22/11/2019

Nome do Prof. (a) orientador (a): Márcia Regina Barros da Silva

Nos termos da legislação vigente, declaro **ESTAR CIENTE** do conteúdo deste **EXEMPLAR CORRIGIDO** elaborado em atenção às sugestões dos membros da comissão Julgadora na sessão de defesa do trabalho, manifestando-me **plenamente favorável** ao seu encaminhamento e publicação no **Portal Digital de Teses da USP**.

São Paulo, 20/01/2020

Márcia R. Barros da Silva

Nome: BERNARDINO Jr, Cláudio

Título: Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP:
FINEP-LSI e FDTE-LSD (1974-1985)

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências
Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Mestre em História.

Aprovado em: 22 de novembro de 2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. Francisco Assis de Queiroz

Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Ivan da Costa Marques

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Henrique Cukierman

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Julgamento: Aprovado

*Aos meus pais Fátima e Cláudio
e a minha companheira Juliana*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha orientadora, Márcia Regina Barros da Silva, pelo apoio recebido e pelas palavras que, nos momentos difíceis, tranquilizavam.

À minha família Cláudio, Fátima, Juliana Lacerda, Juliana Bernardino, Amanda, Felipe e Arlete e me desculpo publicamente por todos os almoços em família perdidos por conta dos estudos e/ou trabalho. À minha avó, Darci de Oliveira, peço as mesmas desculpas e acrescento o profundo agradecimento pelo longo processo de revisão textual que ela fez nesta dissertação.

Aos meus bichos, claro, pelo companheirismo e tranquilidade que transmitem sempre que estão presentes: Coxinha, Quarkinha, Espiriguidiberto, Gato Preto e Melequinha. E, claro, o Rirves, melhor bicho que já existiu e cujas saudades batem todos os dias. Os nomes são toscos, mas só os nomes!

Ao irmão de coração e companheiro de longa data Rafael Carvalho pela amizade de tantos anos. À sua família, minha família número 2, que apesar da distância guardo sempre com carinho.

Aos amigos Bruno Speria, Ana Luisa Lizidatti e Natalia Raissa Cubinhetz pelos tempos agradáveis que passamos juntos e pelas ideias trocadas.

Aos amigos do Laboratório de História das Ciências – LABCITE da USP, em especial ao Henrique e a Isabella, pessoas incríveis que, apesar do pouco tempo que passamos juntos, todo encontro mostra-se produtivo. Do ponto de vista das ideias e das risadas!

Por fim, aos amigos da EMEF Francisco Rebolo, cujos nomes são muitos para serem citados. Em especial, ao Daniel Luiz Pereira, por todos os pedais que não pudemos fazer, ao Raphael Calmeto, pelas longas conversas sobre política, educação e tecnologia, e a Leticia Nardino que, atualmente, está empenhada em povoar a humanidade com pequenos Nardinos.

Não posso deixar de citar meus queridos alunos que ingressaram no Ensino Fundamental da Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF) Francisco Rebolo em 2014 e que tenho a honra de acompanhá-los em seu processo de desenvolvimento rumo aos adultos fantásticos que certamente se tornarão. Me considero uma pessoa melhor por nossos caminhos terem se cruzado.

RESUMO

BERNARDINO Jr, Cláudio. **Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP: FINEP-LSI e FDTE-LSD (1974-1985)**. 2019. 295 f. Dissertação (Mestrado em História) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

O presente trabalho tem como objetivo analisar o desenvolvimento tecnológico ocorrido entre 1974 e 1985 no Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP no contexto brasileiro de “reserva de mercado” para insumos de informática. Sustentamos que as políticas para fomento de pesquisas científicas e tecnológicas conduzidas no país pelos agentes públicos apresentavam um caráter *implícito*, tornando necessária a existência de arranjos institucionais capazes de agregar diferentes atores e direcioná-los para um único objetivo. A partir dessas premissas, analisamos dois diferentes tipos de arranjos que possibilitaram a criação de artefatos tecnológicos nas instalações da Escola Politécnica. O primeiro diz respeito aos contratos firmados entre a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) e o segundo aos trabalhos desenvolvidos pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) em conjunto com o Laboratório de Sistemas Digitais (LSD). Utilizando o repertório conceitual da Teoria Ator-Rede (ANT), utilizamos como pano de fundo os projetos Subsistemas Integrados conduzidos pelo LSI, bem como as teses de doutorado e dissertações de mestrado produzidas no período analisado, para compreender duas questões relacionadas a inserção da Poli na sociedade: quais são as possibilidades de inovação tecnológica existentes nos espaços acadêmicos brasileiros e qual a atuação profissional dos engenheiros ali formados. A partir das informações levantadas, buscamos relacionar as atividades de pesquisas e desenvolvimento realizadas na Poli com os resultados sociais provocados pela política nacional de informática.

Palavras chaves: História da Informática no Brasil. Política Nacional de Informática. Políticas de ciência e tecnologia. Desenvolvimento tecnológico. Pesquisas acadêmicas.

ABSTRACT

BERNARDINO Jr, Cláudio. **Two arrangements for technological development in the USP Escola Politécnica: FINEP-LSI and FDTE-LSD (1974-1985)**. 2019. 295 f. Dissertação (Mestrado em História) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

The present work aims to determine the technological development between 1974 and 1985 in the Department of Electrical Engineering of the Escola Politécnica at USP in the Brazilian context of "market reserve" for computer inputs. We argue that policies to foster scientific and technological research led the country to implement policies with an implicit characteristic, making it necessary to have institutional arrangements capable of aggregating different actors and drivers for a single objective. From these premises, we analyze two types of arrangements that enable the creation of technological artifacts in the premises of the Escola Politécnica. The first year is destined for contracts signed between the Financier of Studies and Projects (FINEP) and the Integrated Systems Laboratory (LSI) and the second to work at the Foundation for the Technological Development of Engineering (FDTE) in conjunction with the Laboratory. Digital Systems (LSD). Using the conceptual repertoire of the Actor-Network Theory (ANT), using as background the data from the Integrated and Conditioned Systems by LSI, as well as the doctoral theses and master dissertations produced in the analyzed time period, to be released in two occasions in society: what are the possibilities for innovation, technology, in the academic and Brazilian environment and which are a professional presence of engineers trained there. From the information collected, we seek to relate as research and development activities in Public Policy, the factors caused by the national computer policy.

Keywords: History of Informatics in Brazil. National Computer Policy. Science and technology policies. Technological development. Academic research.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1 Apresentação dos objetivos da pesquisa e metodologia.....	9
2 Fontes e bibliografia.....	17
3 Estruturação dos capítulos.....	20
1 FORMAÇÃO DA INFRAESTRUTURA E INSERÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA NA POLÍTICA NACIONAL DE INFORMÁTICA.....	22
1.1 Introdução.....	22
1.2 Escola Politécnica e sua inserção na sociedade brasileira até a década de 1960...24	24
1.3 Políticas para Ciência, Tecnologia e Educação na década de 1960.....29	29
1.4 Políticas de Desenvolvimento Científico-Tecnológicos no começo dos anos 1970.37	37
1.5 <i>Translações</i> em prol do desenvolvimento tecnológico.....39	39
1.6 O papel das universidades para o desenvolvimento da tecnologia nacional.....46	46
1.7 O financiamento do ensino e da pesquisa.....53	53
1.7.1 Capes, CNPq e FAPESP.....54	54
1.7.2 BNDE e FINEP.....56	56
1.8 Fundação dos LSD e LSI na Poli.....64	64
1.9 Discussões bibliográficas acerca da atuação das universidades em parceria com a iniciativa privada.....77	77
2. O LABORATÓRIO DE SISTEMAS INTEGRÁVEIS E SUA ATUAÇÃO COM A FINEP.....	95
2.1 Introdução.....	95
2.2 A microeletrônica no Brasil e no mundo.....96	96
2.3 Por uma Política Nacional de Microeletrônica.....113	113
2.4 Projetos de microeletrônica no Laboratório de Sistemas Integráveis.....127	127
2.4.1 Garantias e exigências exigidas pela FINEP.....130	130
2.4.2 Produção acadêmica e desenvolvimento tecnológico.....139	139

2.4.3 Aproximações com a iniciativa privada.....	160
3 LABORATÓRIO DE SISTEMAS DIGITAIS E SUA ATUAÇÃO COM A FDTE.	181
3.1 Introdução.....	181
3.2 Uso dos computadores no Brasil.....	181
3.3 Análise quantitativa do acervo de dissertações e teses da Escola Politécnica.....	192
3.3.1 O peso da produção em informática no Departamento de Engenharia da Poli	193
3.3.2 Assuntos de interesse das teses e dissertações da Poli-Engenharia.....	202
3.3.3 Trajetória acadêmica dos pós-graduandos da Poli-Engenharia.....	211
3.4 Cotidiano dos trabalhos realizados em informática no LSD: construindo memórias de ferrite.....	224
3.5 A construção do Patinho Feio e a difícil industrialização do G-10: o death valley entre indústria e universidade.....	236
3.6 À guisa de conclusão: sucessos ou fracassos da política nacional de informática	248
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	258
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	271
ANEXOS	
Anexo I: Listagem das teses e dissertações publicadas pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP. Fonte: Dédalus.....	289

INTRODUÇÃO

1 Apresentação dos objetivos da pesquisa e metodologia

Este trabalho tem como objetivo analisar dois diferentes arranjos que foram capazes de agregar elementos heterogêneos como o Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP, agentes públicos e privados e as políticas nacionais para ciência, tecnologia e, em especial, de informática, direcionando-os para um único objetivo: a criação de artefatos tecnológicos. Esses arranjos foram os contratos firmados entre a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) e a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) e seus trabalhos com o Laboratório de Sistemas Digitais (LSD).

Utilizaremos como pano de fundo para compreender as possibilidades de desenvolvimento de uma tecnologia nacional as dissertações de mestrado e teses de doutorados produzidas nestas instituições entre os anos de 1974 e 1985. Obviamente, a escolha das datas é sempre um processo arbitrário. A pesquisa das teses começou no ano de 1974 por ter sido esse o ano de publicação da tese de livre-docência de João Antônio Zuffo. Consideramos essa uma tese particularmente importante para nossa pesquisa, pois ela apresenta os principais elementos que orientaram os trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Sistemas Integráveis.

A escolha do término mostrou-se difícil, tendo em vista que as publicações destes laboratórios continuaram até os dias atuais (embora, hoje, o Laboratório de Sistemas Digitais tenha se transformado no Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais). Optamos pelo ano de 1985 levando em conta as especificidades do LSI. Esse foi o ano em que o chamado IV Projeto de Subsistemas foi concluído. O V Projeto de Subsistemas, conforme mostraremos no capítulo 2, possuía uma orientação diferente dos projetos anteriores. Nele, a iniciativa privada estava mais presente, indicando que as possibilidades de ação do Laboratório se modificaram ao mesmo tempo em que se ampliaram.

Estudar projetos desenvolvidos na universidade e dos quais a iniciativa privada participou suscitou alguns problemas. Os atores da universidade não podiam falar abertamente sobre estes projetos por razões éticas ou de sigilo, como ficou evidenciado nas entrevistas que fizemos com Lucas Moscato e João Antônio Zuffo. Além disso, todas as empresas citadas durante nossa pesquisa não existem mais, impossibilitando o acesso a documentos que comple-

mentariam a documentação que consultamos acerca dos artefatos tecnológicos desenvolvidos na universidade.

Por esta razão, optamos por tratar apenas dos projetos universitários, apontando as influências que tiveram da iniciativa privada sempre que estas informações foram localizadas. Optamos também por encerrar o recorte cronológico em 1985, tendo em vista as diferenças nas orientações dos projetos do LSI apontadas anteriormente.

Levando em conta apenas as dissertações e teses, esse recorte se justifica pela baixa quantidade de doutorados concluídos antes de 1974. Foi justamente no período de onze anos que nossa análise se debruçou que a quantidade de teses aumentou, sendo o ano de 1985 aquele com mais publicações no período analisado. Indica, portanto, a ampliação das pesquisas desenvolvidas pela Escola Politécnica, o que justifica o interesse por este período específico.

A quantidade de projetos desenvolvidos tanto no LSD quanto no LSI nos obrigou a selecionar alguns para análise detalhada. No LSD, escolhemos o desenvolvimento dos minicomputadores Patinho Feio e G-10 pela grande influência que possuíram nas pesquisas acadêmicas realizadas em toda a década de 1970. Para o LSI, nos centramos nos trabalhos desenvolvidos na década de 1980, pois foram esses os responsáveis pela criação da infraestrutura que o permitiu ampliar a complexidade dos artefatos ali produzidos. Ambos os casos modificaram a relação dos laboratórios com a sociedade. No caso do LSI, os trabalhos desenvolvidos em parceria com a FINEP possibilitaram a aproximação do Laboratório da iniciativa privada; já no LSD, os minicomputadores Patinho Feio e G-10 habilitaram a equipe, através da FDTE, a fornecer soluções em sistemas digitais para diversos órgãos públicos e privados. Os demais trabalhos publicados neste intervalo de tempo pelo LSD foram analisados de maneira quantitativa no capítulo 3.

Nas análises realizadas tanto do LSD quanto do LSI buscamos dissertar sobre os artefatos desenvolvidos pelos laboratórios e suas influências acadêmicas. Porém, a produção universitária dialogava com a sociedade na qual a Escola Politécnica se inseria. O processo de construção do artefato apresentava dilemas que seriam enfrentados por profissionais que, fora da universidade, buscassem fazer o mesmo. Da mesma forma, o pesquisador que atuava profissionalmente na universidade também atuava em outros espaços sociais. Assim, levantamos a partir da análise das teses e dissertações, duas outras questões: o que os profissionais levavam em conta no processo de tomada de decisão e que resultaria em artefatos tecnológicos; e quais os espaços de atuação disponíveis no mercado de trabalho para os profissionais que se formavam construindo artefatos na Escola Politécnica a partir de uma determinada *expertise*.

A primeira questão buscamos responder ao analisarmos os trabalhos desenvolvidos no LSI. Já a segunda, foi discutida a partir dos trabalhos realizados no LSD.

O termo *arranjo* presente no título deste trabalho talvez não seja o mais apropriado para descrever o tipo de relação observada pela pesquisa entre os diferentes atores que participaram do processo de desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica. Bruno Latour (2000), um dos pensadores que forneceu o suporte teórico para nossa análise, utilizaria o conceito de *máquina*, desenvolvido no capítulo 1, para descrever o tipo de laço com o qual estamos lidando. Mantivemos, contudo o *arranjo* no título deste trabalho, pois consideramos que falar em *máquinas* sem desenvolver este conceito, prejudicaria *a priori* a compreensão de nossos objetos de estudo.

De fato, Bruno Latour e os demais pesquisadores de sua vertente analítica são alvos de muitas críticas, algumas motivadas pelo mal entendimento dos trabalhos que publicam. Acreditamos que isso se dá pelo fato de Latour e os demais empregarem conceitos que são conhecidos pela maioria do público, porém utilizando-os com novos significados. A *máquina* é apenas um exemplo. É difícil estabelecer em poucas palavras uma atuação intelectual precisa para Bruno Latour. Ele é filósofo, antropólogo e sociólogo dos chamados *Science and Technology Studies* (STS)¹, campo preocupado com as interações entre sociedade, ciências e tecnologias. A principal ferramenta de análise dos STS é a Teoria do Ator-Rede (*Actor-Network Theory*, ou ANT), desenvolvida não apenas por Latour, mas também por sociólogos como John Law e Michel Callon.

A tentativa de compreensão da Teoria do Ator-Rede requer compreender isoladamente o que é um ator, o que é uma rede e depois compreendê-los em conjunto. Em *An Inquiry into Modes of Existence*, Bruno Latour (2002a) definiu a noção de rede como uma série de associações que torna possível entender como um conjunto de pequenas discontinuidades são apropriadas (ou aliciadas) e direcionadas, através de uma passagem, para atuarem em conjunto e apresentarem continuidade de ação (LATOURE, 2012a, p. 33). A análise de redes não categoriza rigidamente os atores que nela atuam. Eles podem ser pessoas, como cientistas, políticos, engenheiros, etc (designados atores *humanos*) ou podem ser coisas como computadores, elétrons, sistemas gráficos, etc (designados atores *não-humanos*). Marcia Moraes, professora

¹ O doutor em ciências sociais pela UNICAMP Marcos Antônio Mattedi, em entrevista com Michel Callon, sintetizou as STS em duas grandes vertentes: “1) numa primeira linha de investigação as dimensões sociais são entendidas como fatores que condicionam e penetram o conhecimento científico; 2) numa segunda linha de investigação enfatizam-se as consequências da ciência e da tecnologia sobre a organização social” (MAT-TEDI, *et al.*, 2009, p. 394).

do Departamento de Psicologia da Universidade Federal Fluminense (UFF)², sintetizou o conceito de rede, tal qual entendido na ANT, como “fluxos, circulações, alianças, movimentos (...). Uma rede de atores não é redutível a um único ator nem a uma rede; ela é composta de séries heterogêneas de elementos animados e inanimados, conectados e agenciados” (MORAES, 2013, 322). Atores, por sua vez, são compreendidos não por serem humanos ou não-humanos, mas por suas ações. É ator aquele que age, que influencia a ação do outro e que não pode ser substituído. A Teoria Ator-Rede compreende atores como aqueles que constituem e também como aqueles que são constituídos por e em uma rede. É um Ator-Rede aquele que participa de uma ação, mas que, caso analisado por si só, também se mostrará como uma rede, pois é a interligação de diversos atores humanos e não-humanos.

John Law considera que existem diferentes tipos de ANT, porém todas voltadas para a descrição das associações heterogêneas realizadas entre diversos atores (LAW, 2006). Para o autor, não se pode esperar da ANT uma única grade narrativa, mas apenas, “com sorte”, uma série de pequenas histórias que se prendem umas às outras por ambivalências e oscilações (*Ibidem*, p. 62). Consideramos que a definição mais objetiva da ANT encontra-se no livro *Re-agregando o social: uma introdução à teoria do Ator-Rede*, de Bruno Latour (LATOUR, 2012b). Para o autor, a “ANT é antes de tudo um argumento negativo. Não afirma nada de positivo sobre assunto nenhum” (*Ibidem*, p. 206). Seu mérito, para Latour, consiste em dar aos atores estudados espaço para que se expressem. Isso significa dizer que

quando seus informantes misturarem informações, hardware, psicologia e política numa frase, não [devemos dividi-la] [...] em pedacinhos isolados; [devemos tentar] [...] acompanhar a sequência de elementos que pareceriam totalmente incomensuráveis caso você adotasse o procedimento normal (*Ibidem*).

Ao longo deste trabalho, empregamos o termo rede sociotécnica com frequência para fazer alusão às redes conceitualizadas pela ANT. Precisamos, contudo, fazer uma ressalva sobre a forma que empregamos o conceito. No nosso caso, quando designamos a rede sociotécnica *para* informática, não descrevemos os elementos que a compuseram (e compõem), nem as estratégias de seus atores para mantê-la agregada. Optamos, portanto, por tratá-la como uma rede estabilizada. No momento em que a Escola Politécnica desenvolvia os trabalhos aqui analisados, esta rede já possuía um caráter fortemente co-ordenado, como mostraremos no capítulo 2. Ela ligava fabricantes de informática, como a Intel e a Motorola, grandes centros de pesquisa, como a Bell Labs, comissões ligadas a governos que buscavam a produção

² MORAES, M.: ‘A ciência como rede de atores: ressonâncias filosóficas’. **História, Ciências, Saúde — Manguinhos**, vol. 11(2): 321-33, maio-ago. 2004.

de novos padrões de mercado, como a Graphics Standard Planning Committee (GSPC), cientistas de materiais semicondutores como Shockley, Bardeen e Brattain, entre outros (esses assuntos serão tratados em detalhes ao longo dos capítulos). A descrição desta rede, bem como os mecanismos para sua manutenção e expansão, daria uma tese por si só. Um dos objetivos ao longo deste trabalho foi mostrar como a existência desta rede influenciava as ações executadas por atores no interior dos laboratórios da Escola Politécnica. Buscamos mostrar as maneiras pelas quais a produção local era forçada a adotar determinados caminhos devido à necessidade de fazer parte desta rede, ou o custo que arcava sempre que propunha novos caminhos. Nosso trabalho é, portanto uma das “pequenas histórias” descritas por Law, uma vez que mostra como brasileiros ligados à universidade mobilizaram eles próprios elementos heterogêneos para desenvolver tecnologia no Brasil, participando, desta forma, de uma ampla rede sociotécnica de informática.

Atores diferentes, com diferentes interesses, precisam, portanto, trabalhar em conjunto para que uma rede se desenvolva. A convergência desses interesses variados acontece pelo processo chamado de *translação* ou *tradução*. Este conceito foi desenvolvido e explorado em diversas obras relacionadas ao STS. Em *A Esperança de Pandora*, Bruno Latour apresenta uma história que pode ajudar no entendimento desta ideia: o caso de Frédéric Joliot-Curie, um físico e químico francês que teorizou sobre a possibilidade de realizar uma reação nuclear em cadeia e que tentou produzi-la em seu laboratório na França dos anos 1930. A partir dessa ideia, Joliot e todos aqueles que leram seu artigo publicado a respeito dessa teoria, sabiam da existência da possibilidade de se criar um reator nuclear para produzir energia elétrica. Ou uma bomba. Em resumo, para conseguir conduzir suas pesquisas, Joliot precisaria alinhar sua teoria com as observações de Hans von Halban sobre a desaceleração de nêutrons em uma “água pesada” rara e produzida exclusivamente por uma empresa norueguesa. Joliot precisaria também conseguir altos investimentos, que foram concedidos por uma mineradora chamada Union Minière, que possuía grande quantidade de refugos radioativos que era inútil para a companhia até a proposta de criação de um reator feita por Joliot. Além da mineradora, Joliot conseguiu investimentos realizados pelo Estado francês com a condição de inverter a prioridade de sua pesquisa: caso fosse viável, Joliot deveria produzir primeiro a bomba. O que Latour demonstra ao longo do capítulo dedicado a esse caso, é que os interesses da Union Minière se transladaram nos de Joliot, que, por sua vez, também foram transladados no desejo do Estado francês em conseguir uma bomba, e assim por diante (LATOUR, 2001, p. 97-132). Diversas translações foram realizadas no entorno de Joliot para que seu objetivo fosse concretizado.

Cada um dos elos dessa rede atuava de acordo com interesses próprios, não de acordo com os interesses de Joliot. Latour conclui:

Devemos ser cuidados para não fixar interesses a priori; os interesses são “transladados”. Quer dizer, quando se frustram seus objetivos, os atores tomam atalhos pelos objetivos dos outros, daí resultando uma deriva, com a linguagem de um ator sendo substituída pela linguagem do outro (*Ibidem*, p. 106).

O conceito é melhor desenvolvido em *Ciência em Ação* (LATOUR, 2000), onde o autor parte da hipótese de que para um determinado fato ou equipamento tornar-se uma caixa-preta³ é necessário que cada vez mais pessoas trabalhem por esse projeto e cada vez mais investimentos sejam direcionados a ele. Essa captação de pessoas e recursos é feita através de inúmeras translações. Uma delas, Latour chama de “eu quero o que você quer”. Em um contexto onde se pretende fixar uma política, um fato científico ou a construção de um artefato tecnológico, seria “mais fácil”, para Latour, o grupo envolvido no empreendimento “deixar-se alistar” por outro grupo, tornando assim possível para um “contendor fraco” “tirar proveito de um outro, muitíssimo mais forte”. Latour compreende que pessoas e grupos são movidas por “inter-esses explícitos” (*Ibidem*, p. 178-181).

Optamos, em nosso texto, por distinguir a ideia de *interesse* da ideia de *inter-esse*, tal qual definida por Latour. De acordo com o autor, “*inter-esse* (...) é aquilo que está entre os atores e seus objetivos, criando assim uma tensão que fará os atores selecionarem apenas aquilo que, em sua opinião, os ajude a alcançar esses objetivos entre as muitas possibilidades existentes” (*Ibidem*, p. 178). É o processo de “seleção” de objetivos que torna possível a existência das translações. Conforme discutiremos no capítulo 3, autores como Peter Evans empregaram a ideia de *interesse* de maneira pejorativa, como se os autores que agissem de acordo com os próprios interesses estivessem em busca unicamente de algum tipo de vantagem pessoal. De fato, a palavra *interesse* vem ganhando, em nossa sociedade, cada vez mais essa acepção. Ao falarmos em *inter-esses* estamos explicitando as motivações que nossos atores possuíam para agir. Entendemos que não há ação sem motivação e o conceito de Latour nos ajuda a apontar essa característica sem emitir, mesmo que involuntariamente, nenhum juízo de valor.

³ Uma caixa-preta pode ser resumida como um fato científico, uma política ou um objeto de uso cotidiano que, apesar de complexo, ninguém questiona sua existência. Quanto mais preta a caixa for, mais inquestionável ela é. No caso de um artefato tecnológico, a maioria das pessoas que o utiliza nem ao menos sabe exatamente como ele funciona. Ele está em um determinado lugar e realiza uma determinada função adequadamente. E isso, a princípio é tudo. A caixa-preta apenas fica evidente quando apresenta problemas. Neste caso, Latour afirma que a caixa começa a ser aberta. Quando isso acontece, toda uma nova rede sociotécnica se forma ao redor da caixa para fechá-la novamente, uma rede diferente daquela que a criou. Portanto, além de ser inquestionável, a caixa-preta é um conjunto de associações atuando como um fato ou artefato único.

Ao longo de nossa dissertação, empregamos diversos conceitos desenvolvidos por autores relacionados a ANT e os desenvolvemos a medida em que aparecem no texto, o que dispensa a conceitualização desses termos *a priori* e a título de introdução. Esta foi uma opção metodológica. Apesar de ser comum aos trabalhos acadêmicos a definição de antemão dos pressupostos que embasaram as pesquisas, as reflexões de Bruno Latour apontam para outra direção. Para o autor, o processo analítico de determinadas vertentes das ciências sociais que definem no início do trabalho os seus conceitos e, posteriormente, apenas confirmam suas existências em situações reais, tiram, de certa forma, o espaço para seus atores se expressarem (LATOURE, 2012b, p. 206). A ANT inverte essa maneira de atuação. Em *Reagregando o social*, Bruno Latour questiona a própria ideia de que a Teoria Ator-Rede seja uma teoria, adotando a ideia de que ela é, na verdade, um *argumento negativo*, que versa sobre o que o pesquisador *não deve fazer* no lugar do que ele *deve fazer* (LATOURE, 2012b). É por esta razão que os estudos em STS dispensam muitas vezes uma apresentação inicial e sintética da ANT, optando por deixar que os conceitos surjam da análise.

Optamos por manter essa característica em nosso texto. Ao longo dos capítulos, discutimos ideias como a de a inseparabilidade dos domínios do saber (ciência, tecnologia, sociedade, etc), a circulação de intermediários, a existência de redes fortemente co-ordenadas, os custos pagos para fazer parte (ou não) de determinada rede, etc. São conceitos desenvolvidos por autores ligados à Teoria Ator-Rede, como Michel Callon, o próprio Bruno Latour e Susan Star. A estrutura foi semelhante a utilizada nesta introdução: Latour é apresentado como um estudioso da Teoria Ator-Rede. Compreender esta teoria requer compreender o que é ator e rede e como atuam em conjunto. O processo que permite essa atuação é a translação, e assim por diante. A narrativa é “interrompida” sempre que necessário para o desenvolvimento conceitual.

Fazer com que os conceitos “emergam” da análise requereu, de nossa parte, a descrição, algumas vezes detalhada, das ações e escolhas realizadas pelos atores que acompanhamos. Consideramos que a solidez dos conceitos propostos pela ANT são inteligíveis apenas através da compreensão dos objetivos dos atores, bem como das possibilidades de ações existentes em um momento de tomada de decisão. Como tratavam-se de escolhas que envolviam competências técnicas, que muitas vezes escapam do conhecimento de indivíduos que não atuam na área, consideramos que apenas a descrição tornaria inteligível as ações tomadas nos laboratórios. Além disso, consideramos que descrever o *estado da arte* para construção de

componentes de informática nos anos 1970 e 1980 possui uma importante função de memória, pois ajuda a preservar conhecimentos cuja circulação é, hoje, bastante limitado.

Por fim, cabe ressaltar as razões que nos levaram a escolher a Teoria Ator-Rede como o *argumento negativo* de nosso trabalho. Concordamos com Bruno Latour a respeito da imprecisão atual entre os domínios do saber. Conforme veremos no capítulo 1, as propostas para uma política nacional de informática envolviam a mobilização não apenas de computadores, a primeira vista entendidos como objetos técnicos, mas também das universidades, dos bancos, dos empresários e dos políticos, que podem, também a primeira vista, ser compreendidos como *agentes sociais*.

Contudo, no momento da análise, quando nossos atores precisavam escolher se produziam adaptações para armazenar determinado tipo de informação em um artefato adquirido no mercado, como veremos no capítulo 2, a separação *a priori* do que é humano (social) ou não-humano (técnico) torna-se um problema. Essa nova adaptação, criada por determinados *inter-esses*, é humana, não-humana ou um híbrido entre ambos? Se ela não for humana (social), cabe o seu estudo em uma dissertação de história? Uma das razões pela qual a ANT nos parece uma escolha metodológica adequada para o estudo das ciências e das tecnologias é o fato dela deslocar a atenção do ator (humano ou não-humano) para a ação. Nesta perspectiva, a análise dessa adaptação não recairia na sua “humanidade” (ou não) e sim naquilo que ela provoca ou nas mudanças que ela assinala.

De acordo com Marcos Antônio Mattedi, doutor pela Unicamp, a ANT possui um “repertório científico específico para tratar da ciência e da tecnologia” que “superam a clivagem humano/não-humano que marca as ciências sociais”. Isso contribui para um entendimento da ciência e tecnologia como “instrumentos de reconfiguração das ordens natural e social, por meio de uma operação que é, ao mesmo tempo, técnica e política” (MATTEDI *et al.*, 2009, p. 385). Assim, a ANT permite compreender as ciências e as tecnologias não como campos separados da sociedade e da política, mas justamente como atividades que emergem da sociedade. Há o reconhecimento tácito, por parte da ANT, de que ciência e tecnologias são, portanto, atividades sociais.

Latour afirma, em *Jamais fomos modernos*, que apontar a existência de elementos sociais nas ciências normalmente é encarado pelos próprios cientistas como *acusações* de que eles não são imparciais o suficiente e que, portanto, não realizam bons trabalhos. Nesta visão, a Ciência é vista como uma entidade purificada, livre da ação humana e que dela é independente.

Essa forma de compreender as ciências é chamada por Latour de modelo de difusão. Este modelo normalmente é utilizado como narrativa científica por jornalistas e estudiosos que apresentam a ciência pronta e não em construção. Latour contrapõe o modelo de difusão ao modelo de translação abordado anteriormente. A difusão pressupõe que a ciência e a tecnologia possuem uma inércia própria, ou seja, movem-se por conta própria, independente da ação humana. Quando o uso da ciência ou da tecnologia é atrasada a culpa recai sobre a sociedade, uma vez que a tecnociência é vista como indiscutivelmente a melhor saída para todos os problemas. Um exemplo utilizado por Latour para ilustrar essa questão é o de Pasteur: demorou cerca de uma geração para que as ideias desenvolvidas por Pasteur acerca dos micróbios e das vacinas fossem incorporadas às práticas sociais. Em um modelo de difusão isso aconteceu por conta do corporativismo dos médicos, que se recusaram a aceitar essas ideias por contrariarem seus interesses de classe. Em um modelo de translação, os médicos ainda não possuíam inter-esses nas práticas propostas por Pasteur porque este propunha o uso de vacinas em um momento em que a medicina preventiva não era praticada. Apenas no momento em que consegue-se desenvolver a cura para a difteria a partir das propostas de Pasteur, que os médicos se inter-essam por suas práticas. Para Latour, portanto, não é a sociedade que atrasou a utilização da vacina e sim a falta de inter-esse que inicialmente se demonstrou por ela (LATOUR, 2000). Considerar o corporativismo dos médicos em relação a vacina como um fator para sua não utilização é, portanto, não apenas incorreto como também anacrônico, pois parte da ideia de que a vacina é a melhor forma de prevenir doenças, ideia que na época de Pasteur ainda não estava construída.

Esta é outra vantagem que encontramos na ANT: ao privilegiar o momento da ação e ouvir os argumentos que os próprios atores empregavam para justificar suas escolhas, evitamos que explicações construídas *a posteriori* para determinados acontecimentos sejam utilizadas para compreensão da ação no momento em que ela foi realizada. Desta forma, consideramos a ANT um referencial teórico adequado para uma dissertação de história que se propõe a analisar o desenvolvimento tecnológico ocorrido na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

2 Fontes e bibliografia

Conforme apontado inicialmente, as principais fontes históricas utilizadas em nossa pesquisa foram as teses e dissertações produzidas no Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica entre os anos de 1974 e 1985. Ao todo, foram levantadas duzentos traba-

lhos, sendo quarenta e seis teses de doutorado e cento e cinquenta e quatro dissertações de mestrado (Anexo I), agrupadas de acordo com critérios que foram discutidos no capítulo 3.

A maioria dos dados foi tratado de maneira quantitativa no capítulo 3, porém diversas dissertações e teses foram utilizadas para compreender os processos de tomadas de decisões envolvidas com desenvolvimento tecnológico ocorrido tanto no LSD quanto no LSI.

Além disso, utilizamos como fontes as pastas contendo as documentações referentes aos Projetos de Subsistemas Integráveis desenvolvidos no LSI. O acervo, pertencente ao professor João Antônio Zuffo, reúne contratos, cartas trocadas por diferentes atores, balancetes financeiros, prestações de conta, projetos desenvolvidos, currículos, especificações técnicas, etc, que foram recebidos ou enviados para a FINEP. A maioria dos documentos estava devidamente identificada com referências numéricas, dispensando explicações acerca dos critérios utilizados por nós para referenciá-los em notas de rodapé. Contudo, a documentação referente ao IV Projeto de Subsistemas não possuía números. Neste caso, optamos por indicar, quando disponível, o título do documento, seguido pelo número da página.

Utilizamos, ainda, os acervos do periódico *Dados & Ideias* disponíveis na Escola Politécnica da USP, em São Paulo, e no Instituto Tecnológico de Aeronáutica, em São José dos Campos. Foram consultados também os Anais da Sociedade Brasileira de Computação, a revista Veja e algumas edições do Jornal Folha de São Paulo, porém a maioria das informações obtidas não foram utilizadas no texto final deste trabalho.

Em relação ao segundo capítulo, foi necessária a explicação de diversos conceitos de microeletrônica para que o texto se tornasse inteligível. Optamos por utilizar manuais e livros técnicos da área publicados durante o período de nossa análise, evitando assim que anacronismos fossem cometidos ao tratarmos de conceitos técnicos específicos. Utilizamos, sobretudo, os livros *Circuitos integrados em média escala e em larga escala* e a série, em três volumes, *Compêndio de microeletrônica*. Esses livros foram escritos por João Antônio Zuffo, porém sua escolha não se deu pelo autor, mas sim por sua disponibilidade hoje no mercado.

Por fim, realizamos uma série de entrevistas com João Antônio Zuffo, Lucas Antonio Moscato e Edith Ranzini, atores importantes que participaram ativamente dos trabalhos desenvolvidos no LSD e no LSI.

A bibliografia específica para a história da informática no Brasil, apesar de ainda em números modestos, cresce a cada ano. Para nossos estudos, utilizamos principalmente diversos livros publicados na década de 1980 e que analisaram a trajetória da informática no Brasil para assim compreenderem a Política Nacional de Informática (PNI) aprovada em 1984.

Devido à fluidez narrativa e detalhes dos acontecimentos anteriores à PNI, o livro *Guerrilha Tecnológica*, da jornalista Vera Dantas, foi particularmente importante para obtermos detalhes sobre os antecedentes e atuações de diversos personagens do período. No momento da publicação, em 1988, a autora vinha atuando há mais de dez anos na imprensa especializada em informática, tendo sido editora do periódico quinzenal *Datanews*, pertencente ao grupo internacional Computerworld e do Jornal da Automação e Indústria. A análise de Vera Dantas é descrita na contracapa de seu livro como o fruto de entrevistas com mais de cinquenta personalidades e consulta a uma farta documentação a respeito do assunto.

Da mesma forma, o jornalista Marcos Dantas, em o *Crime de Prometeu*, traz a sua análise dos rumos da informática no Brasil prestando especial atenção aos detalhes técnicos da produção de computadores e periféricos, apresentando ao leitor uma versão da PNI por este outro viés. O autor diz acompanhar a indústria de informática desde o seu nascimento (DANTAS, 1989, p. 6) e a sua publicação se baseia em diversas visitas ou questionários enviados às indústrias de computadores brasileiras. Trata-se de um livro que discute os aspectos técnicos enfrentados e superados pela indústria nacional, o que resultou, para o autor, na indiscutível capacitação tecnológica do nosso país (DANTAS, 1989, p. 7).

Importante leitura por apresentar análises de autores diferentes dos nacionalistas tecnológicos, aqueles que majoritariamente utilizamos neste trabalho, é a coletânea de artigos *A questão da informática no Brasil*, publicada em 1985 e organizada pelo economista Rabah Benakouche. A obra se enquadra na tentativa de compreender e explicar ao público a PNI como uma política muito além da “reserva de mercado”, foi desenvolvida a partir de reflexões realizadas pelo Núcleo de Pesquisa de Política Científica e Tecnológica do CNPq. O livro apresenta textos como o de autoria de Edison Dytz, que na ocasião da publicação do livro era secretário da SEI (Secretaria Especial de Informática).

Chamamos atenção, também, para o livro *Indústria da Informática, Desenvolvimento Brasileiro e Mundial*, da economista Cléria Piragibe e publicado em 1984. Explorando historicamente a indústria de informática, a autora analisa o papel do Estado no processo de desenvolvimento industrial, bem como a interação da indústria nacional com a estrangeira. Seus principais méritos residem no emprego de informações detalhadas em tabelas e gráficos que ajudam a compreender a situação da produção de computadores no Brasil e no mundo, explorando as causas e consequências de tais distribuições. Além disso, a autora apresenta análise acerca dos padrões de comportamento das indústrias de informática, explorado a importância

da inovação tecnológica, marketing e política de preços como motores do desenvolvimento tecnológico.

A maioria da bibliografia levantada na área analisava questões macros da política nacional de informática, prestando pouca atenção ao desenvolvimento tecnológico ocorrido no interior das universidades, como é o caso do nosso trabalho. Desta forma, esses autores figuraram em nosso texto majoritariamente para contextualizar as atividades desenvolvidas na Escola Politécnica em um cenário nacional, embora autores como Vera Dantas tenham trazido contribuições importantes para o entendimento das atividades desenvolvidas no LSD.

Ressaltamos, contudo, que a maior parte das informações bibliográficas utilizadas em nosso texto foram encontradas em artigos publicados principalmente por autores que participaram ativamente do processo de desenvolvimento tecnológico no Brasil, como Ivan da Costa Marques, ou de autores que fizeram a crítica às políticas desenvolvidas no Brasil, como Peter Evans. Outra fonte importante de dados para a história da informática no Brasil estão nas dissertações e teses produzidas por diversas instituições de ensino brasileiras, como a USP e a UFRJ. Apesar de ser um tema distante do mercado editorial brasileiro, a história da informática encontra nas universidades espaço crescente para debates.

3 Estruturação dos capítulos

Nesta introdução, optamos por não apresentar os antecedentes de nossos objetos de estudo, como fazem normalmente os trabalhos acadêmicos. Destinamos o capítulo 1 para criar o cenário institucional que possibilitou a atuação dos laboratórios da Escola Politécnica em prol do desenvolvimento tecnológico em informática ocorrido no Brasil. Assim, a exigência dos “antecedentes” fica atendida neste capítulo. Nele apresentamos a Escola Politécnica e sua inserção na Universidade de São Paulo. Discutimos também as políticas para ciência, tecnologia, educação e informática que se desenvolveram ao longo dos anos 1960 e 1970 no Brasil. É neste primeiro capítulo que os atores importantes para o desenvolvimento tecnológico na universidade são apresentados. Discutimos a formação das agências de fomento à pesquisa, dos laboratórios que produziram as teses e dissertações analisadas e dos arranjos que encontraram para participarem das políticas nacionais para ciência e tecnologia e informática. Por fim, exploramos as controvérsias existentes acerca do uso do espaço público universitário para a produção de uma tecnologia muitas vezes identificada como privada.

O segundo capítulo discutirá a atuação do LSI em conjunto com a FINEP, enquanto o terceiro capítulo analisará as relações entre LSD e FDTE. A estrutura inicial de ambos é seme-

lhante. Todos os capítulos começam apresentando o histórico dos objetos que produzem. A primeira seção do capítulo 2 discutirá a história da microeletrônica no Brasil e no mundo enquanto a primeira seção do capítulo 3 discutirá a popularização do uso de computadores no Brasil. A partir dessa breve história inicial, os capítulos percorrem caminhos distintos, embora os dois estejam sempre voltados para a criação dos artefatos tecnológicos em seus respectivos laboratórios, bem como as influências que estes trabalhos exercem na produção acadêmica.

Além dessas questões, o capítulo 2 discutirá o processo de criação de artefatos tecnológicos em microeletrônica, bem como a luta, por parte de atores da área, para criação na década de 1970 e 1980, de uma política setorial específica para a microeletrônica. Ao analisarmos os projetos, teses e dissertações produzidas no LSI, desenvolveremos, a partir do referencial teórico da ANT, questões relativas ao desenvolvimento tecnológico. Falaremos das tensões existentes entre adesão a um padrão de tecnologia já existente e das possibilidades de se propor novos padrões. Por fim, discutiremos como a extensão e a força das redes sociotécnicas influenciam as possibilidades de criação da tecnologia.

O terceiro capítulo, voltado para o LSD, prestará especial atenção na trajetória profissional dos indivíduos que dele fizeram parte. A partir do levantamento dos currículos de cada um desses profissionais, verificaremos em que instituições atuaram tanto nos anos 1970 e 1980 quanto nos dias atuais. Buscaremos compreender, a partir deste cenário, como se davam as influências da política nacional de informática no mercado de trabalho brasileiro, bem como a importância dos conhecimentos locais produzidos na universidade, formando assim uma *expertise*. Por fim, buscaremos levantar possíveis explicações para a atual desagregação do setor industrial de informática no Brasil.

1 FORMAÇÃO DA INFRAESTRUTURA E INSERÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA NA POLÍTICA NACIONAL DE INFORMÁTICA

1.1 Introdução

Para analisarmos as relações estabelecidas entre os laboratórios da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e os artefatos relacionados com a informática que foram ali desenvolvidos, propomos neste capítulo estabelecer um panorama a partir do qual se desenvolveu os programas de pós-graduação no Brasil. Este estabelecimento esteve intimamente ligado com as políticas de ensino, ciência e tecnologia desenvolvidas ao longo dos diferentes governos militares brasileiros. Nesse período conturbado e violento da história do Brasil, indivíduos e grupos atuaram ativamente na formulação de propostas para políticas específicas que visavam o desenvolvimento social e econômico brasileiro por diversas vias, inclusive a do desenvolvimento de uma indústria nacional tecnológica.

Através da bibliografia consultada e da coleta de depoimentos de alguns dos indivíduos envolvidos diretamente nas produções tecnológicas ocorridas dentro da Universidade de São Paulo, constatamos que, embora *não* existisse no período ações articuladas pautadas por uma política para ciência e tecnologia que operasse de maneira globalizante, isto é, articulando diferentes setores e políticas públicas para atingir um fim concretamente planejado e delimitado de antemão, é possível observar, sobretudo na década de 1970, que houve atuação intensiva por parte de algumas instituições predominantemente públicas em prol do desenvolvimento tecnológico nacional, em especial aquele voltado à informática, objeto central de nossos estudos. Essa atuação conjunta, contudo não se deu em termos de “objetivo comum” entre os atores que dela participaram. Conforme veremos ao longo do capítulo, houve algumas “translações” que fizeram com que diferentes objetivos convergissem.

Este capítulo apresenta uma série de aspectos que julgamos relevantes para a criação de uma infraestrutura voltada à pesquisa e desenvolvimento dentro da Escola Politécnica, levando-se em conta os diálogos entre a universidade e as políticas públicas que a amparavam e delimitavam suas ações. Inicialmente, situaremos a Poli historicamente, mostrando como seus objetivos dialogavam com a sociedade brasileira em diferentes momentos. Para compreender a atuação da Poli, é necessário discutir as políticas para ciência e tecnologia desenvolvidas ao longo dos governos militares que ocuparam a presidência do Brasil no período de 1964 até 1985. O recuo do recorte cronológico em relação ao do restante da pesquisa se deu por julgarmos que, sem levarmos em conta os acontecimentos anteriores, seria impossível compreender a criação dos diferentes laboratórios e fundações para pesquisas da Poli que atuaram desen-

volvendo tecnologia nacional em um contexto de reserva de mercado. Levando em conta as especificidades da organização das instituições de ensino público, modificadas em 1968, faz-se necessária a discussão da Reforma Universitária e de seus impactos na organização e nas diretrizes das universidades.

Através da bibliografia, constatamos que as políticas de ensino, ciência e tecnologia desenvolvidas respondiam diretamente às questões *econômicas* vivenciadas pelo Brasil, motivo pelo qual optamos por discuti-las em paralelo com as demais políticas com as quais dialogavam. Especificamente para a área da informática, sobretudo a partir de 1975, um grupo de indivíduos envolvidos com a universidade, com setores militares e com a burocracia pública, que denominaremos, amparados pela bibliografia especializada, de *nacionalistas tecnológicos*¹, buscou influenciar ativamente os rumos da política nacional para a tecnologia através principalmente de diversos congressos onde se reuniam e de periódicos como *Dados & Ideias*, que será propriamente apresentado adiante.

A bibliografia consultada a respeito da economia nacional, bem como para as políticas para ciência e tecnologia omitem ou pouco falam a respeito da atuação desse grupo, que figura quase que exclusivamente nos textos que dissertam especificamente sobre a história da informática brasileira. Contudo, as ideias defendidas por esses nacionalistas circulavam entre o meio acadêmico brasileiro no período, criando certa consonância entre as discussões empreendidas pelo grupo, acessíveis através de *Dados & Ideias*, e os discursos que coletamos em entrevistas realizadas com os indivíduos envolvidos com atividades de pesquisa e desenvolvido ocorridas na Poli. Por esta razão, optamos por articular as discussões para a política nacional de informática realizadas pelos nacionalistas tecnológicos com o panorama das políticas de ciência e tecnologia.

1 Este grupo seria composto por figuras como Mario Ripper, Ivan da Costa Marques e Ricardo Saur, que são considerados pelo historiador da informática Marcelo Vianna como os principais condutores das políticas de informática no país. De acordo com o Vianna, a bibliografia tem dado diferentes nomes para este mesmo grupo, como “‘barbudinhos’ ou ‘técnicos nacionalistas frustrados’, ‘pragmatic antidependency guerrilla members’ ou, simplesmente, ‘guerrilheiros tecnológicos’” (VIANNA, 2016, p. 26). Optamos por chamá-los de *nacionalistas tecnológicos* por considerarmos um nome menos pejorativo. Para se ter uma ideia de como esse grupo é visto negativamente em parte da bibliografia, principalmente no exterior, o economista Peter Evans, professor de sociologia da Universidade da Califórnia, em seu livro *Embedded Autonomy*, empregou a terminologia *técnicos nacionalistas frustrados* para designá-los. O termo “frustrados” se refere ao fato de, para Evans, esses profissionais, formados em sua maioria no exterior, não encontrarem no Brasil empregos que julgavam a altura de sua formação acadêmica, decidindo assim buscar influenciar as políticas públicas para se criar uma indústria local de informática em que pudessem atuar. Através desta definição, Evans considerou como ideológica a visão que esses autores possuíam da tecnologia enquanto ferramenta para construção de uma nova sociedade mais adequada à realidade contemporânea e que pudesse trazer melhorias nas condições de vidas dos brasileiros. Evans parte do pressuposto de que esse grupo estava interessado exclusivamente em atuar profissionalmente de acordo com suas formações, transformando os nacionalistas tecnológicos, na melhor das hipóteses, em manipuladores dos interesses públicos unicamente para atingir suas próprias realizações (EVANS, 1995, p. 107).

A seção seguinte buscará debater a importância das diferentes agências de fomento à pesquisa que incentivaram diretamente a produção científica e tecnológica dentro das universidades. Em seguida, concluiremos o capítulo discutindo a formação, consolidação e atuação do Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) e sua extensão “para fora” da universidade, através da Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), e o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI). Cada um dos laboratórios atuou ativamente para o desenvolvimento da tecnologia nacional, porém valeram-se de aparatos institucionais diferentes: enquanto o LSD, através da FDTE, desenvolveu uma série de projetos diretamente para instituições públicas e privadas, o LSI recebeu majoritariamente uma série de financiamentos realizados pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), a grande patrocinadora do laboratório.

Concluiremos o capítulo discutindo a polêmica que se desenvolveu em torno da existência das fundações privadas em universidades públicas, apontando que o modelo não foi aceito unanimemente pela comunidade acadêmica, que temia por sua autonomia e sua convivência com o sistema capitalista.

1.2 Escola Politécnica e sua inserção na sociedade brasileira até a década de 1960

Essa seção busca apresentar a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, analisando sua inserção social e as maneiras como ela respondeu às necessidades brasileiras até a década de 1960, momento em que ocorreram as principais mudanças que dariam as características necessárias para sua atuação no processo de desenvolvimento tecnológico no Brasil, em especial nas áreas relacionadas à informática.

A Poli foi fundada em 1893 através das leis estaduais nº 26 e nº 64 como parte do movimento de modernização almejada pela recém-fundada República brasileira. De acordo com a historiadora Márcia Regina Barros da Silva, tão logo o Brasil aderiu a essa nova forma de governo, José Prudente de Moraes Barros, presidente do governo provisório que tomou posse (1894-1898), emitiu uma série de decretos que visavam organizar formalmente o Estado. Desses, quase todos estavam relacionados a questões da saúde e da instrução, temas aparentemente diferentes, mas que, como mostra a historiadora, neste momento eram tratados pelo poder público de maneira conjunta para que assim fosse possível construir um novo corpo social mais adequado à visão científica que as elites republicanas locais almejavam (SILVA, 2004, p. 17, 30, 31). Neste contexto, no final do século XIX e início do século XX, apareceu em São Paulo uma série de instituições de ensino. Além da Escola Politécnica (1893), sur-

giram Escola Normal (1890), a Escola de Farmácia (1898) e a Escola de Agricultura (1901). Silva aponta, ainda, que o apoio recebido pela Poli mostrava “a eleição da engenharia e da técnica como setor de grande investimento público e símbolo do ‘espírito progressista e civilizatório que reinava no Estado’” (COELHO, 1999, p. 207 *apud* SILVA, 2004, p. 48-49).

A criação da Poli estava ligada, portanto, às tentativas de modernização da República por parte das elites brasileiras através do ideário científico e tecnológico. Seu fundador, Antonio Francisco de Paula Souza, era proveniente da elite cafeeira paulista (o café era o insumo mais importante do Brasil no período) e participou ativamente, assim como sua família, dos acontecimentos políticos brasileiros. Vale ressaltar ainda que Paula Souza tornou-se diretor da Poli de 1893 até 1917², o que ajuda a ilustrar a ligação direta da Escola com a elite local paulista.

No livro *A Engenharia Mecânica na Escola Politécnica da USP e suas Contribuições para a Sociedade Brasileira*, escrito pelos historiadores do Departamento de História da USP Shozo Motoyama e Marilda Nagamini em homenagem aos 120 anos do Departamento de Mecânica da Poli, os autores afirmaram que a missão atribuída à Escola era a de “formar profissionais competentes e prover conhecimento tecnológico para o desenvolvimento econômico e industrial do Brasil, em geral, e do Estado de São Paulo, em particular”³. O professor João Antônio Zuffo, fundador do Laboratório de Sistemas Integráveis da Poli, em entrevista concedida ao autor desta dissertação em 13 de novembro de 2018, empregou um discurso semelhante a este. Para Zuffo, “a tradição da Poli realmente é ter engenheiros de primeira linha [...]. Tanto que nossos alunos quando iam para o exterior sempre se destacavam e sempre foram muito bem em Stanford, MIT [Massachusetts Institute of Technology]...”.

Vale ressaltar, que essa tradição nem sempre esteve plenamente adequada à realidade do mercado brasileiro. Em outra entrevista, Zuffo vai mais a fundo nessa afirmação, problematizando as formas de atuação que os profissionais formados pela Poli poderiam exercer no país, uma vez que a indústria brasileira não possuía estruturas para absorvê-los plenamente, obrigando-os a atuar sobretudo nas áreas de supervisão e gerência. De acordo com o Zuffo, a indústria brasileira

2 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Prof. Dr. Antônio Francisco de Paula Souza – 1893-1917. Disponível em <<https://www.poli.usp.br/institucional/diretoria/galeria-de-diretores/prof-dr-antonio-francisco-de-paula-souza>>. Acesso em 17 de outubro de 2018.

3 MOTOYAMA, S.; NAGAMINI, M. *A Engenharia Mecânica na Escola Politécnica da USP e suas Contribuições para a Sociedade Brasileira*. São Paulo: EDUSP, 2014, p. 13. A citação encontra-se na apresentação redigida pelos professores Ronaldo de Breyne Salvagni, Celso Pupo Pesce e Jurandir Itizo Yanagihara, todos ex-chefes de departamento da Escola Politécnica.

Não [empregava em] um trabalho de Pesquisa e Desenvolvimento. Aqui no Brasil a indústria de telecomunicações, a indústria eletrônica não tem [hoje], eu diria, Pesquisa e Desenvolvimento. Pelo menos as grandes empresas. Talvez a pequena empresa tenha. Tem um pessoal que fabrica coisas saídas daqui da Poli. [...] Não especificamente do LSI, mas eu diria da Poli, tem muitas fabriquetas de pequeno porte que foram feitas com engenheiros formados aqui⁴.

Neste mesmo sentido, a jornalista Vera Dantas, em seu livro, *Guerrilha Tecnológica*, dedicado à trajetória da Política Nacional de Informática apontou que muitos dos profissionais formados em engenharia nos anos 1960 acabavam por engrossar as fileiras de vendedores das multinacionais que atuavam na área de informática no Brasil. Neste primeiro momento, quando a pós-graduação ainda era estruturada no país, os engenheiros que não se contentassem em trabalhar com vendas buscavam oportunidades para continuar com seus estudos no exterior (DANTAS, 1988). A afirmação é complementada pela professora emérita da USP Edith Ranzini através de entrevista. Ranzini, uma das fundadoras do LSD, afirmou que, no Brasil, as opções para os recém-formados em Engenharia Elétrica era a pós-graduação ou atuar nas áreas de “analista de sistema ou vendas”⁵.

Apesar das eventuais dificuldades para a inserção desses profissionais no mercado de trabalho na área de pesquisa e desenvolvimento, mais por problemas identificados com a indústria do que pela formação universitária que tiveram, não há dúvidas a respeito da importância da Escola Politécnica para a formação de engenheiros altamente capacitados, função que exerceu desde a sua fundação, antes mesmo do surgimento da Universidade de São Paulo. A USP foi criada em 1934, através de um decreto estadual que aglutinava os cursos da Faculdade de Direito, Escola Superior de Agronomia, Faculdade de Medicina, Escola de Veterinária, Escola Politécnica⁶ e Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras em uma única instituição.

O professor da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) Paulo Gomes Lima, pesquisador especialista em políticas públicas voltadas para o ensino superior⁷, em seu livro intitulado *Política Científica e Tecnológica - Países Desenvolvidos, América Latina e Brasil*, apontou que as universidades brasileiras nascidas na década de 1930 surgiram da fomentação do nacionalismo, baseadas em ideais positivistas e trazendo uma tradição acadêmica sobretu-

4 Entrevista concedida ao autor em 28 de outubro de 2018.

5 Entrevista dada ao autor em 28 de outubro de 2018.

6 BRITO, T. T. B.; CUNHA, A. M. O. Revisitando a História da Universidade no Brasil: política de criação, autonomia e docência. *Caderno de Filosofia e Psicologia da Educação*, Vitória da Conquista, v. VII, n. 12, p. 53, jan./jul. 2009.

7 Informações obtidas do Currículo Lattes do pesquisador. CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. fCurrículo do Sistema de Currículos Lattes (Paulo Gomes Lima). Disponível em <<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?metodo=apresentar&id=K4702337T4>>. Acesso em 30 de dezembro de 2018.

do francesa e alemã. O surgimento da USP faz parte deste mesmo movimento. Para o autor, a ideia de unidade entre ensino e pesquisa trazida pela universidade alemã orientou a organização e a definição das universidades no Brasil, tornando-as peças centrais, até a década de 1960, das poucas iniciativas que envolviam o desenvolvimento técnico e científico (LIMA, 2009, p. 93).

Grosso modo, era a situação econômica nacional que possuía influência preponderante na estruturação das políticas para o desenvolvimento científicos e tecnológicos e, consequentemente na inserção da Poli na sociedade brasileira. Essa situação foi estável até o começo dos anos 1960. Obviamente houve conflitos, contradições e ambivalências neste período, como uma grande inflação entre 1957 e 1958, cujos impactos causados na vida dos brasileiros não cabem ser discutidos aqui. Para nossos propósitos, salienta-se que, de acordo com o economista André Villela, do ponto de vista econômico, o Brasil vivenciou até 1962 “um longo ciclo de expansão, cujo início data da recuperação relativamente precoce da economia brasileira dos efeitos da Grande Depressão dos anos 30” (GIAMBIAGI *et al.*, 2011, p. 25). Ressaltamos aqui que crescimento econômico não está necessariamente associado a melhoria na qualidade de vida da população em geral. De qualquer forma, para o autor, ao longo deste período, a estrutura produtiva do país se transformou: a produção agropecuária perdeu importância e o setor industrial passou a ocupar o seu espaço. No mesmo sentido, o Brasil deixava rapidamente de ser um país majoritariamente rural para ser um país onde a maioria de seus cidadãos viviam em cidades. A forte expansão industrial do período se deu nos setores que, para o economista Paul Singer, foram “criações da Segunda Revolução Industrial” e seu desenvolvimento acelerado se deu sobretudo através da “égide das multinacionais” (SINGER *apud* MOTOYAMA; NAGAMINI, 2014, p. 46).

Motoyama afirmou que a partir da fundação da USP, vieram para a recém-fundada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL/USP) diversos professores estrangeiros, encarregados de ministrar disciplinas para os cursos sobretudo das ciências exatas, que influenciaram de maneira direta ou indireta as atividades didáticas e de pesquisas da Escola Politécnica. Embora o autor não tenha especificado quais as mudanças os professores estrangeiros provocaram nestas atividades, ele salientou que a escola possuía “boa tradição de formar bons engenheiros capazes de *enfrentar a realidade brasileira*”, principalmente para o setor produtivo, papel que desempenhou até a década de 1960 (MOTOYAMA; NAGAMINI, 2014, p. 45. *Grifos nossos*). Gostaríamos de frisar a ideia exposta pelo historiador. Até os anos 1960, a Poli

formou profissionais *capazes de enfrentar a realidade brasileira*. Neste discurso, a Poli dialogava com uma realidade tida como fato consolidado, sem necessidade de transformação.

Essa aceitação passiva também está presente na descrição das “políticas” científicas e tecnológicas do período feita por Paulo Gomes Lima. O autor salienta que a formalização e operacionalização dessas “políticas” até a década de 1960 objetivava promover o aprimoramento das condições de produção nacional através do desenvolvimento tecnológico que deveria ser obtido sobretudo a partir da importação de tecnologias disponíveis nos países desenvolvidos. Como essas tecnologias nem sempre eram compatíveis com a realidade nacional, o Brasil tornou-se dependente da importação do *know-how* estrangeiro, característica que marcou o processo de industrialização nacional (LIMA, 2009, p. 92).

Como exemplo de industrialização através da importação tecnológica, podemos citar a vinda para o Brasil das montadoras estrangeiras de automóveis durante a presidência de Juscelino Kubitschek. Esse movimento fez parte do processo de substituição das importações promovidas pelo programa econômico em vigor, o Plano de Metas (GIAMBIAGI *et al.*, 2011, p. 30-31). A indústria local, abastecida com tecnologia estrangeira, limitava-se a montar projetos desenvolvidos em outros países. Não havia, portanto, absorção ou desenvolvimento tecnológico de fato. Consequentemente, não havia necessidade de profissionais capacitados para trabalhar em pesquisa e desenvolvimento. Contudo, como vimos anteriormente, esses indivíduos existiam e muitas vezes procuravam alternativas para sua inserção no mercado de trabalho.

Até o momento, utilizamos as aspas para marcar a “política” científica e tecnológica até os anos 1960 porque de fato ela existia apenas como ideia de emprego da tecnologia pronta, sem incentivos ou programas governamentais estruturados para o seu desenvolvimento. Lima afirmou que até então o setor científico brasileiro se constituía apenas por iniciativas de indivíduos e grupos ligados ao segmento acadêmico que fundaram, entre outras instituições, a Academia Brasileira de Ciências, em 1916 e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência em 1949 (*Ibidem*, p. 91). Para o autor, até então, o Brasil não possuía a elaboração e aplicação de políticas de ciência e tecnologia.

O começo dos anos 1960 marcou um ponto de virada para a economia brasileira, fazendo com que os governos buscassem alternativas para os modelos econômicos adotados até então. A crise econômica, puxada pela queda da taxa de crescimento do Produto Interno Bruto brasileiro somada ao descontrole da inflação por parte do governo, trouxe consigo convulsões políticas que levaram a renúncia do então presidente Jânio Quadros e a chegada ao poder do

seu vice-presidente, João Goulart, cuja autoridade fora enfraquecida pela transformação, promovida pelo Congresso do Brasil enquanto regime presidencialista para um regime parlamentarista. O aceno de João Goulart para setores da esquerda elevou as tensões políticas e sociais existentes no país, culminando com o Golpe Civil-Militar de 1964. A partir daí, o país adentrou em um período marcado pela suspensão da democracia direta e dos direitos constitucionais, da censura e da violação sistemática dos direitos humanos básicos. Apesar das turbulências e perseguições políticas por parte do governo à oposição, Motoyama afirmou que “alguns segmentos militares e setores da burguesia estavam imbuídos de genuína vontade de desenvolver o país” (MOTOYAMA; NAGAMINI, 2014, p. 46), ideia que acabou por gerar uma série de políticas voltadas para o desenvolvimento científico e tecnológico que serão discutidas na próxima seção.

1.3 Políticas para Ciência, Tecnologia e Educação na década de 1960

Para compreendermos as condições que propiciaram o surgimento dentro da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento capazes de atuar em consonância com a futura Política Nacional de Informática, é de fundamental importância compreendermos como o país partiu da inexistência de uma política voltada para ciência e tecnologia, contentando-se simplesmente com a importação de *know-how* externo, para um país que começasse a buscar alternativas viáveis para a produção tecnológica local.

De acordo com Lima, em 1964, com a alteração da lei de remessas de lucros de João Goulart (1962), o governo ditatorial mostrava aos países estrangeiros que a partir daquele momento seria um país viável para investimentos internacionais, o que teria como consequência a viabilização da importação de maquinarias, equipamentos e tecnologias estrangeiras. A lei de remessa de lucros de 1962 limitava o valor enviado ao exterior pela multinacional a um teto de 10% por ano do investimento originalmente feito. De acordo com o autor, essa limitação criava um ambiente hostil para o capital estrangeiro. Com isso, Lima afirmou que seria possível ao país retomar seu crescimento econômico sem investimentos significativos em pesquisas (LIMA, 2009, p. 101). A economista Jennifer Hermann apontou que o período de 1964 até 1967 foi marcado por ajustes conjunturais e estruturais da economia, “visando ao enfrentamento do processo inflacionário, do desequilíbrio externo e do quadro de estagnação econômica do início do período” (GIAMBIAGI *et al.*, 2011, p. 50). A autora observou que durante o início de 1964, a economia brasileira operava em estado de “estagflação”, ou seja, estagnação

da atividade economia acompanhada de uma inflação que fechou o ano de 1963 em 79,9% (*Ibidem*, p. 51). A frágil situação econômica nacional fazia com que não existisse *ainda* uma política voltada diretamente para o desenvolvimento tecnológico nacional, ideia que, no caso da informática seria encabeçada pelos atores envolvidos com a Comissão de Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico (CAPRE) em meados dos anos 1970. Apresentaremos esse órgão da administração federal apropriadamente mais adiante. Por conta da inexistência de uma política articulada em prol do desenvolvimento tecnológica, naquele primeiro momento do regime militar, de acordo com Lima, não houve alterações na maneira como os poderes públicos lidavam com as questões referentes à tecnologia, ou seja, a “política” nacional ainda buscava atender as demandas internas, principalmente do setor produtivo, através da importação de tecnologia desenvolvida no exterior (LIMA, 2009, p. 101).

Preocupado com a situação econômica delicada do país, o então ministro do Planejamento Roberto Campos (1964-1967) lançou o Plano de Ação Econômica do Governo (PAEG), que atuou sobretudo no sistema financeiro, na estrutura tributária e no mercado de trabalho. Para Hermann, o PAEG foi

(1) um programa de ajuste fiscal, com base em metas de aumento da receita (...) e de contenção (...) de despesas governamentais; (2) um orçamento monetário que previa taxas decrescentes de expansão dos meios de pagamentos; (3) uma política de controle do crédito ao setor privado, pela qual o crédito total ficaria limitado às mesmas taxas de expansão definidas para os meios de pagamento; 4) um mecanismo de correção salarial pelo qual “as revisões salariais (...) deverão guiar-se pelo critério da manutenção, durante o período de vigência de cada reajustamento, do salário real médio verificado no biênio anterior, acrescido de porcentagem correspondente ao aumento de produtividade (GIAMBIAGI *et al.*, 2011, p. 55-56).

Além do PAEG, Lima aponta outras medidas para recuperação econômica do país que acabariam por impactar diretamente o desenvolvimento da educação universitária brasileira. Para o autor, o governo Castello Branco aproximava-se de investidores estrangeiros convencendo agências internacionais como o Fundo Monetário Internacional (FMI), Banco Mundial e Banco Interamericano de Desenvolvimento de que o Brasil era um país que apresentava viabilidade para investimentos, uma vez que possuía uma economia aberta e comprometida com o mercado internacional. Assim, algumas instituições como a USAID, BIRD e Eximbank, aplicaram no país entre 1964 e 1967 um montante de US\$ 488 milhões, fornecendo o pano de fundo financeiro que daria origem a Pós-Graduação brasileira (LIMA, 2009, p. 102).

O mesmo período é marcado também pela reforma universitária. Através do decreto nº 62.937 de 02 de julho de 1968, já no governo do General Arthur da Costa e Silva, é instituí-

do um Grupo de Trabalho encarregado de “estudar a reforma Universitária Brasileira, visando à sua eficiência, modernização, flexibilização administrativa e formação de *recursos humanos de alto nível para o desenvolvimento do país*”⁸ (grifos nossos). Nas páginas que se seguem, daremos maior importância para o relatório desenvolvido por este grupo, embora não tenha sido o único relatório produzido no período, como veremos adiante. Essa escolha se deu pelo fato do Relatório do Grupo de Trabalho conter o anteprojeto geral que deu origem à Reforma Universitária. Mesmo que este anteprojeto tenha passado por alterações realizadas pelos Ministros da Educação e Cultura, Planejamento, Fazenda e Justiça (ROTHEN, 2008, 470), acreditamos que as discussões propostas pelo Relatório estão mais próximas daquelas ensejadas pelos militares no poder.

Embora o Grupo de Trabalho tenha iniciado suas atividades em 1968, a necessidade de desenvolver *recursos humanos* qualificados no país é observada desde o início dos anos 1960. De acordo com o historiador Roldão Ribeiro Barbosa e o pedagogo Antonio de Padua Carvalho Lopes⁹, a pressão exercida pelo sistema econômico levou o Governo a adotar medidas como, por exemplo, o salário-educação através da Lei 4.440/1964, que cobrava das empresas vinculadas à Previdência Social uma quantia mensal destinada ao custeio do ensino primário dos filhos de seus empregados. Situando a Reforma Universitária na mesma corrente que buscava a valorização da educação voltada para o mercado de trabalho, os autores afirmaram que a Reforma visava atender sobretudo às necessidades econômicas das indústrias, além das pressões sociais por parte de estudantes e professores das principais cidades brasileiras que reclamavam do baixo número de vagas disponíveis para o ensino superior em relação à demanda da expansão econômica (BARBOSA; LOPES, 2010, p. 8-9).

O professor da UFSCAR José Carlos Rothen¹⁰, especialista em educação, por sua vez, afirmou que desde o final de 1967 o governo buscava soluções para o controlar o movimento estudantil e para o “problema dos excedentes”¹¹. O autor situou a criação do Grupo de Trabalho da Reforma Universitária neste momento como parte da tentativa para a solução destas questões, assim como a Comissão Meira Mattos, instituída em dezembro de 1967. Ro-

8 BRASIL. Presidência da República. *Reforma universitária: relatório do grupo de trabalho*. Brasília: Presidência da República, 3 ed, 1983. Nota explicativa.

9 BARBOSA, R.R.; LOPES, A.P.C. Uma historiografia da Reforma Universitária de 1968. In: JORNADAS DO HISTEDBR, 9, 2010, Belém, PA. Disponível em: <http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer_histedbr/jornada/jornada9/trabalhos.html>. Acesso em 14 de novembro de 2018.

10 ROTHEN, J. C. Os bastidores da reforma universitária de 1968. *Educ. Soc.*, Campinas, vol. 29, n. 103, p. 453-475, maio/ago. 2008. Disponível em <<http://www.cedes.unicamp.br>>. Acesso em 14 de novembro de 2018.

11 Rothen utilizou a definição de excedente empregada pelo pedagogo José Silverio Baia Horta, para quem o excedente é aquele que foi habilitado para o ensino superior, mas, devido a baixa quantidade de vaga, não foi selecionado para cursá-lo (ROTHEN, 2008, 473).

then afirmou que essas duas comissões foram criadas através de arranjos políticos diferentes e atuaram de forma complementar e de contraposição (*Ibidem*, p. 460-461). Para nossos propósitos, cabe ressaltar que, assim como o Grupo de Trabalho, a Comissão Meira Mattos concordava que haveria a necessidade das universidades assumirem a responsabilidade de suprir os *recursos humanos* necessários para o desenvolvimento do país, bem como promover inovações tecnológicas e atender às exigências do mercado (*Ibidem*, p. 467). Assim, apesar da existência de algumas divergências dentro de ambos os grupos a respeito dos caminhos que a Reforma Universitária deveria seguir, tais quais apontadas por Rothen, é possível concluir que a necessidade de formação de profissionais capacitados e comprometidos com o desenvolvimento nacional através do desenvolvimento científico e tecnológico era visto de maneira unânime enquanto diretriz a ser seguida pelas universidades brasileiras.

Sobre este assunto, o relatório do Grupo de Trabalho mostrou que caberia à universidade constituir-se enquanto centro criador de ciências e tecnologia através da formação de pesquisadores de alto nível capazes de contribuir para o desenvolvimento nacional e da “expressão mais alta da cultura de um povo¹²” que se transforma dialeticamente através dos “conflitos de geração” e da “cultura de uma sociedade global”¹³. Se, enquanto política pública, essa questão estava consolidada enquanto diretriz a ser seguida, alguns setores sociais, inclusive dentro das universidades, mostravam descontentamentos e inquietações com essas ideias.

João Antônio Zuffo vivenciou o momento das transformações que resultaram na modernização do currículo do Curso de Elétrica da Escola Politécnica e contou que essas mudanças não aconteceram sem resistência¹⁴. Zuffo afirmou que a mudança da orientação do curso de analógico para digital fez com que muitos engenheiros formados na época em que máquinas operavam com válvulas ficassem obsoletos e passassem a apresentar dificuldades para recolocação profissional. De acordo com Zuffo, alguns chegaram ao extremo de tentar suicídio. Especificamente dentro da Universidade de São Paulo, também havia certa desconfiança por parte de grupos de orientação política mais à esquerda, que acreditavam que a mudança na orientação do curso de engenharia elétrica de processos analógicos para processos digitais pretendida em 1970 era uma medida patrocinada pela multinacional IBM, principal nome mundial no ramo da informática.

12 BRASIL. Presidência da República. *Reforma universitária: relatório do grupo de trabalho*. Brasília: Presidência da República, 3 ed, 1983, p. 16.

13 *Ibidem*, p. 17.

14 Entrevista dada ao autor em 13 de novembro de 2018.

A transformação curricular ocorrida no interior da Poli à qual Zuffo alude ficou conhecida como “Currículo 70” e foi promovida pelo então professor Antônio Hélio Guerra Vieira. No prefácio do livro *Do LSD ao PCS: Uma história de 40 anos*, o Hélio Guerra define essas mudanças como

uma ampla reforma curricular, que [...] foi implementada a partir de 1971 no Departamento de Engenharia de Eletricidade. Diferente do sistema anterior, em que o catedrático ministrava a teoria, considerada a parte nobre do curso, e, em seguida, os assistentes conduziam as aulas de laboratório e de exercícios práticos, o novo modelo atribuiu a um mesmo professor ministrar a parte teórica e os exercícios, o que permitiu engendrar um sistema de ensino em que teoria e prática se combinam. Além disso, as aulas de laboratório foram destacadas de cada disciplina e eram multidisciplinares, porque os assuntos da prática nunca são unidisciplinares e envolvem, em geral, várias disciplinas (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 7-8).

É possível que, ao citar explicitamente a necessidade de se equacionar os conflitos de gerações e as transformações culturais ocasionadas pela sociedade global, o relatório produzido pelo Grupo de Trabalho da Reforma Universitária se referisse às resistências encontradas pela sociedade e que foram exemplificadas pelo professor Zuffo em entrevistas dadas ao autor dessa dissertação. Cabe salientar que, de acordo com Rothen, se por um lado a Reforma Universitária foi fruto de discussões realizadas sobre o modelo de universidade a ser adotado pelo país, por outro lado ela foi o resultado da vontade dos militares de, “mediante a uma legislação centralizadora, [...] [imporem] à sociedade civil um consenso sobre o modelo de universidade” (ROTHEN, 2008, p. 471). Levando em conta a disposição a impor medidas, típica dos governos ditatoriais, qualquer proposta de modernização para as universidades, vindas das próprias universidades ou não, seria aplicada de acordo com os interesses do governo, independente das oposições que eventualmente enfrentassem. Como disse a filósofa Marilena Chaui em um artigo publicado na Revista Brasileira de Educação “modernização [...], no Brasil, como se sabe, sempre significa submeter a sociedade em geral e as universidades públicas, em particular, a modelos, critérios e interesses que servem ao capital e não aos direitos dos cidadãos” (CHAUÍ, 2003, p. 15).

As ideias para ciência e tecnologia defendidas pela Reforma Universitária estavam em consonância com a política de ciência e tecnologia explicitada pelo Programa Estratégico de Desenvolvimento (PED), elaborado durante o governo Costa e Silva e posto em execução em 1967. É importante ressaltar que, no momento de elaboração deste documento, o então Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) participou como coordenador de um grupo de trabalho que buscou “elaborar sugestões de políticas e programas de ação em ciência e tecnologia,

que seriam incorporadas ao Programa¹⁵”. Para Lima, o PED foi “a primeira proposição explícita de uma política científica e tecnológica para o Brasil de caráter pragmático, acentuando uma ênfase nas políticas setoriais de índole industrial” (LIMA, 2009, p. 104). O documento assinala a importância do desenvolvimento tecnológico local, uma vez que a tecnologia importada “nem sempre era compatível com os fatores que totalizam o contexto do país importador”, o que requeria a “articulação entre indústria, pesquisa e desenvolvimento local” visando a “substituição de importação de tecnologia” (*Ibidem*). O PED, apesar de um dos responsáveis pelo chamado “Milagre¹⁶” econômico brasileiro, não surtiu o efeito desejado em ciência e tecnologia, uma vez que previa investimentos, aperfeiçoamento e inovação tecnológica que não foram realizados por parte dos Poderes Públicos. Com isso, não houve modificações na disponibilidade e nas ofertas de tecnologias para o empresariado brasileiro e para as empresas estatais, que continuaram a importá-las e, conseqüentemente, beneficiar o capital externo (*Ibidem*, p. 105-106) em detrimento de possibilitar iniciativas do empresariado brasileiro. Apesar disso, acreditamos que a ideia de fomentar o desenvolvimento tecnológico local através da pesquisa ficou delineada de maneira mais clara através deste documento e coube à Reforma Universitária encontrar maneiras para executá-la.

Visando esse objetivo, a Reforma adotou duas mudanças essenciais: a inseparabilidade do ensino da pesquisa e o fim da cátedra com a implementação do Estatuto do Magistério, duas medidas vistas como inseparáveis. Sobre a primeira, o Relatório do Grupo de Trabalho afirmou que

Se cabe à Universidade digna desse nome a missão de, indissociavelmente, conservar o patrimônio da cultura e fazer recuar os seus horizontes, transmitir o saber adquirido e criar o saber novo, não teria sentido separar, em compartimentos estanques, os homens que ensinam o que já é patrimônio comum da humanidade dos que exploram as humanas virtualidades de conhecimento. Daí o princípio implícito na ideia de unificação da carreira universitária, segundo o qual todo professor deve investigar e, de algum modo, criar e de acordo com o qual, também, todo pesquisador deve ensinar e, de alguma forma, transmitir diretamente ao estudante o resultado de sua investigação.¹⁷

15 FONSECA, M. L. M. Atuação do CNPq durante o Regime Militar: Novas bases para a afirmação da pesquisa científica nacional. In **ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE**, 6., 2012, Joinville. *Anais...* p. 10. Disponível em <<http://apec.pro.br/anais-dos-eventos/vi-encontro-de-economia-catarinense/>>. Acesso em 17 de novembro de 2018.

16 “Milagre” foi como ficou conhecida a fase da economia brasileira iniciada já em 1968, quando o PIB cresceu 9,8%, mais que o dobro do ano anterior. A situação, que perdurou até 1973, foi motivada pelas mudanças realizadas na política econômica, em especial na ênfase da política monetária e anti-inflacionária. Como resultado, houve a expansão do crédito ao consumidor e o favorecimento da entrada de capital exterior no país. Paralelamente aos aumentos consideráveis do PIB brasileiro, ocorreu o endividamento externo do país. A dívida bruta saltou de US\$ 3,4 bilhões para US\$ 14,9 bilhões no final deste período, um aumento de 332% (GIAMBIAGI *et al.*, 2011, p. 66-68).

17 BRASIL. Presidência da República. Reforma universitária: relatório do grupo de trabalho, p. 35-36.

Em relação ao Estatuto do Magistério, ele era visto pelo Grupo de Trabalho como fundamental para que se valorizasse a produção intelectual do professor. Até a Reforma, pela Constituição Federal de 1946, o provimento das chamadas cátedras¹⁸ era assegurado através de concursos de provas e títulos que possuíam caráter vitalício (FÁVERO, 2000, p. 4). Dentro deste modelo não havia estímulos para que o professor universitário atuasse diretamente na produção do conhecimento e, conseqüentemente, se mantivesse atualizado em relação aos assuntos que lecionava.

Sobre a Escola Politécnica, em entrevista, João Antônio Zuffo narrou uma história envolvendo um professor de teoria que atuava no curso de Elétrica em 1966, professor descrito por Zuffo como “muito teórico e pouco didático”. Após o que Zuffo chamou de “revolta” dos estudantes, o professor em questão acabou sendo substituído pelo próprio Zuffo, que passou a lecionar teoria de maneira mais “atualizada”. Na ocasião, João Antônio Zuffo cursava sua pós-graduação e acreditava possuir, assim, subsídios para que a disciplina de teoria fosse mais “modernizante”. Sua ideia era adotar um trabalho baseado na tecnologia de transistores¹⁹. Essa disputa envolvendo os alunos do curso de Elétrica e o professor de teoria “desatualizado” nos ajuda a compreender a necessidade que se via no período em se manter um corpo docente constantemente atualizado, medida dificultada pelo sistema de cátedras, principalmente em um momento de rápida transformação tecnológica como foi os anos de 1960.

Em resumo, até aqui observamos como o Brasil, no início da ditadura militar, passou de importador passivo de tecnologias estrangeiras para um país que, através da educação superior, passou a delinear possibilidades de produção tecnológica nacional voltada para atender às demandas internas. Obviamente essas mudanças não se refletiram imediatamente na maneira como os brasileiros lidavam com a tecnologia, mas mostra um impulso no sentido de transformação dessa realidade. Para isso, a Reforma Universitária, apesar de suas ambiguidades, contribuiu para a modernização do ensino superior no Brasil. Aqui nos detivemos mais em seus aspectos relacionados à produção científica e tecnológica, porém a Reforma foi mais ampla e trouxe mudanças que foram sintetizadas da seguinte forma por Carlos Benedito Martins,

18 Cátedra é entendida, de acordo com a professora da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) Maria de Lourdes de Albuquerque Fávero, com base nos Estatutos publicados em 1831, durante o Império Brasileiro, que regulamentava os primeiros cursos jurídicos instituídos no Brasil. Neles, deliberava-se que “os professores do curso jurídico seriam contemplados com todas as honras de que gozavam os da Universidade de Coimbra, regendo as cadeiras para cujas matérias se reputarem mais aptos, podendo passar de uma para outras cadeiras, quando isto convier ao aproveitamento dos que frequentarem os cursos jurídicos”. Para a autora, essa ideia perdurou por mais de um século. FÁVERO, M. L. A. Da cátedra universitária ao departamento: subsídios para discussão. In: **23ª Reunião Anual da ANPEd**, 7, 2000, Caxambu, MG. Disponível em: <<http://23reuniao.anped.org.br/textos/1118t.PDF>>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

19 Entrevista dada ao autor em 13 de novembro de 2018.

coordenador da linha de pesquisa Educação Ciência e Tecnologia do Programa de Mestrado e Doutorado em Sociologia da Universidade de Brasília (UnB): estruturou-se a pós-graduação, “aboliram-se as cátedras vitalícias, introduziu-se o regime departamental, institucionalizou-se a carreira acadêmica, a legislação pertinente acoplou o ingresso e a progressão docente à titulação acadêmica²⁰”.

Apesar do Ministério da Educação e Cultura (MEC) ter reconhecido a pós-graduação brasileira em 1965 através do Parecer nº 977 de 3 de dezembro do Conselho Federal de Educação (CFE)²¹, foi a Reforma Universitária que criou uma “política nacional de pós-graduação, expressa nos planos nacionais de pós-graduação e conduzida de forma eficiente pelas agências de fomento do governo federal” (MARTINS, 2009, p. 16). Coube à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) a elaboração dos Planos Nacionais de Pós-Graduação (PNPG). De acordo com Lima, o I PNPG foi criado no início da década de 1970, vigorando no período de 1975 até 1979 (LIMA, 2009, p. 103).

De acordo com Marcelo Luiz Mendes da Fonseca, Analista em Ciência e Tecnologia do atual Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI),

A implantação do sistema de pós-graduação propicia uma profunda alteração da vida intelectual brasileira. A expansão dos cursos de pós-graduação se dá de forma exponencial, permitindo a formação em massa de novos mestres e doutores. Destaca-se que entre 1969 e 1980, o número de cursos de pós-graduação passa de 228 para 992 e o número de estudantes aumenta de 1.372 para 38.609 (FONESCA, 2009, p. 5).

Se, por um lado, a Reforma se enquadrava nas ideias propostas pelo PED para a área de ciência e tecnologia, por outro lado o esforço desenvolvimentista exercido por ele ainda era, neste período, incipiente. Conforme afirmou Lima, o PED não logrou resultados significativos no campo científico e tecnológico, uma vez que as diretrizes para a área explicitadas no programa não foram seguidas. Para o autor, o que foi concretamente implementado foi uma política implícita para ciência e tecnologia desenvolvida no campo econômico (LIMA, 2009, 106). Através do levantamento bibliográfico realizado, acreditamos que os financiamentos realizados pelos BNDE e FINEP, conforme mostraremos adiante, fizeram parte desses esforços *implícitos*.

Na década de 1960, o PED não conseguiu definir ativamente os rumos das políticas para ciência e tecnologia no Brasil e sua atuação mais significativa para o campo talvez tenha

20 MARTINS, C. B. A reforma universitária de 1968 e a abertura para o ensino superior privado no Brasil. **Educ. Soc., Campinas**, vol. 30, n. 106, p. 15-35, jan./abr. 2009. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/es/v30n106/v30n106a02>>. Acesso em 16 de novembro de 2018.

21 NOBRE, L.N.; FREITAS, R.R.(2017). A evolução da pós-graduação no Brasil: Histórico, Políticas e Avaliação. **Brazilian Journal of Production Engineering (BJPE)**.3 (2): p. 28.

sido dar embasamento para a Reforma Universitária. Foi apenas na década de 1970, porém, que observamos, através dos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PNDs), esforços mais contundentes no sentido do desenvolvimento tecnológico aqui discutido.

1.4 Políticas de Desenvolvimento Científico-Tecnológicos no começo dos anos 1970

Segundo Lima, Antonio Delfim Neto, Ministro da Fazenda indicado pelo presidente Emílio Médici (1969-1974), estabeleceu três metas e ações com o objetivo de conduzir o país a um crescimento sustentável com controle inflacionário: “a) favorecer o crescimento do PIB entre 8 e 9% anuais, b) manter a inflação abaixo dos 20% anuais e c) acrescentar US\$ 100 milhões às reservas de moeda estrangeira” (LIMA, 2009, p. 107) que foram incorporadas e detalhadas no I Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND), que vigorou no período de 1972 a 1974. O Plano tinha a meta ambiciosa de colocar o Brasil no patamar dos países desenvolvidos e, para este fim, estabeleceu como prioridades o fortalecimento da empresa privada nacional e o desenvolvimento científico e tecnológico industrial para diversos setores. O objetivo era fortalecer a competitividade da indústria local, em especial aquelas voltadas para a alta tecnologia, dada a importância crescente que possuía para diversos setores produtivos e econômicos. Neste sentido, o I PND compreendia:

- 1) ordenação e aceleração da ação do governo na área, principalmente mediante a operação do sistema financeiro de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico e a coordenação da atuação das principais instituições governamentais de pesquisa através de um Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT);
- 2) desenvolvimento de áreas tecnológicas prioritárias (energia nuclear, pesquisa espacial, oceanografia, indústrias intensivas em tecnologias, tecnologia de infraestrutura e pesquisa agrícola);
- 3) fortalecimento da infraestrutura tecnológica e a capacidade de inovação da empresa nacional, privada e pública;
- 4) aceleração da transferência de tecnologia e;
- 5) integração indústria-pesquisa-universidade (LIMA, 2009, p. 108).

Em relação ao capítulo para ciência e tecnologia do I PND, o gestor do Fundo do Desenvolvimento Tecnológico Científico (FUNTEC) do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) Amílcar Figueira Ferrari²² (1970-1975), aponta a existência de uma série de medidas estabelecidas com o objetivo de fortalecer a infraestrutura de ciência e tecnologia no país, como

a operação de um sistema financeiro para o desenvolvimento tecnológico; o revigoramento da carreira do pesquisador; a implantação do sistema de in-

22 FERRARI, A. F. O Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT e a Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. **Revista Brasileira de Inovação**. Rio de Janeiro (RJ), 1 (1), p. 151-188, Janeiro / Junho 2002

formação científica e tecnológica; a integração Indústria-Universidade; a modernização das instituições de pesquisa e a reestruturação do CNPq [Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico] (FERRARI, 2002, p. 162).

Segundo o autor, essas medidas visavam “promover a criação de um sistema nacional de ciência e tecnologia que proporcionasse os meios para implantar e operar eficientemente uma economia industrial moderna e dinâmica”, sistema esse que seria criando ainda em 1972 e intitulado de Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia (SNDCT). É justamente para orientar as ações do SNDCT que o Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT) surgiu para definir as “intenções e realizações do governo, com o propósito de orientar a atividade da comunidade científica, buscando integrá-la ou, pelo menos, compatibilizá-la com o modelo econômico adotado” (FERRARI, 2002, p. 163). O I PBDCT, vigente para o biênio 1973/1974, buscou reduzir a taxa de transferência de tecnologia para o Brasil, uma prática que, de acordo com Lima, se intensificou nos primeiros anos da Ditadura Civil-Militar brasileira, a despeito do que propunha o PED na segunda metade da década de 1960. Além disso, o Plano propunha o investimento no desenvolvimento e adaptação de tecnologias internas, principalmente as tecnologias de ponta (LIMA, 2009, p. 108-109).

O documento, que reforçava a ideia de crescimento econômico atrelado ao desenvolvimento científico-tecnológico, trazia ainda uma série de propostas cuja Política Nacional de Informática delineada nos anos 1970 encontraria terreno fértil para seu desenvolvimento:

Reforçava-se necessidade do estabelecimento de sistemas setoriais para a coordenação de atividades para a C&T tendo como respaldo a formulação de políticas de pesquisa de acordo com a correspondente área, elaboração de programas setoriais de pesquisas e acompanhamento de pesquisas e projetos setoriais específicos (LIMA, 2009, p. 108).

No caso das universidades, o I PBDCT, previa a necessidade de se promover a integração entre elas e as empresas através de programas conjuntos de pesquisa em setores prioritários, programas estes que envolveriam o setor privado, as instituições governamentais de pesquisa e a própria universidade. A ideia por trás dessa proposta era, a exemplo de países como a Alemanha, fazer da universidade brasileira um importante instrumento de apoio para o desenvolvimento de ciência e tecnologia no país. Contudo, Lima apontou que existia um descompasso entre as propostas do PBDCT e o I PND, uma vez que o primeiro defendia a redução da importação de tecnologia estrangeira visando autonomia científica e tecnológica, enquanto o segundo centrava-se na importação de tecnologias de bens de capital. Para o autor, apesar da existência uma clara intenção, por parte do PBDCT, de articular as empresas com as

universidades, na prática “as ações governamentais e o próprio momento histórico dos setores produtivos não externavam tais aspirações” (LIMA, 2009, p. 112).

Mais do que uma diferença de objetivos entre planos governamentais e setores produtivos, Lima apontou ainda a inexistência, dentro do próprio governo, de uma ação coordenada em prol das ciências e das tecnologias por parte de seus diferentes ministérios, como estava planejado explicitamente no PBDCT. A política para ciência e tecnologia no período foi levada quase que exclusivamente pelo Ministério do Planejamento (que agregava o CNPq e a FINEP), que, por sua vez, também não conseguiu articular seus diferentes setores internos. Para o autor, isso se deu porque os *experts* escolhidos para cada agência pertenciam a áreas diversificadas do ensino superior, geralmente da equipe de planejamento, e não estavam ligados propriamente ao setor da administração para o qual foram indicados (LIMA, 2009, p. 112-113).

A inexistência de um plano articulado em prol do desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil perdurou em maior ou menor grau em todo o recorte temporal analisado nessa dissertação. Porém, no período compreendido entre 1974 e 1979, durante o governo do general Ernesto Geisel, houve um importante impulso para a produção científica e tecnológica no Brasil, com o início do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND). A nova conjuntura econômica mundial de crise transformou em um problema sério a prática de importação desenfreada de tecnologia estrangeira, criando uma oportunidade para o desenvolvimento, entre outras, da indústria de informática brasileira.

1.5 Translações em prol do desenvolvimento tecnológico

Em 1974, a Carteira de Comércio Exterior do Banco do Brasil (CACEX), órgão que concedia permissões para importações e exportações para o Brasil, divulgou um estudo analisando o peso das multinacionais do setor eletroeletrônico no comércio exterior e constatou que o *deficit* comercial para aquele ano foi de US\$ 619,3 milhões:

As 35 empresas estrangeiras do setor eletroeletrônico com compras individuais no exterior superiores a US\$ 5 milhões, importaram US\$ 859,9 milhões e exportaram US\$ 240,6 milhões em 1974. A maior parte das importações (US\$ 521,4 milhões) se compôs de partes e peças [...]. Dentre as estrangeiras analisadas pela Cacex figuram também as duas maiores do setor de computação eletrônica: IBM e Burroughs²³.

23 Dados & Ideias, v.1 n.3, dez./jan. 1975/76, p. 49.

Foi a partir do agravamento da situação econômica do país devido principalmente ao choque do petróleo²⁴ que o governo brasileiro elaborou o novo conjunto de metas para fortalecer a sua economia, medidas compreendidas no II PND, que começou a vigorar em 1975 e buscou compensar a escassez do petróleo com o fortalecimento da indústria de base (GIAMBIAGI *et al*, 2001, p. 74), principalmente dos bens de capital e de eletrônica pesada, controlando as importações e estimulando as exportações. Se por um lado a crise econômica instalada no país neste período impactou negativamente o modelo de crescimento baseado em exportações que o Brasil seguia até então, por outro lado acreditamos que essa mesma crise poderia ser vista como importante aliada das insipientes políticas de desenvolvimento científico e tecnológico desenvolvidas até então, uma vez que a preocupação com a balança de pagamentos levava o governo brasileiro a incentivar a consolidação da tecnologia nacional visando substituir as importações da tecnologia estrangeira.

A crise, com seus impactos devastadores para a situação econômica nacional, foi vista como uma oportunidade pelo grupo de nacionalistas tecnológicos, formado por atores ligados às universidades, à indústria e à burocracia estatal. Rapidamente, o discurso de *deficit* foi capturado pelo grupo e empregado em prol do desenvolvimento tecnológico local. Essa *translação* fica visível no periódico *Dados & Ideias*.

Em 1975, a revista publicou uma série de artigos que analisaram a situação da balança de pagamentos brasileira, evidenciando o quadro de dependência tecnológica da área de informática em que o país se encontrava. Os artigos intitulados *O “irritante” problema da transferência de tecnologia*²⁵, do jornalista Aloysio Biondi, especialista em assuntos econômicos, e *O peso da balança de pagamentos na decisão de uma implantação de uma indústria brasileira de computadores*²⁶, de Mario Dias Ripper²⁷, ambos publicados na edição de dezem-

24 Para a economista Jennifer Hermann, as dificuldades da economia brasileira ao longo do período de 1974 até 1984 foram influenciadas em parte pelo cenário externo marcado por diversos choques, entre eles dois grandes aumentos no preço do petróleo, o primeiro em dezembro de 1973 e o segundo em 1979. De acordo com a autora, além da dependência externa para com os bens produzidos pelas indústrias, a importação brasileira do petróleo partiu de 34% em 1971 para 40% em 1973 (HERMANN, 2001, p. 74-76). Assim, quando a Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo (OPAEP), cuja criação fora motivada pelo nacionalismo árabe, pelo pan-arabismo e pelo interesse em controlar a produção de petróleo em detrimento das companhias internacionais do setor (NUNES, 2016, p. 42), optou por elevar bruscamente o preço do barril do petróleo para o mercado externo, o impacto na economia brasileira foi imediato. De acordo com Hermann, “o preço médio do barril saltou de US\$2,48 em 1972 para US\$3,29 em 1973 e para US\$11,58 em 1974, subindo gradualmente até US\$13,60 em 1978 (HERMANN, 2001, p. 76).

25 BIONDI, A. O “irritante” problema da transferência de tecnologia. **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, p. 25-29, 1975/1976.

26 RIPPER, M. O peso da balança de pagamentos na decisão de uma implantação de uma indústria brasileira de computadores. **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, p. 51-58, 1975/1976.

27 Conforme citamos na nota nº 1, Mário Ripper é visto pelo historiador Marcelo Vianna como um dos principais nomes dos nacionalistas tecnológicos. Ele também é uma das figuras centrais do livro de *Guerrilha Tecnológica*, de Vera Dantas. Neste livro é apresentado um panorama geral da importância de Ripper para as

bro de 1975/janeiro de 1976, tornaram público o tamanho do prejuízo trazido ao país pela sua falta de domínio na produção do setor de informática.

Tabela 01 – “O peso da dependência”

(Empresas do setor eletroeletrônico sob controle estrangeiro com importações acima de 5,0 milhões de dólares)

IMPORTAÇÃO-FOB – US\$ milhões						EXPORTAÇÃO-FOB
	Equipamentos	Matérias primas	Pecas e partes	Bens de consumo	Total	Total
1. Ericsson	6,1	2,4	134,6	8,5	151,7	0,6
2. Philco	2,9	7,9	125,1	1,7	137,9	90,5
3. IBM do Brasil	0,8	0,1	43,7	38,9	83,7	54,3
4. Philips	2,0	11,9	20,4	24,8	59,2	5,2
5. Siemens	2,9	2,4	26,9	4,8	37,3	2,7
6. Burroughs	21,8	1,5	9,0	1,0	33,1	11,0
7. General Eletric	2,9	11,2	15,8	0,5	30,5	3,1
8. Ibrape	4,9	4,3	8,0	12,2	29,5	12,9
9. Standard Eletric	1,4	6,4	19,5	2,0	29,3	12,9
10. R. Bosch	3,8	5,2	13,5	2,3	24,	5,8
11. Texas Inst.	1,5	1,5	12,8	5,5	21,4	18,4
12. Fios e Cabos Plásticos do Brasil	5,3	15,3	-	0,7	21,2	0,1
13. Nippon Eletric	0,3	0,6	14,1	0,4	15,5	-
14. RCA	0,7	1,8	11,8	0,2	14,6	6,6
15. Philips Nordeste	3,0	0,2	10,4	0,4	14,0	7,0
16. Sharp	-	0,1	7,7	5,9	13,7	0,2
17. Telecomponentes	1,6	4,0	4,4	0,1	11,5	-
18. Brown Boveri	1,6	4,0	4,4	0,1	10,2	0,8
19. Phelps Dodge	3,1	6,9	0,2	-	10,2	-
Outras (A)	12,0	40,5	39,1	19,9	110,4	18,7
TOTAL	78,6	128,2	521,4	129,9	859,8	240,6

Nota (A): Mais onze empresas, com importações entre 5 e 10 milhões de dólares.

Todos os dados são arredondados

Fonte: Dados & Ideias, v.1 n.3, dez./jan. 1975/1976, p. 28.

As análises de Biondi a respeito dos dados levantados pelo CACEX em 25/09/1975 e a de Mario Ripper, ambos utilizando dados publicados no relatório do Ministério da Fazenda sobre importações brasileiras no período de 1969 até 1973²⁸ apontaram o tamanho da responsabilidade do setor de informática para com o saldo negativo da balança de pagamentos brasileiro, ou seja, a diferença entre aquilo que as empresas importam e aquilo que elas exportam. É importante salientar aqui a estratégia dos nacionalistas tecnológicos, através de *Dados & Ideias*, em aproximar o seu discurso ao do governo. O projeto de autonomia tecnológica defendido por eles não possuía força para se impor enquanto política pública, condição necessá-

discussões sobre a informática no Brasil: graduou-se em engenharia no ITA, fez pós-graduação em Berkeley, na Califórnia e atuou, entre outras instituições, na empresa estadunidense Thomson e no Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro). Para se ter uma ideia de sua linha de atuação/pensamento, de acordo com Dantas, “para Ripper faltava à universidade um papel na geração de novos produtos, na aplicação prática do conhecimento” (DANTAS, 1984, p. 23).

28 BRASIL. Ministério da Fazenda. Centro de Informações Econômico-Fiscais. *Comércio Exterior do Brasil: Importações – 1969/1973*. Rio de Janeiro, 1974

ria para se concretizar. A situação econômica no país, contudo, faz com o que o governo interferisse nas importações com o objetivo de controlar a balança de pagamento e os nacionalistas tecnológicos souberam explorar essa condição econômica para levar adiante seu projeto de autonomia.

Acima, quando ressaltamos que os interesses dos nacionalistas tecnológicos se transladaram nos interesses dos Ministros da Economia e do Planejamento, estamos nos referindo a estratégia de adotar outro discurso para apresentar-se a um grupo mais forte como indispensável para a promoção de seus interesses. Apesar da já existência de políticas voltadas para o desenvolvimento científico e tecnológico, em uma situação de crise econômica em que diversas medidas de austeridade são impostas à população pelo Estado, não existiria grupo mais forte dentro da política do que aqueles ligados ao planejamento e a economia. Neste momento de crise, os nacionalistas tecnológicos, por intermédio da CAPRE, poderiam se contentar apenas em controlar as importações tal qual receberam a incumbência de fazer, conforme veremos adiante. Não foi, contudo, o que aconteceu. Através da adoção do discurso de impactos na balança de pagamento, os nacionalistas atuaram ativamente para além do simples controle de importação e aproveitaram essa oportunidade para tentar criar uma verdadeira política de desenvolvimento da informática nacional. Por sua vez, esta política contaria com o aval dos ministros por dialogar diretamente com a necessidade de controle dos gastos exigidos pela situação econômica em que o país se encontrava.

Uma das primeiras medidas no sentido de controlar a balança de pagamentos brasileira foi o decreto-lei nº 1.427, de 2 de dezembro de 1975, que criava novas regras para a emissão de Guias de Importação²⁹, documento exigido para que qualquer importação fosse realizada. A partir deste momento, as importações estariam condicionadas ao recolhimento de quantia correspondente ao valor FOB³⁰ que constasse na guia e as únicas entidades e pessoas capazes de efetuar importações seriam aquelas previamente inscritas em registro específico do CACEX, sendo que as normas e exigências para esta inscrição seriam de atribuição do Ministro da Fazenda, que também especificaria “as condições de suspensão ou cancelamento de registros e os casos em que as empresas, entidades ou pessoas poderão ser proibidas de efetuar importações”. O decreto também conferia ao Ministro, *em caráter temporário*, o poder de in-

29 BRASIL, Palácio do Planalto. Decreto-Lei nº 1.427, de 2 de Dezembro de 1975. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del1427.htm>. Acesso em 11 de setembro de 2017.

30 A revista de informações e debates do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA) define o FOB como as iniciais da expressão inglesa Free On Board, modalidade onde o exportador se responsabiliza pela mercadoria até ela estar dentro do navio para transporte, em um porto indicado pelo comprador. WOLF-FENBÜTTEL, A. O que é? FOB. 2006. Disponível em <http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2115:catid=28&Itemid=23>. Acesso em 26 de julho de 2017.

deferir importações quando estas estiverem destinadas “a formação de estoques especulativos” ou que “causem ou ameacem causar sérios danos à economia nacional”³¹. Os valores recolhidos ficariam retidos pelo CACEX por 360 dias o que, na prática, encarecia o insumo e obrigava seus importadores a procurarem similares nacionais ou repassarem o custo para a cadeia produtiva (VIANNA, 2016, p. 271).

Em coletiva à imprensa realizada neste mesmo dia, os Ministros da Fazenda Mario Henrique Simonsen e do Planejamento Reis Veloso explicaram que as novas medidas eram “as de maior importância já adotadas até hoje no País” e se enquadravam na tentativa do presidente Geisel de procurar uma situação mais favorável para a balança de pagamentos brasileira³². O anúncio foi acompanhado da promessa de estímulos, por parte do governo, das exportações através da concessão de *apoio sistemático* à empresa nacional com financiamentos do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDE), distribuídos de acordo com critérios (até então não estabelecidos) que levariam em conta a nacionalização da produção. A reportagem do jornal Folha de São Paulo que cobriu a coletiva e publicou todos os decretos e resoluções que modificavam as importações e incentivavam as exportações, também noticiou que foi colocado na dependência da Comissão de Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico (CAPRE) a “emissão de guias para importação de computadores eletrônicos e seus componentes, bem como outros equipamentos de processamento eletrônico de dados”³³.

A CAPRE era um pequeno órgão vinculado ao Ministério do Planejamento e Coordenação Geral, criado em 1972 pelo decreto 70.370, que definia sua finalidade como a de “adotar e propor medidas visando à racionalização dos investimentos governamentais no setor e à elevação da produtividade na utilização dos equipamentos de processamento de dados instalados e a instalar”³⁴.

Em 09 de fevereiro de 1976 as restrições às importações tornaram-se mais severas, com o Comunicado nº 543 da CACEX suspendendo até o dia 30 de junho do mesmo ano as importações de 292 itens da *Nomenclatura Brasileira de Mercadorias* tidos como supérfluos³⁵. Apesar de não impactar o setor da informática, a data desta restrição é emblemática,

31 Del1427. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del1427.htm>. Acesso em 11 de setembro de 2017.

32 Medidas severas para equilibrar o balanço. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 03 de dezembro de 1975. Primeiro Caderno, p. 20.

33 *Ibidem*.

34 BRASIL, Câmara dos Deputados. Decreto nº 70.370, de 5 de Abril de 1972. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-70370-5-abril-1972-418827-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 03 de janeiro de 2019.

35 Cacex suspende a importação de 292 itens. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 10 de fevereiro de 1976. Primeiro Caderno, p. 18.

pois é a mesma do decreto nº 77.118 que reestruturava a CAPRE, conferindo-lhe novas atribuições e formalizando seu controle sobre as importações de equipamentos destinados para a administração pública direta ou indireta³⁶. Podemos observar que, tratando-se de um setor estratégico, o governo brasileiro preocupava-se cada vez mais com a informática, pois ao mesmo tempo em que promovia cortes cada vez mais duros nas exportações procurava criar condições para o desenvolvimento da indústria nacional na área e assim conseguir atender a demanda crescente da sociedade por computadores.

Com o controle das importações nas mãos da CAPRE, foi possível a criação de uma espécie de reserva de mercado, embora o termo fosse evitado pelos agentes que nela atuaram (DANTAS, 1988). Com isso, os nacionalistas tecnológicos, através da CAPRE, criaram um espaço amplo de debates sobre os rumos que a informática deveria seguir no país. Ivan da Costa Marques³⁷, relembrando este período em estudos recentes (MARQUES, 2000), considerou que a reserva foi uma interação positiva entre o projeto de desenvolvimento tecnológico e os princípios democráticos, com a CAPRE atuando em conjunto com um *coletivo técnica e politicamente agenciador* que trabalhava para fazer a intermediação entre as políticas de informática e as expectativas da sociedade sobre a qualidade e o preço dos produtos.

Até a intervenção da Serviço Nacional de Informações (SNI) nos trabalhos da CAPRE e a criação da Secretaria Especial de Informática (SEI)³⁸, os nacionalistas tecnológicos valeram-se de diversas formas para divulgarem suas ideias e defenderem o seu projeto de desenvolvimento, sendo o periódico *Dados & Ideias* um dos maiores exemplos.

Em trabalho apresentado no Encontro Nacional de História da Mídia, realizado pela Universidade Federal de Ouro Preto (MG) em 2013, o historiador Marcelo Vianna fez uma breve apresentação do periódico:

Lançada em setembro de 1975 pelo engenheiro eletrônico Mário Ripper e um grupo de especialistas em Informática a partir de um veículo de informação impressa pertencente a um órgão do Ministério do Planejamento, a revista foi importante marco na construção do campo da Informática do Brasil. Durante o espaço de quatro anos até sua venda ao grupo Gazeta Mercantil, a publicação foi um espaço de defesa dos ideais de autonomia tecnológica no

36 BRASIL, Câmara dos Deputados. Decreto nº 77.118, de 9 de fevereiro de 1976 - Publicação Original. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-77118-9-fevereiro-1976-425743-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 26 de julho de 2017.

37 Ivan da Costa Marques é outra importante figura do período para informática. Assim como Mario Ripper, é considerado por Marcelo Vianna como um dos principais membros dos nacionalistas tecnológicos. Marques se graduou no ITA, fez pós-graduação em Berkeley e atuou como Diretor Técnico da estatal Digibrás e foi Coordenador de Política Industrial-Tecnológica da CAPRE. Durante um período, também presidiu a Cobra Computadores SA. Atualmente, é professor Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), publicando e orientando diversos trabalhos sobre o período aqui analisado.

38 Discutiremos os impactos da extinção da CAPRE e do surgimento da SEI na seção 5 do capítulo 3.

país, buscando congregar um público especializado (os trabalhadores de Processamento de Dados), alcançar um público geral interessado no tema e influenciar as ações políticas na área. Através de seus artigos e reportagens, *Dados e Ideias* se firmaria como principal publicação na área e reforçou a influência de um grupo dos agentes condutores da revista no próprio campo tecnológico da Informática (VIANNA, 2013, p. 1).

Para Marcelo Vianna, o grande papel da revista foi ser palco das discussões que, do contrário, ficariam fechadas nos gabinetes políticos e tecnocráticos. Ao abrir esse debate para um público maior, contribuiu também para que diversos profissionais da área se apropriassem de assuntos relacionados ao desenvolvimento tecnológico brasileiro, discutindo-os em congressos e eventos nacionais, locais para deliberação sobre o campo tecnológico nacional e frequentado por membros das comunidades acadêmicas, indústrias, burocracia estatal, etc. Um exemplo é o Seminário de Computação na Universidade (SECOMU). O professor João Antônio Zuffo, em entrevista, afirmou que “a universidade se reunia anualmente num [...] congresso chamado SECOMU. E foi aí que nós definimos toda a política de informática”. Não foi por acaso que, uma vez que o setor de informática caiu sob controle dos militares em 1979 através da SEI, *Dados & Ideias* foi rapidamente desmobilizada e vendida para a Gazeta Mercantil como tentativa de eliminar as influências dos nacionalistas tecnológicos no campo da informática nacional (VIANNA, 2013, p. 10, 12).

O final do ano de 1975 e início de 1976 marca, então, uma reviravolta no campo da informática nacional. Até então a CAPRE era constituída por membros que eram críticos ao uso indiscriminado de tecnologia estrangeira, grupo este que dificilmente conseguiria colocar em prática uma agenda voltada para o desenvolvimento tecnológico nacional sem que seus interesses tivessem previamente se *transladado* nos interesses dos ministros da economia e do planejamento acerca da necessidade de controle da balança de pagamentos. A partir do momento em que a crise financeira entra para sua rede sociotécnica (e a CAPRE entra para a rede de controle da balança), a situação começa a se alterar. Através do periódico *Dados & Ideias*, é possível observar a política de informática sendo feita ao mesmo tempo em que olhava constantemente para si mesma de maneira crítica, propondo novos caminhos sempre que necessário.

Ao mesmo tempo, as transformações ocorridas no sistema de ensino superior e que discutimos anteriormente foram essenciais para que a universidade passasse a desempenhar papel ativo no desenvolvimento tecnológico brasileiro a partir do final dos anos 1960. A atuação da CAPRE, em consonância com as políticas econômicas nacionais, encontraram amparo na nova estrutura de universidade delineada pela Reforma. Não é por acaso que, para os naci-

onalistas tecnológicos, o sistema de ensino precisava fazer parte do aparato voltado para a consolidação da indústria da informática local.

1.6 O papel das universidades para o desenvolvimento da tecnologia nacional

Mesmo com a Reforma Universitária de 1968 prevendo maior integração da indústria com os centros de ensino e pesquisa, a estrutura das universidades brasileiras possuía características que eram vistas pelo grupo de nacionalistas tecnológicos como entraves para a política nacional de informática. Claudio Zamitti Mammana³⁹ é quem melhor discutiu o impacto do que era visto como um ensino inadequado para o desenvolvimento tecnológico nacional. Em seu artigo *O grande equívoco do almejado prestígio científico*⁴⁰, Cláudio Mammana atribuiu a “limitação pensante brasileira” a uma estrutura acadêmica inadequada somada a um mercado de trabalho vicioso. Para o autor, em países desenvolvidos, Ciência e Sociedade andavam juntas, em íntima relação, e, como consequência, toda preocupação intelectual do homem não deixava de ser uma manifestação das aspirações de uma cultura. Nestes países, por possuírem um compromisso com a Cultura,

as atividades científicas (...) são caracterizadas por uma série de mecanismos e propósitos que as tornam inadequadas para nós, a profunda diferença existente entre o nosso universo de necessidades e recursos e o existente naqueles países. *No entanto, por causa da situação de dependência cultural*⁴¹ *em que nos encontramos, as atividades científicas aqui desenvolvidas estão infeccionadas por esses mecanismos e propósitos que condicionam, quase institucionalmente, o comportamento de nossos pesquisadores*⁴².

É interessante observar que as características que o autor dizia condicionar *quase institucionalmente* os trabalhos realizados pelos pesquisadores foram, de fato, institucionaliza-

39 Claudio Zamitti Mammana formou-se pelo ITA em Engenharia Mecânica e, em meados dos anos 1970 tornou-se professor do Instituto de Física da USP. Além disso, chegou ao cargo de presidente da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) e Associação Brasileira da Indústria de Computadores (ABICOMP). ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DO ITA. Cláudio Zamitti Mammana – wikiITA. Disponível em <http://www.aeitaonline.com.br/wiki/index.php?title=Cl%C3%A1udio_Zamitti_Mammana>. Acesso em 3 de setembro de 2017. Em entrevista, João Antônio Zuffo definiu Cláudio Mammana como um professor da USP que participou ativamente da estruturação da Política Nacional da Informática.

40 MAMMANA, C. Z. O grande equívoco do almejado prestígio científico, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.5, p. 4-8, 1976.

41 Para Mammana, a dependência cultural é um fenômeno que pode surgir da interação entre comunidades, quando as necessidades de uma passam a ser as necessidades de outra, provocando um desequilíbrio nesta última. Já a dependência tecnológica aparece quando as habilidades disponíveis de uma comunidade são combinadas e coordenadas pelos homens de outra. Por não se preservar na comunidade dependente a correção entre soluções e habilidades disponíveis, a capacidade inventiva dos dependentes se atrofiaria, eliminando os seus talentos do processo de desenvolvimento. Para se chegar à autonomia econômica, além da autossuficiência em recursos naturais, uma sociedade deve empregar livremente seus recursos humanos para soluções dos próprios problemas internos. **Dados & Ideias**, v.1 n.5, abr./mai. 1976, p. 5.

42 *Ibidem*, p. 6.

das, haja visto os critérios de excelência elaborados pela Capes e que determinam as atividades acadêmicas até o presente. Todavia, já naquele momento, o prestígio acadêmico era visto por Cláudio Mammana como um dos mecanismos que contaminavam o comportamento dos pesquisadores e um dos principais problemas do sistema universitário brasileiro. Como a qualidade dos artigos acadêmicos era dada pelo país em que o trabalho foi publicado, os pesquisadores procuravam revistas internacionais para submeter suas pesquisas. De acordo com o autor, soma-se a isso o sonho dos intelectuais brasileiros em verem seus nomes reverberando lá fora pela eternidade e nas páginas de histórias convencionais da Ciência. O resultado era o desvio do poder pensante do brasileiro dos problemas nacionais às questões da moda no exterior e, conseqüentemente, para benefícios exclusivos das sociedades estrangeiras. Com isso, acreditava o autor, problemas alheios à realidade nacional eram discutidos de forma profissional, tendo em vista que os problemas escolhidos para pesquisas eram ditados pelas sociedades já industrializadas, enquanto que as questões locais geravam debates amadores, pois não eram propriamente pensados pelos pesquisadores.

A análise de Mammana é corroborada pelas declarações de João Antônio Zuffo a respeito do sucesso dos formandos da Poli no exterior. Comparando a experiência de ambos os professores da USP, é possível aceitar a hipótese de que a formação que os engenheiros recebiam em algumas universidades do Brasil, como a Poli, era suficiente para fazer com que os estudantes *avançassem* a fronteira das ciências no exterior, uma vez que os formandos da Poli eram bem-aceitos no MIT e em Stanford, porém não conseguimos avaliar o grau com que se dava esse direcionamento do pesquisador brasileiro para com os assuntos tidos como “de ponta” no exterior. Em todas as teses e dissertações analisadas, as pesquisas realizadas na Poli trataram do desenvolvimento de uma tecnologia viável para ser construída no Brasil, conforme veremos nos capítulos posteriores. Como os orientados eram selecionados por professores da USP que possivelmente compartilhavam do posicionamento de Mammana, é provável que a validação de suas afirmações encontre-se na análise dos artigos científicos publicados pelos demais pesquisadores brasileiros em periódicos internacionais, algo cuja realização é inviável para uma dissertação de mestrado. Acreditamos, contudo, dada a insistência com a qual os nacionalistas tecnológicos debatiam o tema, que de fato existiam muitos pesquisadores que se dedicavam mais a questões do avanço da tecnologia internacional do que à produção de uma tecnologia viável localmente. Ivan da Costa Marques, no artigo *O momento decisivo para o computador brasileiro*, publicado em *Dados & Ideias*, afirmou categoricamente: “o papel do

pesquisador na universidade não é avançar a fronteira do conhecimento humano em sua área de interesse, mas sim avançar a fronteira do conhecimento brasileiro⁴³.

Além de desviar os pesquisadores da realidade local, Cláudio Mammana acreditava que esse sistema de atribuição do valor acadêmico através de publicações gerava um extremo grau de especialização, criando dificuldades para a solução de problemas interdisciplinares maiores, tais como a elaboração dos currículos acadêmicos, a coordenação das atividades politécnicas, entre outros. Como, neste sistema, os necessários trabalhos de síntese do conhecimento eram desestimulados, a produção científica nacional era desintegrada e, nas palavras de Cláudio Mammana, uma “irônica réplica do episódio bíblico da torre de Babel⁴⁴”.

Para o autor, a busca pelo prestígio levou muitos profissionais a completarem suas formações no exterior, gerando duas consequências: a primeira é a chamada *brain-drain*, ou o que o autor chama de “pilhagem intelectual”, onde os cientistas e engenheiros mais talentosos acabavam por ficar no exterior, dedicando-se a questões alheias à realidade brasileira; o segundo é um certo vício do pesquisador que, durante seus estudos, podia contar com uma infraestrutura abundante em recursos, algo que não existia no Brasil. No capítulo 3 discutiremos a questão da *expertise* enquanto uma característica local e não global. Desta forma, retomaremos essa ideia e a aprofundaremos adiante.

O conceito de *brain-drain* foi recorrente nas entrevistas que realizamos para essa dissertação e foi consequência das dificuldades que o mercado de trabalho tinha em absorver os profissionais com formação relacionada à pesquisa e desenvolvimento, conforme observamos no discurso de Edith Ranzini e no livro de Vera Dantas. João Antônio Zuffo, falando sobre a trajetória dos formandos da Poli, afirmou que

Teve gente que foi para vários campos. Teve colegas do Marcelo [Zuffo, filho do entrevistado] que foram para Silicon Valley, fizeram empresa de Unix, por exemplo. E venderam a empresa por 90 milhões de dólares [...]. O Joel [Pereira de Souza], o caso dele, acho que foi para o exterior também. Ele ficou na USP até 76, foi para o Rio Grande do Sul, na Física do Rio Grande do Sul, durante algum tempo tentaram fazer microeletrônica lá, depois ele se cansou dos problemas daqui e foi para a IBM. A IBM convidou e ele foi para a IBM. Eu tive vários alunos aqui, por exemplo, a Wang, que era minha aluna [...] também foi para a IBM. O Moreira, que trabalhou com a gente, foi para a IBM também [risos]⁴⁵.

Os formandos que não iam para o exterior podiam trabalhar também em outras universidades brasileiras ou estrangeiras. Nesta mesma entrevista, Zuffo afirmou que uma contri-

43 Dados & Ideias, v.1 n.5, abr./mai. 1976, p. 13.

44 *Ibidem*, p. 6.

45 Entrevista concedida ao autor em 29 de outubro de 2018.

buição importante da Poli para o Brasil foi a “difusão cultural”, uma vez que ela formou muitos professores que atuaram no nordeste, no sul e até no restante da América Latina. Conforme veremos posteriormente, o levantamento dos currículos acadêmicos que fizemos no capítulo 3 corrobora essa afirmação.

Obviamente não devemos esperar que João Antônio Zuffo se recorde da trajetória de todos os alunos que orientou durante sua atuação enquanto docente da USP. Não deixa de ser emblemático, contudo, que os casos dos profissionais que se destacaram durante seus estudos e que, por esta razão, ficaram marcados na memória de Zuffo, tenham sido pesquisadores que atuavam ou nas universidades ou que tenham ido ao exterior para trabalhar na indústria. Zuffo afirmou: “Era o que tinha. Não tinha mercado de trabalho na indústria. Nossa indústria importa [e importava] tecnologia de fora⁴⁶”.

Cláudio Mammana acreditava que os profissionais que ficavam no Brasil e, acrescentaríamos, estivessem fora dos meios acadêmicos, se dedicavam a atividades voltadas ao marketing, à administração e aos setores financeiros, o que, para o autor, gerava novas dificuldades para o país. Como os vendedores formados nas áreas de informática eram mais capacitados que os compradores, acabavam por empurrar equipamentos avançados para empresas que não precisariam deles, gerando no mercado necessidades artificiais.

Neste cenário, os nacionalistas tecnológicos propunham pensar na universidade enquanto instituição que refletisse a respeito das especificidades brasileiras em relação a produção tecnológica, desenvolvendo projetos de pesquisas que atendessem diretamente aos interesses nacionais. O engenheiro eletrônico Sérgio Teixeira⁴⁷, que participou de algumas iniciativas que resultaram em equipamentos nacionais, como o minicomputador G-10, afirmava a organização dos recursos destinados à pesquisa deveriam ser estruturados levando-se em conta que os

Investimento em pesquisa básica, desvinculada de qualquer necessidade específica, só darão retorno a longo prazo.[...] Para maior eficácia, a pesquisa aplicada deve ser dirigida para problemas específicos, e a pesquisa básica para sub-áreas de onde se carece de conhecimento de aplicações bem definidas⁴⁸.

A proposta de Teixeira aproximava mercado e universidades, nos moldes discutidos anteriormente pela Reforma Universitária e pelos nacionalistas tecnológicos em busca de uma

⁴⁶ Entrevista concedida ao autor em 29 de outubro de 2018.

⁴⁷ TEIXEIRA, S. A função vital da transferência de tecnologia, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p. 52-55, 1975.

⁴⁸ *Ibidem*. p, 55

política de informática nacional. Indo mais a fundo na questão, o autor diferenciava a pesquisa básica da pesquisa aplicada, a primeira voltava-se para questões futuras, enquanto a segunda procurava lidar com questões imediatas que não podiam ser negligenciadas dada à urgência da necessidade em atender o mercado com produtos de informática. A nosso ver, a proposta de Teixeira tratava-se de uma negociação, um meio termo, das discussões realizadas por Cláudio Mammana e Ivan da Costa Marques, uma vez que Teixeira salientava a possibilidade de existência de políticas públicas capazes de “avançar o conhecimento humano” da área paralelamente ao “avanço do conhecimento brasileiro”. Teixeira concluiu que a universidade seria a mais indicada para, com um olho no futuro da tecnologia, manter o ritmo de inovações disponíveis no mercado.

O irmão de Cláudio Mammana e também professor da USP, Carlos Mammana colocou o que ele chamou de *visão apriorística do ensino* como um embaraço a ser superado na educação universitária. O autor questionava a transmissão do conhecimento científico e tecnológico através de um conjunto de disciplinas estruturadas sem que se deixasse clara o relacionamento e sequência existente entre elas. Essa metodologia, desconectada da realidade, fazia com que os alunos da graduação acreditassem que a situação da indústria local obedecesse ao modelo apresentado no curso de engenharia, o que nem sempre acontecia na prática. Sua sugestão era que o sistema de ensino partisse de problemas relacionados à engenharia e, a partir daí, orientasse o currículo para que os conhecimentos mais básicos fossem trabalhados⁴⁹.

A partir das discussões realizadas por estes autores, observamos que os assuntos relacionados à universidade eram vistos pelos nacionalistas tecnológicos como problemas-chaves a serem superados para que uma política de informática pudesse de fato promover a autonomia nacional do setor. É importante salientar que esses debates foram publicados em *Dados & Ideias* na segunda metade dos anos 1970, ou seja, quase dez anos após a Reforma Universitária entrar em vigor. Como naquele momento o periódico era ligado à Secretaria de Planejamento, um órgão da administração pública federal, podemos supor que, apesar dos esforços da Reforma em modernizar o sistema educativo levando em conta as diretrizes das políticas econômicas adotadas, faltou um diálogo mais aprofundado dentro da própria administração pública a respeito das funções que a universidade deveria adotar dentro da sociedade que se buscava estruturar, o que reforça a análise de Rothen a respeito da imposição de um modelo adequado à visão do alto escalão da administração brasileira (ROTHEN, 2008, p. 471). Em síntese, além da integração mercado-universidade em moldes que privilegiassem o desenvol-

49 MAMMANA, C. I. Z. Consumidores ou geradores de tecnologia?, *Dados & Ideias*, Rio de Janeiro, v.1, n.5, p. 24-28, 1976.

vimento tecnológico (um “bem” coletivo) em detrimento do prestígio acadêmico (um “bem” individual), estes autores acreditavam que as graduações em engenharia precisavam partir de problemas concretos e serem mais realistas para com a situação da indústria nacional. Seus estudantes, por sua vez, precisavam se ater às necessidades brasileiras e deixar de lado as aspirações acadêmicas internacionais, cujos objetos de estudo eram, sobretudo, voltados para resolução de problemas existentes em países ditos desenvolvidos. É importante salientar que, para esses autores, não era possível pensar em soluções puramente tecnológicas para a questão do desenvolvimento da informática no Brasil. Cláudio Mammana afirmava que o próprio modelo desenvolvimentista tecnológico precisava ser revisto para que fatores culturais fossem incluídos⁵⁰. Apesar de constantemente repetirem palavras como “tecnologia”, “sociedade”, “economia” ou “política”, as fronteiras entre estes conceitos não eram muito definidas, tendo em vista que um influenciava diretamente o outro. Pensar em tecnologia era pensar em sociedade e em todos os mecanismos de sua manutenção. As propostas para autonomia tecnológica eram, portanto, propostas para uma nova sociedade.

Gostaríamos de propor aqui uma análise dessa ideia a partir da Teoria Ator-Rede (ANT). Primeiramente cabe salientar que na literatura técnica há normalmente uma separação clara entre aquilo que pertence a “natureza” (ou o objeto sociotécnico) e aquele que pertence a “sociedade” (ou a “política”), tendo em vista o esforço de purificação dos híbridos para separá-los entre os extremos “humanos” e “não humanos”.

No livro *Jamais Fomos Modernos: Ensaio de antropologia simétrica*, Bruno Latour apresentou o que ele chamou de Constituição dos Modernos, que pode ser inicialmente definida como um conjunto de acordos não verbalizados que permitiram que a sociedade ocidental contemporânea separasse o mundo e *tudo que há nele* entre as coisas que pertencem à *sociedade* e as coisas que pertencem à *natureza*. Nessa forma reducionista de encarar a realidade, o que não pertence aos dois polos ou o que *mistura* os dois polos, ou seja, que se apresenta como um *híbrido de natureza e sociedade*, é ignorado. Para Latour, o não reconhecimento da existência dos híbridos e de seus impactos na vida do planeta permitiu aos modernos multiplicá-los indiscriminadamente, gerando consequências como por exemplo o aquecimento global⁵¹ (LATOURE, 2009).

50 Dados & Ideias, v.1 n.5, abr./mai. 1976, p. 5.

51 Como o aquecimento global foi gerado pela ação humana através da emissão de gases que geraram o efeito estufa, Bruno Latour retratava esse problema e as tentativas para solucioná-lo como um *híbrido*, uma vez que misturavam coisas humanas e não-humanas. Assim, quando o autor apontou em seu livro que “chefes de Estados dos grandes países industrializados se meteram com química, refrigeradores, aerossóis e gases inertes” (LATOURE, 2009, p. 7) ele estava chamando a atenção para as maneiras como políticos e cientistas trabalhavam juntos em uma mesma rede sociotécnica, por mais que esse trabalho seja ignorado ou posterior-

Para melhor conceitualizar essa Constituição, Latour localizou o início de sua escrita no século XVII, ilustrando-a a partir do exemplo de Robert Boyle, o cientista natural, e Thomas Hobbes, o cientista político, relato presente no livro *Leviathan and the Air-Pump* de Steven Shapin e Simon Schaffer, cujo objeto de análise central é a criação de uma bomba de ar que comprovaria a existência do vácuo. De maneira resumida, Boyle e Hobbes defenderam ontologias diferentes: o primeiro utilizava a construção do conhecimento em um lugar fechado e artificial (o laboratório) e a sua validação por uma comunidade de cientistas que, por sua vez, baseava o seu veredito na observação do fenômeno e na aceitação da argumentação acerca de suas causas prováveis; já para segundo, a matemática era utilizada como único método de demonstração do conhecimento aceitável, uma vez que ela obrigaria todos a concordarem com A Verdade (que estaria sob controle do soberano do Estado). Para Hobbes, portanto, não existia margem para interpretação das causas de um fenômeno ou a necessidade de validação do conhecimento por uma comunidade de indivíduos. Hobbes acreditava que isso resultava apenas na criação de dúvidas e questionamentos da Verdade e, conseqüentemente, do soberano do Estado, aquele que controlava a todos. Boyle, que inventou o modelo de experimentação utilizado até hoje nas produções científicas, utilizou os não-humanos (a bomba, o vácuo, etc) para significar e compreender a realidade, a Verdade. Na concepção de Boyle, o testemunho das coisas, ou seja, dos não-humanos, eram mais fidedignos que o testemunho dos humanos, uma vez que estes possuíam vontades e preconceitos, razão pela qual a bomba de ar provava sem sombra de dúvidas a existência do vácuo (LATOUR, 2009, p. 21-29).

A ideia de Boyle acerca da validação da realidade resultou na concepção que Latour chamou de *difusão* (LATOUR, 2000), onde a natureza vive independentemente da existência humana e que dela se pode retirar as Verdades que se sustentam por si só através da experimentação e da observação de seus resultados. Ao mesmo tempo, a sociedade, através dos vícios e dos preconceitos dos humanos, são vistas como contaminações para o conhecimento produzido pela natureza. Por esta razão, chamar atenção para a dimensão *social* do conhecimento em um estudo ou na divulgação de ideias científicas sempre foi percebido como uma maneira de *enfraquecer* este mesmo conhecimento, uma vez que ele não se sustaria sem a interferência humana.

Salientamos essa divisão entre natureza e sociedade produzida pela Constituição Moderna e teorizada por Latour para chamar a atenção para a ideia dos nacionalistas tecnológicos acerca da necessidade de se juntar política, economia, ciência e tecnologia em prol da constru-

mente purificado. Essa inseparabilidade torna necessário repensar a maneira como trabalhamos com esses conceitos nas análises sociais.

ção de uma nova sociedade brasileira. Embora o vocábulo não estivesse presente nos textos destes autores, o que os nacionalistas buscavam era a construção de uma rede sociotécnica voltada para o desenvolvimento tecnológico brasileiro, uma rede que agregasse diversos setores da sociedade, como políticos, universitários e empresários com o objetivo de modernizar a sociedade e transformar para melhor a vida de seus cidadãos. Para eles, longe de ser uma razão de *contaminação* do conhecimento científico e tecnológico construído, a mobilização de outros indivíduos da sociedade além de cientistas e engenheiros era condição necessária para a concretização de suas metas.

Observamos, portanto, nestes autores a superação da visão idealizada da ciência e da tecnologia como sendo fruto do engenho exclusivo de alguns indivíduos que, através de seu esforço exclusivo, produzem artefatos capazes de modificar a vida das pessoas. Essa visão, em voga na literatura de divulgação científica e nas biografias de grandes nomes ligados à indústria da informática, como Steve Jobs, não corresponde ao momento em que as ciências e os artefatos tecnológicos são de fato construídos⁵². Como vimos na introdução, essa linguagem advém do modelo de difusão proposto por Latour. Os nacionalistas tecnológicos entendiam a tecnologia não como algo que um indivíduo ou um pequeno grupo inventa em seus laboratórios ou garagens, mas sim como um empreendimento coletivo. Em outras palavras, há a aceitação da tecnologia enquanto uma atividade sobretudo social.

1.7 O financiamento do ensino e da pesquisa

Apesar da aparente falta de diálogo entre os diferentes grupos da administração pública federal para a estruturação da Reforma Universitária, houve, conforme exposto anteriormente, uma alteração da proposta da universidade que, para ser concretizada, precisava de recursos financeiros substanciais, principalmente para a montagem de laboratórios adequados ao desenvolvimento tecnológico almejado. Portanto, além de políticas voltadas para o desenvolvimento tecnológico em si, seria necessário o apoio financeiro das agências de fomento à pesquisa, bancos públicos nacionais e até da iniciativa privada para que as ideias delineadas pela Reforma Universitária, pelo PED, pelos PNDs e pelos PBDCTs pudessem ser de fato executadas.

Para compreender de onde vieram as verbas empregadas pelas universidades, dividimos essa seção em duas partes: a primeira visa uma apresentação sucinta das principais agências de fomento às pesquisas relevantes naquele período. Apesar de possuírem um papel im-

⁵² As diferenças entre ciência pronta e ciência em construção estão presentes em *Ciência em Ação: Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*, também de Bruno Latour (LATOUR, 2000).

portante para o financiamento das atividades de pesquisa em geral, por serem instituições que participaram ativamente de diversas áreas do conhecimento científico, suas contribuições para o desenvolvimento tecnológico que analisamos nesta dissertação não possuíam grandes especificidades quanto aquelas realizadas por outras instituições. Por esse motivo, optamos por tratá-las de maneira superficial, com o intuito apenas de indicar suas existências e atuações naquele momento. A segunda subseção visa discorrer mais detidamente sobre a atuação do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e da Financiadora de Estudos e Projetos, instituições que tiveram relevância direta no financiamento de pesquisas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, seja através de bolsas de estudo para pesquisadores, ou através do fornecimento de verbas que seriam empregadas para equipar os laboratórios de pesquisa.

1.7.1 Capes, CNPq e FAPESP

De acordo com Lorena Noves Nobre, mestre em Gestão Pública pela Universidade Federal do Espírito Santo, e Rodrigo Randow Freitas, professor do Departamento de Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo, a Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior, posteriormente rebatizada de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) foi criada em 1951 com o objetivo de “assegurar a existência de pessoal especializado em quantidade e qualidade suficientes para atender às necessidades dos empreendimentos públicos e privados que visam ao desenvolvimento do país”, implementando em 1953 o Programa Universitário. Assim, foram contratados alguns professores visitantes estrangeiros e estimulado atividades de intercâmbio mediante a concessão de um número cada vez maior de bolsas de estudo. A partir de 1975, para garantir a diretriz de inseparabilidade do ensino e da pesquisa proposta pela Reforma Universitária e pelo I PNPG, tal qual citado anteriormente, a Capes estendeu o número de bolsas concedidas para alunos de tempo integral, além de criar programas de incentivo para a contratação de docentes e sua capacitação nas áreas científicas e tecnológicas (NOBRE; FREITAS, 2017, p. 28-29).

Além da Capes, o ano de 1951 marcou o surgimento do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), instituição que teve papel central nas políticas de desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro, atuando na elaboração do PED e na concessão de bolsas de estudos e equipamentos solicitados pelos pesquisadores. Durante o período da Ditadura Civil-Militar brasileira, o CNPq ganhou destaque no tocante à política científica e tecnológica que se configurava. De acordo com Marcelo Luiz Mendes da Fonseca, doutor em Propriedade Intelectual

e Inovação pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em dezembro de 1964 a Lei nº 4.533, que alterou a lei de criação do CNPq, lhe atribuiu a tarefa de “formular a política científica e tecnológica nacional e executá-la, mediante planejamento com programas a curto e longo prazo, periodicamente revistos” (FONSECA, 2012, p. 2).

Em seu artigo, Fonseca apresentou o número de bolsas distribuídas pelo CNPq de 1964 até 1972 em oito áreas de conhecimento. Tecnologia figurava em terceiro lugar, com 2.145 bolsas, sendo que o primeiro lugar era ocupado por Ciências Médicas e Biológicas, com 4.757 bolsas e o segundo por Agronomia, com 2.912 bolsas. Esses números mostravam que a área de Tecnologia, embora recebesse mais atenção em relação às áreas de Química, Astronomia e Física, Matemática, Ciências Sociais e Veterinária, não era vista, de acordo com Fonseca, como uma área prioritária por parte do CNPq, uma vez que as áreas de Medicina e Agronomia, concentravam sozinhas mais de 40% das bolsas concedidas (FONSECA, 2012, p. 8-9). João Antônio Zuffo conta que, na década de 1970, recebeu do CNPq verbas apenas para a aquisição de um osciloscópio (instrumento utilizado para a medição de sinais elétricos ou eletrônicos) e para a contratação de uma secretária e de um técnico-montador. A experiência de Zuffo serve como um exemplo para a análise de Fonseca. Apesar de atento as necessidades da área de tecnologia, o CNPq possuía outras prioridades.

Outra importante agência de fomento à pesquisa existente no Estado de São Paulo é a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) fundada em 18 de outubro de 1960 através da Lei Orgânica 5.918. A instituição começou a funcionar efetivamente apenas em 1962 através do Decreto 40.132. Na Carta Constitucional Paulista vigente no período, o órgão recebia meio por cento do total da receita do Estado para o financiamento de pesquisas (LIMA, 2009, p 98). O físico Oscar Sala, formado pela Universidade de São Paulo, ligou a fundação da FAPESP à instalação dos Fundos Universitários de Pesquisa pelo professor Jorge Americano, reitor da USP em 1942. De acordo com Sala, a FAPESP carregou a tradição dos Fundos Universitários, responsável por fornecer bolsas de estudo para alunos, auxiliar financeiramente os laboratórios de pesquisa, viagens e estágios para pesquisadores atualizarem seus conhecimentos, além de fornecer subsídios para a aquisição e instalação de novos equipamentos⁵³. Para Lima, a fundação da FAPESP foi um dos principais marcos construtivo dos arranjos de Ciência e Tecnologia no Brasil, uma vez que o Estado de São Paulo, quando

53 FAPESP: origens e implantação. *Estud. av.*, São Paulo, v. 10, n. 28, p. 200-209, Dec. 1996. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141996000300008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18 de novembro de 2018.

comparado com os demais Estados brasileiros, foi responsável, no final do século XX, por 49% da produção científica e tecnológica nacional (LIMA, 2009, p; 98-99).

1.7.2 BNDE e FINEP

Especificamente para o caso do Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) foi, para João Antônio Zuffo, a instituição que atuou mais ativamente em relação ao financiamento dos trabalhos ali desenvolvidos. Outra instituição importante para o fomento de pesquisas através da concessão de bolsas de estudo foi o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE)⁵⁴ que atualmente, a despeito de sua atuação social (o S que seu atual nome BNDES traz), não atua com o financiamento de bolsas para estudantes. Essa política se deu apenas nas décadas de 1960 e 1970 e apenas para alguns casos relacionados a pesquisas tecnológicas.

De acordo com a economista Cláudia Regina Currallero, o BNDE surgiu em junho de 1952 a partir dos estudos elaborados pela Comissão Mista Brasil Estados Unidos (CMBEU), onde firmou-se o compromisso norte-americano em se realizar projetos de investimentos no Brasil. Para que isso fosse possível, seria necessário transformar em cruzeiros brasileiros os dólares norte-americanos investidos. Por sua vez, gerir esses recursos exigia a criação de um banco que atuasse como agente do Tesouro para operações financeiras, oferecendo, inclusive, garantias para créditos externos⁵⁵. Para o economista e professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) Luiz Martins de Melo, o surgimento do BNDE está atrelado com a constatação, por parte do Estado, de que o sistema financeiro e o sistema industrial no caso brasileiro, não evoluíram da mesma forma como evoluíram nos países desenvolvidos, tornando necessária a criação de um banco nacional capaz de financiar ativos tangíveis (máquinas, equipamentos, instalações, etc), investir em infraestrutura e criar e ampliar a capacidade produtiva das empresas nacionais⁵⁶. Nascido sobretudo para garantir investimentos estratégicos em empresas brasileiras e contanto inicialmente com recursos internacionais para esse fim, o BNDE se viu obrigado, ainda no final de 1952, a reformular os estudos da CMBEU e trabalhar com uma quantidade de recursos em moeda estrangeira sensivelmente menor do que o

54 Em 1982, criou-se dentro do Banco uma nova diretoria que seria responsável por investimentos na área social, fazendo com que o banco fosse rebatizado para o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), nome que carrega até os dias de hoje (VIANNA; VILLELA, 2011, p. 10).

55 CURRALERO, C. R. B. *A atuação do sistema BNDES como instrumento de fomento no período 1952/1996*. 1998. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade de Campinas, São Paulo, p, 13.

56 MELO, L. M. Financiamento à inovação no Brasil: análise da aplicação dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDTC) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) de 1967 a 2006. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro (RJ), 8 (1), p.87-120, janeiro/junho 2009.

planejado, pois o governo dos EUA abandonou suas promessas de financiamento devido à nova orientação para política externa adotada pelo país em relação à América Latina (VIANNA; VILLELA, 2011, p. 11).

Apesar dos poucos recursos disponíveis, o BNDE foi fundamental e atuou sobretudo com o financiamento dos investimentos do setor público. De acordo com Curralero, até 1956 os projetos industriais e de infraestrutura contaram basicamente com o financiamento do BNDE ou de recursos oriundos do comércio internacional (CURRALERO, 1998, p. 13). Vale ressaltar que o estado da economia nacional não era favorável a grandes investimentos, uma vez que o país acumulava grandes atrasos comerciais, situação que levou o Banco Mundial a interferir diretamente na economia local a partir do final de 1952 (VIANNA; VILLELA, 2011, p. 13).

A partir das eleições de Juscelino Kubitschek (1956-1960), é lançado o Plano de Metas, com o lema de “cinquenta anos em cinco”, que reunia pesados investimentos públicos e privados nos setores industriais e de infraestrutura econômica (VIANNA; VILLELA, 2011, p. 28). De acordo com Curralero, foi a partir daí que o BNDE viu sua importância ampliada, não apenas como fornecedor de créditos a longo prazo, mas também como órgão oficial de planejamento (CURRALERO, 1998, p. 14). A atuação do BNDE se manteve sem grandes alterações após o Golpe Civil-Militar de 1964, com os recursos disponíveis para investimento variando de acordo com a situação econômica brasileira. Desde sua fundação, ele atuou como um banco público voltado para financiamentos seletivos de longo prazo, com suas prioridades variando com o tempo, de acordo com o observado na Figura 1.

Figura 1 – Principais atuações do BNDES através dos anos

Fonte: Site oficial do BNDES⁵⁷

Nota-se que de acordo com a cronologia estabelecida pelo próprio BNDES, os investimentos na categoria tecnologia, em um sentido mais amplo, começaram de maneira sistemática no início dos anos 1960. Vera Dantas creditou o interesse do então BNDE pela área de tecnológica a José Pelúcio Ferreira, mineiro formado em economia, que atuou no banco desde sua fundação em 1952. No início de 1960, trabalhando então na chefia da Divisão de Estudos Setoriais, Pelúcio convenceu-se de que “todo o conhecimento tecnológico e toda a engenharia associada aos grandes projetos industriais e de infraestrutura realizados no Brasil, provinham do exterior” (DANTAS, 1988, p. 25). A autora afirmou que, a partir da leitura de um artigo do físico José Leite Lopes, cientista ligado a fundação de institutos que atuavam com a promoção das ciências e tecnologia, como o CNPq e o FINEP, Pelúcio realizou uma série de discussões que acabaram por criar um fundo para fomentar projetos tecnológicos nacionais. Vera Dantas apontou que esse fundo seria formado por 3% do orçamento para investimentos do BNDE (DANTAS, 1984, 25); o Tecnologista Pleno do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) Fabrício Galende Marques de Carvalho⁵⁸ fala em 2% do lucro do banco (CARVALHO, 2017, p. 92). Independentemente do valor empregado, foi criado o Fundo de Tecnologia (FUNTEC), que, de acordo com Carvalho, canalizou recursos para a formação de pessoal de alto nível para empresas e para o desenvolvimento de universidades (CARVALHO, 2017, p.

⁵⁷ Nossa história – BNDES. Disponível em <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/quem-somos/nossa-historia>>. Acesso em 18 de novembro de 2018.

⁵⁸ CARVALHO, F. G. M. Múltiplos elos da cadeia de inovação. **Revista Pesquisa FAPESP**. São Paulo, Edição 261, p. 90-93, Novembro 2017.

92). O FUNTEC passou a receber projetos em 1963, numerando-os de forma crescente. O FUNTEC-1 atendeu ao pedido do professor engenheiro Alberto Luiz Galvão Coimbra para implementação da pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, iniciativa que deu origem a Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, a COPPE (DANTAS, 1988, p. 25), hoje o maior centro de pesquisas em engenharia da América Latina. O FUNTEC-2 atendeu a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) em sua solicitação para a instalação do curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica e assim por diante.

Em entrevista, João Antônio Zuffo afirmou que a Escola Politécnica, inspirada pela atuação do professor Coimbra da COPPE, por sua vez, também solicitou financiamento do BNDE para a instalação de sua pós-graduação por volta de 1968⁵⁹, contando inclusive com algumas bolsas de estudos para seus alunos⁶⁰.

De acordo com Vera Dantas, o Núcleo de Programas Especiais do BNDE, que reunia o FUNTEC e dois outros fundos, possuía um pequeno, mas ativo grupo de economistas que estimularam a criação de outros grupos de pós-graduação, além de buscar indústrias que se interessassem em apresentar projetos tecnológicos. Para a autora, enquanto a indústria brasileira não se acreditava capaz de gerar tecnologia própria, as universidades foram, aos poucos se interessando. A ausência de experiência em pós-graduação, bem como a não existência *ainda* de uma legislação específica que a regulamentasse fez com que Pelúcio se empenhasse em conhecer os membros das comunidades acadêmicas, ouvindo suas sugestões e argumentos. A partir dessas reuniões, surgiu a ideia de se construir um protótipo de computador. Dantas conta que, no meio de uma reunião no BNDE que buscava viabilizar esse projeto, o capitão-de-

59 Informações dada ao autor em entrevista realizada no dia 13 de novembro de 2018.

60 A cronologia da pós-graduação na Poli é confusa e os autores não concordam entre si em relação a ela. Os pesquisadores de história institucional Roney Cytrynowicz e Monica Musatti Cytrynowicz, no livro *Do LSD ao PSC: Uma história de 40 anos*, afirmaram que o acordo entre BNDE (através do FUNTEC) e Poli ocorreu em 1970, mesmo ano em que um regulamento (não especificado pelos autores) consolidou o sistema de Mestrado e Doutorado estabelecendo “normas relativas aos objetivos, organização e desenvolvimento dos cursos, coordenação dos programas, orientação, seleção e matrícula, regime de créditos e de aprovação, critérios para dissertação de Mestrado e tese de Doutorado, títulos e áreas de concentração”. (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 17). É muito provável que este regulamento seja o de nº 52.326 de 16 de dezembro de 1969 e que estabeleceu o Estatuto da Universidade de São Paulo, porém a data informada pelos autores não coincide com a da publicação do Estatuto. Por sua vez, a página na web do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola Politécnica (PPGEE) data o Mestrado Acadêmico como tendo sido criado em 1968 e o Doutorado em 1970 (USP – Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://ppgee.poli.usp.br/sobre/historico/>>. Acesso em 14 de janeiro de 2019). Com base nesses dados divergentes, levantamos a hipótese, que contudo carece de dados para confirmação, de que a pós-graduação do Departamento de Elétrica da Poli existia desde pelo menos a sua transferência para a Cidade Universitária em 1968 e, ao longo do tempo, foi sofrendo ajustes e pequenas mudanças que foram, por fim, formalizadas e consolidadas em 1972, ano em que o Regimento Geral da Universidade de São Paulo foi aprovado através do decreto nº 52.906 de 27 de março de 1972.

fragata José Luís dos Guaranys Rego procurou Pelúcio para pedir apoio na construção de um computador para operar as fragatas da Marinha brasileira (DANTAS, 1988, p. 26-27). Da translação (mediada por Pelúcio) dos *inter-esses* na realização de projetos da comunidade acadêmica na área de informática nos *inter-esses* da Marinha brasileira em controlar suas próprias fragatas, surge o projeto FUNTEC-111, que mais tarde geraria o computador conhecido como G-10. Trataremos desse caso no capítulo 3.

A partir dessa breve explanação é possível compreender como um banco nacional cujo principal objetivo era fomentar o desenvolvimento econômico do país acabou por se engajar com o financiamento das pós-graduações brasileiras em um momento em que estas não estavam regulamentadas por lei. O caso da FINEP se enquadra neste mesmo movimento.

Antes de ter seu nome alterado em 1971, o FINEP (neste momento, o artigo a ser usado é o masculino) era o acrônimo para Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas, criado através do decreto nº 55.820 de 8 de março de 1965. Seu principal objetivo era o provimento de “recursos para o financiamento da elaboração de projetos e programas de desenvolvimento econômico”. Carvalho afirmou que a gênese do fundo surgiu no

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), órgão do Ministério do Planejamento. (...) A ideia partiu do ministro Roberto Campos (1917-2001) e do então presidente do Ipea, João Paulo dos Reis Velloso (1931), e buscava financiar estudos de viabilidade de projetos de engenharia, diante da perspectiva de obter financiamentos internacionais (CARVALHO, 2017, p. 91-92).

De acordo com o autor, o economista Luiz Martins de Melo afirmou que o FINEP foi desenhado a partir dos estudos desenvolvidos no BNDE e que constataram que o Brasil

já havia construído uma Engenharia Elétrica razoável e diversificada, estrutura industrial, mas que ainda faltava um aspecto qualitativo: a indústria dependia muito da aquisição no exterior de máquinas e equipamentos e era escassa nas universidades a formação de recursos humanos para pesquisas que apoiassem as empresas (MELO *apud* CARVALHO, 2017, p. 92).

Para superar essa situação, Luiz Martins de Melo afirmou em outro artigo que existia a necessidade do Estado brasileiro estruturar mecanismos para financiamento em ativos intangíveis, função assumida inicialmente pelo BNDE, mas que, no entanto, apresentava lógicas de investimento diferentes daquelas que o banco utilizava⁶¹ (MELO, 2009, p. 90). Assim, a partir

61 Melo afirmou que “investir em inovação implica assumir uma incerteza maior do que em investimentos tangíveis, os quais já incorporam o conhecimento tácito codificado em manuais técnicos de operação e servem de garantia para o empréstimo” (MELO, 2009, p. 94). Para o autor, uma empresa que hipoteticamente optasse por desenvolver tecnologia, o crédito necessário para esse fim seria concedido de acordo com a propriedade de capital que ela possuísse. Em um país periférico e com grandes incertezas para o investimento em inovações como o Brasil, as empresas prefeririam licenciar tecnologia estrangeira ao invés de desenvolver tecnologia própria, daí a necessidade de uma instituição voltada especificamente para investimentos intangíveis

do decreto nº 55.820 o FINEP foi criado como uma “conta gráfica nos livros e papéis do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDE)”, suprida por “empréstimos ou doações de entidades internacionais ou estrangeiras”, “recursos colocados à sua disposição por instituições financeiras nacionais” e “rendimentos provenientes de suas operações como reembolso de capitais juros, comissões e outros”. Pela lei, o fundo é destinado a “quaisquer empresas, Estados, Municípios e entidades estatais ou paraestatais que queiram contratar a elaboração de projetos ou programas de desenvolvimento econômico”. Apesar de a lei reconhecer uma série de bancos públicos como agentes financeiros para aplicação do FINEP, o BNDE foi aquele que, em seus primórdios, possuía papel mais preponderante, uma vez que coube a ele registrar “os contratos e convênios celebrados entre o Fundo e os agentes financeiros e [...] [destacar], por determinação da Junta, da conta especial, os recursos necessários ao cumprimento dos mesmos atos, fazendo, ainda, o controle contábil relativo à movimentação da conta”, constituindo-se, portanto, como o “gestor contábil do FINEP⁶²”. Em 1967 o FINEP transforma-se em uma empresa pública (CARVALHO, 2017, p. 92).

O relatório de atividades da FINEP publicado em 1973, cujos trechos foram citados no artigo de Amílcar Figueira Ferrari citado anteriormente, constatava que no final da década de 1960 existia uma carência de “um sistema de pesquisas científicas e tecnológicas que refletisse as necessidades efetivas e potenciais da economia brasileira e que passasse a conduzir o processo de expansão do seu aparelho produtivo sincronizado com a revolução científica e tecnológica”. Com esse objetivo, foi criado em julho de 1969 o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), cuja finalidade era dar apoio financeiro aos programas e projetos prioritários de desenvolvimento científico e tecnológico, notadamente para a implantação do Plano Básico de Desenvolvimento Científico Tecnológico – PBDCT” (FERRARI, 2002, p. 151-152).

Em outubro de 1969, o então Ministro do Planejamento João Paulo dos Reis Velloso (1969-1979) convidou José Pelúcio para atuar como secretário-executivo do FNDCT. Em março de 1971, Pelúcio foi nomeado Presidente do FINEP. Para Amílcar Ferrari, isso se deu pelo reconhecimento da atuação de sucesso de Pelúcio com o FUNTEC (*Ibidem*, p. 152-153). Pelo decreto de 1969 que criou a FNDCT, o fundo era dotado de uma Secretaria-Executiva

voltados à inovação.

62 Além dos investimentos pesados realizados nas universidades brasileiras, os recursos do FNDCT também foram utilizados na composição de contrapartida dos empréstimos externos obtidos principalmente do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e do Banco Mundial (BIRD). BRASIL, Câmara dos Deputados. Decreto nº 55.820, de 8 de Março de 1965 - Publicação Original. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-55820-8-marco-1965-396252-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

responsável pela sua organização e funcionamento. Em junho de 1971, por decreto, o FINEP tem seu nome alterado para Financiadora de Estudos de Projetos – portanto, a partir de agora, a FINEP – e passou a exercer as funções de Secretaria-Executiva do FNDCT (*Ibidem*, 2002, p. 151). Para Carvalho, o FNDCT sempre foi a fonte mais importante da FINEP, que administrava recursos de origens variadas, tornando o fundo a principal ferramenta de apoio à pesquisa do governo federal (CARVALHO, 2017, p. 91).

Ferrari enumerou as razões dadas pelo Relatório da FINEP de 1973 para a reorganização da empresa ocorrida em 1971. De acordo com o documento, a intenção não era simplesmente estender a sua atuação, mas garantir uma “racionalidade mais ampla e eficaz” através das seguintes medidas:

- 1º. Um determinado projeto poderia receber o suporte financeiro da FINEP em toda e qualquer de suas fases, ou seja: pesquisa básica – pesquisa aplicada – desenvolvimento experimental – estudo da viabilidade econômica – engenharia final.
- 2º. A continuidade da sequência “pesquisa – empreendimento” estaria assegurada. O pesquisador teria um horizonte mais amplo para os resultados de sua pesquisa e o empresário investidor depositaria maior confiança nos produtos da pesquisa.
- 3º. A ligação “pesquisa – empreendimento” seria mais reforçada com a introdução de um outro elo na cadeia: a consultoria. À FINEP e às firmas de consultoria caberia o papel de meio difusor e amplificador de tecnologia (FERRARI, 2002, p. 157).

Observa-se a explicitação da necessidade de garantia para que as pesquisas desenvolvidas se tornassem empreendimentos. Esta orientação possibilitava que pesquisadores, universidades e empresários compartilhassem projetos em comum de maneira assegurada pela FINEP. Esses projetos eram desenvolvidos, por exemplo, nas pós-graduações.

Como apontou Carvalho, a FINEP buscou criar programas de pós-graduação nos moldes daqueles existentes nos Estados Unidos, concedendo, além de recursos para a ampliação de suas infraestruturas, bolsas para que estudantes brasileiros pudessem estudar no exterior (CARVALHO, 2017, p. 92), papel hoje é exercido majoritariamente por instituições de fomento à pesquisa como a Capes, a FAPESP ou o CNPq. De acordo com Carvalho,

Nos anos 1970, a FINEP teve financiamento farto e investiu em infraestrutura de pesquisa, consolidando departamentos de universidades e programas de pós-graduação. Na época, houve um crescimento contínuo no número de operações do FNDCT, que subiram de 26 em 1972 para 201 em 1978, com valores médios de US\$ 2 milhões por projeto. “Um indicador visível do papel do FNDCT no processo de institucionalização da pesquisa científica e tecnológica no Brasil dos anos 1970 foi o crescimento do parque de cursos de pós-graduação no Brasil. Saltaram de 125 em 1969 para 974 em 1979”, [como] observou o médico e pesquisador Reinaldo Guimarães (CARVALHO, 2017, p. 92).

A importância da FINEP para o desenvolvimento das pós-graduações no Brasil também é salientada por Ferrari, que apontou a transferência de um volume considerável de recursos financeiros da FINEP para alguns programas de pesquisas do CNPq e da Capes. Para o autor, é fundamental levar em conta a combinação da FINEP com o BNDE, através do FUNTEC, para se compreender o panorama de financiamento da pós-graduação no período aqui abordado (FERRARI, 2002, p. 180).

Há certa concordância na bibliografia levantada acerca da forte atuação da FINEP para o desenvolvimento de programas de pesquisa científicas e tecnológicas no Brasil através do protagonismo de José Pelúcio, que em meados da década de 1970 acumulou, junto com a função de presidente da FINEP a vice-presidência do CNPq. Para Carvalho, Pelúcio era a figura-chave da FINEP, pois levou a ela a experiência do FUNTEC (CARVALHO, 2017, p. 92). Já o artigo de Ferrari atribuiu diversos momentos importantes da FINEP ao trabalho de Pelúcio. Por exemplo, em junho de 1972, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) firmou com a Financiadora um contrato de empréstimo no valor de US\$ 10 milhões, sendo este o primeiro empréstimo do BID para o Brasil na área de ciência e tecnologia. Ferrari afirmou que esse contrato só foi possível devido ao “profundo conhecimento de Pelúcio da importância da ciência e tecnologia no desenvolvimento econômico e social e a sua tenacidade” (FERRARI, 2002, p. 159), sem os quais não seria possível o desfecho favorável que o Brasil teve nas negociações. O autor também apontou episódios em que Pelúcio atuou como intermediário para evitar que conflitos de competência entre diferentes instituições impedissem suas atuações em prol da ideia desenvolvimentista que existia no período (*Ibidem*, p. 161-162). Em entrevista⁶³, João Antônio Zuffo, por sua vez, corroborou a ideia acerca da importância da figura de Pelúcio para o desenvolvimento científico e tecnológico nacional, afirmando que o economista foi o grande responsável pelos contratos firmados entre a Poli e a FINEP e que impulsionaram os projetos acadêmicos ali desenvolvidos no período.

A partir do exposto nesta subseção, é possível observar que FINEP e o BNDE, através da José Pelúcio, investiram esforços e recursos financeiros na criação de uma infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento em diversas universidades brasileiras, estimulando sobretudo a criação de sistemas de pós-graduação que, na década de 1970, ajudaram a alimentar a nascente indústria de informática nacional. A atuação de Pelúcio, do BNDE e da FINEP, embora representando uma parcela pequena do aparato público envolvido com a formulação de políticas de desenvolvimento nacional, mostrou um esforço por parte de alguns setores do Es-

63 Entrevista realizada pelo autor no dia 13 de novembro de 2018.

tado brasileiro em prol da ciência e da tecnologia. Essa atuação foi reconhecida por João Antônio Zuffo e Lucas Moscato nas entrevistas dadas ao autor dessa dissertação. Contudo, dada a dimensão do aparato burocrático brasileiro, a atuação de duas agências estatais não era o suficiente para o desenvolvimento de uma política de ciência e tecnologia capaz de promover o desenvolvimento da indústria nacional. Faltava articular diferentes setores da administração pública, bem como faltava uma estratégia em prol de um desenvolvimento tecnológico mais amplo. Essas ausências levaram Lima a considerar a atuação da FINEP e do BNDE como parte de uma *política implícita* para o desenvolvimento. O livro *Embedded Autonomy*, do sociólogo Peter Evans, apresentou uma conclusão semelhante àquela apontada por Lima ao analisar as razões pelas quais a política tecnológica nacional não logrou os resultados esperados, discussão que realizaremos no capítulo 3.

1.8 Fundação dos LSD e LSI na Poli

O desenvolvimento tecnológico que pretendemos analisar aqui foi realizado pelo Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) e pelo Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI), ambos pertencentes a Escola Politécnica da USP. Enquanto o primeiro desenvolvia sistemas ou soluções completas para atender a questões específicas, principalmente do poder público, o segundo se focava em desenvolvimento de componentes tecnológicos integrados em equipamentos digitais diversos. Para discutir a criação desses laboratórios, utilizaremos os livros *Do LSD ao PCS: Uma história de 40 anos* e *FDTE: 43 anos*, ambos organizados por Roney Cytrynowicz e Monica Musatti Cytrynowicz, pesquisadores de história institucional ligados à editora *Narrativa Um*. É importante ressaltar que esses livros trazem uma história institucional que busca se consolidar como uma história oficial, tanto do LSD quanto para a Fundação para o Desenvolvimento Tecnologia da Engenharia (FDTE). Também nos apoiaremos nos relatos de Edith Ranzini, presente durante a fundação do LSD, e João Antônio Zuffo, fundador do LSI.

De acordo com Hélio Guerra, ex-professor da Escola Politécnica e ex-reitor da USP, o “LSD foi o precursor do modelo de funcionamento de um ‘laboratório’ na Escola Politécnica, o que imprimiu dinamismo e agilidade à pesquisa e suas aplicações” (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 8).

O Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) foi fundado em 1968 por iniciativa de Antônio Hélio Guerra Vieira. De acordo com Cytrynowicz e Cytrynowicz, sua origem estava ligada “à expansão e à diversificação do conhecimento e da pesquisa em Engenharia Eletrônica, ao crescente interesse pela emergente área dos circuitos digitais e dos computadores e, ain-

da, ao estabelecimento de cursos de pós-graduação neste campo” (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 13). O ano de 1968 foi emblemático, uma vez que foi o ano da Reforma Universitária e de grande efervescência cultural no mundo. João Antônio Zuffo definiu o período como “uma época, digamos, vibrante nessa área de pesquisa porque tinha muita influência do exterior, vieram os professores do exterior, veio o [Louis Richard] Anderson em primeiro lugar, depois veio o Glen Langdon para a área de [sistemas] digitais⁶⁴”. Langdon foi o professor responsável pela construção do Patinho Feio, primeiro computador digital construído pela Escola Politécnica através do LSD e que deu credenciais ao laboratório para atuar na elaboração do G-10. Já Anderson, a partir dos cursos ministrados na Poli, influenciou diretamente a fundação do Laboratório de Microeletrônica (LME).

O professor de letras da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Robert Ponge assinalou, em 1968, as ligações de movimentos sociais com a cultura emergente em várias as partes do mundo. Foi, para o autor, um movimento internacional, que eclodiu com diferentes matizes que levaram em conta as especificidades locais. Ponge sintetizou esse movimento, de maneira geral, como

Além do movimento político-social (no qual intervêm as mais diversas tendências políticas de esquerda), a ebulição de 1968 suscita espaços de festa (atividades de lazer, recreativas, divertimentos, jogos...), programações culturais (palestras, mesas-redondas, debates, espetáculos, exposições...) bem como uma caminhada de reflexão, crítica, contestação e experimentação em todos os terrenos, tanto teórico-intelectual como nas vivências ou na cultura e nas artes: os modos de se comportar, de se relacionar, de viver, de pensar, de sentir, de se expressar são debatidos, questionados, revistos, modificados (PONGE, 2009, p. 45).

A vinda de Louis Richard Anderson ao Brasil foi creditada por João Antônio Zuffo ao “espírito aventureiro”, que o fez, antes de vir ao Brasil em seu ano sabático, passar uma temporada na Espanha como professor. Nas palavras de Zuffo, Anderson era jovem, havia lutado e se ferido na Guerra da Coreia. Quando chegou à Poli, provocou um “choque cultural” na turma de 1968, principalmente devido a brincadeiras de cunho sexual, algo estranho à época⁶⁵. Tal perfil encontra-se em consonância com as manifestações culturais encontradas no período nos Estados Unidos, momento de contestação da ordem estabelecida e da luta dos jovens contra as diversas guerras em que o país constantemente se envolvia, principalmente a Guerra do Vietnã, que acontecia naquele momento (PONGE, 2009, p. 40). Os anos 1960 foi marcado, ainda, pela “descoberta do Outro”, de acordo com escritora Heloísa Buarque de

64 De acordo com informações coletadas em entrevista ao autor no dia 13 de novembro de 2018.

65 Entrevista concedida ao autor em 13 de novembro de 2018.

Hollanda, provocando “uma autêntica revolução de repercussão política tanto nas políticas externas das metrópoles quanto nas políticas internas das diversas sociedades nacionais⁶⁶”. Essa “descoberta” com repercussões políticas pode auxiliar no entendimento do que Zuffo chamou de “espírito aventureiro” e explicar as razões que levaram Anderson a trabalhar tanto na Espanha quanto no Brasil. Salientamos essas características da biografia de Anderson para mostrar como os movimentos culturais dos anos 1960 produziram resultados inclusive na produção científica e acadêmica, algo ainda pouco explorado. Além disso, podemos perceber como elementos aparentemente não relacionados se ligam em uma rede sociotécnica e produzem resultados inesperados. Neste caso, os ferimentos provocados na Guerra da Coreia e o protagonismo dos jovens estadunidenses em movimentos pacifistas auxiliaram a Poli no Brasil a construir o seu laboratório de microeletrônica, conforme veremos adiante.

Relacionado também com o espírito de contracultura da época estava o próprio nome dado ao laboratório que se criaria para o desenvolvimento de sistemas digitais: LSD. A escolha da sigla se deu, de acordo com Hélio Guerra, por dois fatores, um acadêmico e outro irreverente. Ela surgiu quando o então ministro do trabalho Jarbas Passarinho (1967-1969) foi visitar as novas instalações da Poli logo após a fundação da Cidade Universitária em 1968.

Como lidávamos com sistemas digitais e éramos brincalhões, resolvemos chamar de Laboratório de Sistemas Digitais, sabem por quê? Porque a sigla – LSD – era uma provocação. Por sorte o ministro tinha senso de humor e achou muito engraçado. Colocamos LSD em várias salas, como forma de marcar a ocupação de espaços, como bandeira que a gente coloca num território novo [...] (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 14).

A fundação do LSD trouxe, ainda, a criação do Centro de Sistemas Digitais, que prestava serviços de processamento de dados aos laboratórios que foram fundados após 1968, bem como à administração da Poli e demais departamentos. O computador IBM 1620 recebido pelo Centro para auxiliar em suas funções também serviu para que os membros do laboratório gerassem conhecimento acerca do seu funcionamento. Para isso, o equipamento foi “mexido, desmontado, cortado, emendado e tudo o mais que fosse necessário para o conhecimento de sua engenharia e funcionamento” (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 14). Inicialmente, o novo laboratório se focaria em formar docentes para suas disciplinas, bem como formar pesquisadores para trabalhar em empresas privadas e instituições públicas. Hélio Guerra direcionou, ainda, seus pós-graduandos para atuarem em diferentes temáticas da área digital.

66 HOLLANDA, H. B. A cultura nos anos 60. Disponível em: <http://www.itaucultural.org.br/ocupacao/zuzu-angel/anos-de-chumbo/?content_link=15> Acesso em 14 de janeiro de 2019.

Edith Ranzini, que atuou no LSD desde a sua fundação, contou com nostalgia como se tornou professora da Poli naquele momento:

Eu comecei a lecionar aqui em 71, a gente era bolsista [...], todo mundo fazendo pós-graduação, recebendo só a bolsa, foi aí que a gente conseguiu uma bela complementação por dar aula. Daí, chegou um sábado... a gente foi convocado [...]. Éramos sete. A primeira pergunta que ele [o então diretor da Poli] fez [durante a reunião foi][...]: “você tem máquina de xerox?”. Nós falamos “não”. Naquela época ninguém tinha máquina de xerox [...]. Ele tinha... estava em cima da mesa, ele virou para um dos rapazes lá: “olha, você pega esse livro, você [risos] vai lá no Top Centro da Cidade, na Major Sertório, [...] tira cinco cópias... ou seis cópias disso aí porque segunda feira vocês tem que começar a dar aula de introdução à computação e o livro-texto é este”. Então foi assim que a gente começou a dar aula. E por que aconteceu isso? [...] A Poli tinha mudado o currículo [...] e a gente tinha essa matéria normalmente no segundo ano. E em 1970.. a turma que entrou em 1971 era um novo currículo. Introdução à computação ia começar a ser dado [...] no primeiro ano. Então, o que acontece? A turma que entrava em 1971 tinha que ter introdução à computação em 1971, mas o pessoal que tinha entrado em 1970, que ia passar para o segundo ano, também ia ter que ter introdução à computação, porque estava no currículo antigo e não tinha professor para tal [risos]. Então, a gente foi informado que a partir de segunda feira tinha que começar a dar aula [...]. E a partir daí depois o diretor da escola conseguiu remunerar a gente por essas aulas e depois todo mundo conseguiu ser contratado⁶⁷.

Paralelamente a suas atividades docente, Ranzini e os demais pós-graduandos do LSD, através do direcionamento de Hélio Guerra, produziram equipamentos, que geraram dissertações ou teses de mestrado, tanto para aprender de forma prática como construir artefatos digitais, quanto para equipar o LSD com opções mais econômicas do que aquelas importadas (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 19).

A professora Edith Ranzini definiu o grupo inicial do LSD como sendo constituído por Antônio Carlos de Aguirra Massola, que foi diretor da Poli de 1998 até 2002; o professor Lucas Moscato, fundador do Departamento de Engenharia Mecatrônica; Paulo Wanderley Patallo, professor da Poli; Francisco José de Oliveira Dias, professor da Poli; e Walter Oscar Serrate Cuellar, antigo diretor Presidente da Comissão de Ciência e Tecnologia das Nações Unidas.

Todos os pesquisadores relacionados acima produziram artefatos tecnológicos e trabalhos acadêmicos que foram responsáveis por fornecer equipamentos ao LSD. A dissertação de Antônio Marcos de Aguirra Massola intitulada *Traçador Automático de Gráficos*, gerou um plotter para ser utilizado em um computador IBM-1130 que era capaz de ser utilizado *offline*, ou seja, desconectado do computador. Um plotter é uma espécie de impressora capaz de

67 Entrevista concedida em 28 de agosto de 2018.

imprimir em grandes folhas modelos baseados em gráficos cartesianos (eixo X e Y) com precisão milimétrica. Plotters sempre foram utilizados, por exemplo, para imprimir plantas para Engenharia Civil. De acordo com a dissertação de Massola, o principal problema do plotter *online* é que, durante a impressão, ele ocupava o tempo de processamento do computador, impossibilitando que novos trabalhos fossem desenvolvidos.

Naquele momento, o uso do computador era disputado por todos para que suas pesquisas fossem desenvolvidas, gerando inclusive brigas. Cotidianamente, as pessoas envolvidas com a produção acadêmica/tecnológica do LSD trabalhava pelas manhãs, a tarde e a noite. Liberar o tempo de processamento dos computadores era essencial para o trabalho que ocorria no LSD. Pensando nisso, Massola desenvolveu um dispositivo que, acoplado ao plotter, permitia “o uso do traçador gráfico sem bloquear o tempo da unidade central de processamento” (MASSOLA, 1970, p. 1.1).

Por sua vez, Lucas Moscato, na dissertação *Terminal para transmissão de dados*, desenvolveu um artefato que, acoplado a uma máquina de escrever Seletric da IBM, era capaz de escrever textos enviados por um computador, atuando, portanto, como uma impressora. O professor João Antônio Zuffo explicou o seu funcionamento: “Era uma máquina que tinha varinhas internas e [...] de acordo com o código batia e a varinha e acionava [o botão que batia em uma letra que era carimbada em uma folha de papel]. Então a gente achou um jeito de acionar diretamente as varinhas para usar como impressora⁶⁸”.

Já Paulo Patullo, desenvolveu um modem, ou seja, um sistema para transmitir dados de um computador para outro via linha telefônica, que deu origem a sua dissertação *Modem para transmissão de dados*. Edith Ranzini contou que esse dispositivo necessitava de um objeto circular para que o gancho do telefone fosse acoplado e, assim, as ondas sonoras (analógicas) emitidas pelo dispositivo através da transformação dos dados digitais, pudessem ser transmitidas pela linha telefônica para outro computador que, por sua vez, acoplado a um modem igual receberia essas ondas sonoras e as converteria novamente em dados inteligíveis pela máquina. Para este acoplador, Patullo utilizou o fundo de uma lata de cerveja adaptada para o seu dispositivo, permitindo, assim, o seu funcionamento. Neste depoimento, é possível perceber a escassez inicial de recursos e equipamentos disponíveis no laboratório.

Pensando também na demanda interna do LSD e na necessidade da construção do conhecimento tecnocientífico de maneira prática, Francisco José de Oliveira Dias criou em sua dissertação *Sistema de representação gráfica em uma tela de osciloscópio*, muito mais rápido

68 Entrevista concedida em 29 de agosto de 2018.

que o traçador eletromecânico existente no mesmo IBM-1130 utilizado por Massola; e, por fim, na dissertação *Volantes de tempo real*, Oscar Serrate realizou uma pesquisa em software.

No capítulo 3 exploraremos os aspectos dos trabalhos cotidianos do LSD, bem como outros trabalhos ali desenvolvidos e a trajetória profissional de seus participantes. A princípio, ressaltamos que todos os membros deste “primeiro grupo” do LSD, com exceção de Oscar Serrate, tornaram-se professores da Poli, exercendo atividades acadêmicas ligadas à instituição até os dias de hoje. Suas dissertações de mestrado, direcionadas e orientadas por Hélio Guerra, contribuíram não apenas para suas titulações, mas também para equipar inicialmente o Laboratório de Sistemas Digitais. Era a consolidação da inseparabilidade do ensino-pesquisa proposta pela Reforma Universitária de 1968, o que deu importância extra para a fundação de laboratórios de pesquisa dentro da Poli.

Assim como o LSD nasceu dos trabalhos conduzidos por Hélio Guerra, tanto o Laboratório de Microeletrônica (LME) quanto o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) nasceram dos caminhos para pesquisa, apontados nos trabalhos acadêmicos de João Antônio Zuffo.

Apesar de ser o LSD e o LSI as fontes dos projetos de desenvolvimento tecnológico, das dissertações de mestrados e das teses de doutorado que analisaremos, passaremos rapidamente pela concepção da ideia do LME, pois a sua criação está relacionada ao surgimento do LSI. O professor João Antônio Zuffo creditou à chegada do professor Louis Richard Anderson na Poli uma das motivações para a criação do Laboratório de Microeletrônica, pois a área de atuação acadêmica de Anderson era relacionada a semicondutores e heterojunções, assuntos correlatos ao preconizado pelo Currículo de 70, que transformou a base das disciplinas da Engenharia Elétrica de analógicas para digitais. Heterojunções são técnicas para a interligação de semicondutores, que, por sua vez, são a base da microeletrônica, conforme descrito pelo jornalista Marcos Dantas:

A microeletrônica baseia-se nos conhecimentos da física do estado sólido. Sua matéria-prima são os materiais semicondutores, principalmente o silício. Fabricar um circuito integrado não é nada fácil. O silício é tratado por empresas especializadas [...] e fornecido às fundições na forma de bolachas (ou "waffer") com até dez centímetros de diâmetro e meio milímetro de espessura. Cada bolacha pode conter pouco mais de cem pastilhas de meio centímetro de lado, cada uma. Sobre esses minúsculos pedaços de silício são impressos, através de processos fotográficos especiais, os desenhos representando componentes e trilhas. Em seguida, a bolacha vai ao forno de difusão dentro do qual, delicados processos químicos adicionarão a cada pedacinho as substâncias que lhe darão suas características elétricas. Retirada do forno, a bolacha ainda passa por outros processos industriais antes de ser definitivamente cortada. Cada circuito integrado é cuidadosamente montado em suportes me-

tálicos e encapsulado em protetores de plástico ou cerâmica (DANTAS, 1989, p. 47).

A área de estudos de Anderson dialogava diretamente com a carreira de Zuffo, que, após a sua formação em 1963, atuou em uma empresa que buscava construir instrumentação nuclear transistorizada⁶⁹. Zuffo, que se formara ainda com currículo da Poli baseado em tecnologias analógicas não havia aprendido o suficiente sobre o funcionamento de transistores e, para realizar o seu trabalho, precisou estudar por conta própria essa tecnologia. A partir dos conhecimentos adquiridos durante seu tempo na empresa, Zuffo decidiu voltar à universidade para continuar seus estudos e defendeu sua tese de doutorado em 1968 intitulada *Contribuição ao estudo dos fenômenos transitórios da avalanche de coletor*, abordando assuntos relacionados a semicondutores e transistores.

Após concluir sua tese, Zuffo afirmou que surgiu a ideia, junto com Anderson, de criar no Brasil um laboratório de microeletrônica. Após a visita de uma comissão formada pelo CNPq, BNDE, FINEP, a FAPESP e o Conselho Nacional de Pesquisa, a Poli conseguiu um financiamento de um milhão de dólares para montar seu Laboratório de Microeletrônica (LME)⁷⁰, que surgiu ainda em 1968⁷¹. De acordo com o relato de Zuffo, o LME, em seus primórdios, trabalhava com tecnologia de ponta: “foi feito uma memória ROM de tecnologia equivalente ao lançamento do chip da Intel. E isso simultaneamente, em [19]74. [Em 19]74 nós estávamos passo a passo em termos de tecnologia de microeletrônica com o pessoal do exterior⁷²”.

A igualdade da tecnologia brasileira produzida nas universidades em relação àquelas produzidas no exterior foi salientada também na entrevista concedida por Lucas Moscato. Comparando a produção tecnológica brasileira com a sul-coreana⁷³, Moscato afirmou que

Quando a gente está falando dos anos 70, nós estamos falando de uma Coreia um pouco atrás do Brasil. Patentes a Coreia fazia menos que o Brasil naquela época. (...) Grupos acadêmicos eram menores e menos importantes que os nossos, produtos eram menores e menos importantes que no Brasil⁷⁴.

69 Marcos Dantas define transistor como “uma pequena pecinha de material semicondutor [...] que serviria para substituir as grandes e calorentas válvulas a vácuo na amplificação de sinais de baixa potência” (DANTAS, 1989, p. 8).

70 As informações contidas nesses parágrafos, salvo quando forem referenciadas por outros autores, foram dadas por João Antônio Zuffo em entrevista realizada no dia 29 de agosto de 2018.

71 Data retirada do site oficial do LME. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. PSI - Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos. Disponível em <<http://sites.usp.br/psi/pesquisa/lme/>>. Acesso em 15 de janeiro de 2019.

72 Entrevista realizada no dia 29 de agosto de 2018.

73 Vale ressaltar que hoje a Coreia do Sul é uma grande produtora e exportadora de tecnologia digital, possuindo duas das maiores empresas mundiais na área, a Samsung e a LG.

74 Entrevista concedida em 05 de setembro de 2018.

Em entrevista concedida à Revista FAPESP, Zuffo afirmou que, em 1979, a Samsung (então uma empresa muito menor do que é hoje) visitou os laboratórios da Poli para saber se valeria a pena construir circuitos integrados, utilizando ou não materiais semicondutores⁷⁵. Já em 1971, João Antônio Zuffo, através do LME, teria desenvolvido o primeiro circuito integrado brasileiro para fins didáticos⁷⁶, doze anos depois do primeiro circuito integrado ter sido construído por Jack Kilby nos Estados Unidos.

É importante ressaltar que essa possível paridade entre a tecnologia nacional e a tecnologia estrangeira deu aos nacionalistas tecnológicos, em diversos dos seus textos de meados dos anos 1970, certo caráter de urgência para que o Brasil desenvolvesse uma política de informática estruturada capaz de atender às crescentes demandas de mercado. Eram comuns títulos como *O momento decisivo para o computador brasileiro*⁷⁷, *A opção urgente: autonomia ou dependência tecnológica?*⁷⁸, *A hora da revisão do modelo tecnológico brasileiro*⁷⁹, isso para ficarmos apenas no ano de 1975. Todos chamavam a atenção do leitor e do Poder Público para a necessidade de tomada de uma decisão *naquele momento* de forma *urgente*, pois caso contrário seria impossível para o Brasil marcar sua posição no mercado de computadores, conforme Ivan da Costa Marques salientou em diversos dos seus artigos.

A partir da experiência adquirida no Laboratório de Microeletrônica somada aos trabalhos realizados em sua tese de livre-docência intitulada *Delineamento de um processador de dados modular serial-decimal*, Zuffo fundou em 1975 o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI). O primeiro parágrafo do resumo da tese de Zuffo já define o que seria o LSI:

A rápida evolução da tecnologia de circuitos integrados em média e larga escala, no sentido da produção de subsistemas digitais cada vez mais complexos, está obrigando à reformulação dos métodos de projeto de sistemas digitais e transferindo muitos problemas da área de sistemas digitais para a área de fabricação de microcircuitos⁸⁰.

A ideia do LSI era produzir artefatos tecnológicos de ponta tendo como base a fabricação de circuitos integrados. Em entrevista, Zuffo contou que sua principal motivação era

75 João Antônio Zuffo: Da eletricidade para o mundo digital : Revista Pesquisa Fapesp. Disponível em <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/03/17/joao-antonio-zuffo-da-eletricidade-para-o-mundo-digital/>>. Acesso em 15 de janeiro de 2019. CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 19

76 Zuffo contou que criou o circuito integrado na época em que ministrava aulas para a pós-graduação e utilizava um livro de projetos de circuitos integrados da Motorola. O projeto de construção do chip foi dado como a parte prática do curso teórico. Zuffo contou que o chip foi testado e funcionou corretamente.

77 MARQUES, I. C. O momento decisivo para o computador brasileiro, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 13-16, 1975.

78 MARQUES, I. C. A opção urgente: autonomia ou dependência tecnológica?, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, p. 06-17, 1975.

79 MARTINEZ, J. A hora da revisão do modelo tecnológico brasileiro, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, p. 18-23, 1975.

80 ZUFFO, 1974, sn.

produzir circuitos que integravam mais de um milhão de componentes em uma época em que os circuitos integravam oito ou nove mil componentes. Assim, o LSI buscava “somar a parte de [...] semicondutores e essa complexidade crescente que tinha nos chips com a parte de sistemas de processos de computação⁸¹”.

Através das entrevistas realizadas com Edith Ranzini, Lucas Moscato e João Antônio Zuffo, foi possível estabelecer uma diferença básica e estruturante do LSD em relação ao LSI. Enquanto o LSD atuava com a construção de equipamentos voltados para a informática, como o Patinho Feio, o G-10, o terminal teleimpressor de Moscato e o modem de Patullo, o LSI, além de ter desenvolvido também seus minicomputadores e supercomputadores em computação paralela, desenvolvia componentes e soluções em microeletrônica e circuitos integrados que seriam posteriormente incorporados a outros equipamentos digitais. Conforme veremos nos próximos capítulos, enquanto o LSD fornecia soluções diretamente para problemas concretos de órgãos públicos ou da iniciativa privada, o LSI desenvolvia componentes que poderiam ser incorporados pela indústria para produção em massa. A pesquisa tecnocientífica de ambos os laboratórios em seus aspectos acadêmicos dialogavam entre si, mas os artefatos produzidos por ambos atendiam a públicos diferentes.

Ambos os laboratórios precisariam, portanto, atuar com a iniciativa privada, algo já previsto pelas políticas brasileiras para ciência e tecnologia e pela Reforma Universitária. Contudo, seria necessário um arranjo burocrático para que essa cooperação fosse viabilizada, uma vez que não existia essa prerrogativa normatizada nas leis que regiam o funcionamento das universidades. A solução encontrada foi a criação de Fundações capazes de intermediar os interesses privados e o trabalho de pesquisa e desenvolvimento das universidades públicas. Essa demanda era antiga. De acordo com Hélio Guerra,

Houve, em 1965, uma solicitação do Contel, que hoje é a Anatel, na época chefiada por um general que precisava escolher um sistema para TV em cores em implementação no país. Para fazer esse trabalho, convidei outro professor da Poli, Nelson Zunella, que trabalhava também na Philips e os engenheiros Edson Paladino Veiga, que trabalhava na Telefunken e era ex-aluno do ITA, e Olívio Cesar Machado Barradas, da Telebras e também ex-aluno do ITA (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 11).

Nelson Zunella complementa: “quem foi procurado foi a Escola Politécnica, mas *não havia mecanismo legal que facilitasse a sua contratação* para execução do trabalho e, assim, fomos contratados como pessoas físicas, o que era possível, por sermos docentes em tempo parcial” (*Ibidem*, p. 11. *Grifos nossos*).

81 Entrevista realizada no dia 29 de agosto de 2018.

O problema era a não existência de formas legais para as universidades cobrarem e receberem por trabalhos prestados. Assim, o “elo” encontrado pelos atores ligados à universidade e que possibilitaria a contratação dos mesmos para atuarem na iniciativa privada foi a existência de Fundações de Apoio. A primeira que surgiu ligada à Poli e serviu de base para todas as outras foi a Fundação Vanzolini, ligada ao Departamento de Engenharia de Produção⁸².

Vale ressaltar que, apesar de nossos objetos de pesquisa pertencerem ao Departamento de Elétrica e, portanto, estarmos dissertando apenas sobre ele, o movimento de valorização do ensino e pesquisa e as necessidades geradas pela crescente industrialização do país valorizaram todos os cursos relacionados à engenharia e o Departamento de Engenharia de Produção da Poli vinha, desde o começo dos anos 1960, divulgando o curso e promovendo eventos nesta área. Assim, em 1967, o professor de engenharia Ruy Leme, em conjunto com outros professores da Poli, criaram a Fundação Carlos Alberto Vanzolini, uma “inovação que permitiu estreitar as relações entre universidade, empresas e sociedade” (AMATO NETO, 2017, 38). Entre seus objetivos, estava o de ajudar as empresas nacionais

no seu processo de modernização, principalmente em termos de capacidade em Engenharia de Produção, aproveitando a expertise da Industrial Engineering norte-americana e do Departamento de Engenharia de Produção e transformando isso em projetos de consultoria e assessoria às empresas (*Ibidem*, 38).

De acordo com Amílcar Ferrari, a prática de criação em universidades de unidades promotoras de contratos externos, a exemplo da Fundação Vanzolini, era “comum nos países desenvolvidos, porém [naquele período era uma] novidade no Brasil”. O autor cita a criação da COPPETEC, organizada pelo professor Acher Mosse em 1970 da COPPE como exemplo dessa prática (FERRARI, 2002, p. 153).

Assim, a partir da impossibilidade de se contratar o pessoal ligado ao LSD para a produção do sistema de TV a cores, os pesquisadores ligados ao LSD passaram a pensar em possibilidades para sua atuação direta no setor produtivo. Em 1971, o LSD começou a projetar o computador chamado de Patinho Feio. A experiência seria importante, principalmente no momento em que a Marinha e o BNDE mostravam *inter-esse* em construir computadores nacionais, o primeiro ator querendo controlar suas fragatas, e o segundo querendo incentivar o

82 Edith Ranzini, em entrevista no dia 28 de agosto de 2018, afirma que o modelo que seria adotado para a nascente Fundação ligada ao Departamento de Elétrica foi o da Fundação Vanzolini, pois era o mais adequado. Essa informação também está presente no livro *FDTE: 43 anos* (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 24) e *Na vanguarda da Produção e da Difusão do Conhecimento* (AMATO NETO, 2017, 39), livro lançado em comemoração aos 50 anos da Fundação Vanzolini.

desenvolvimento nacional através da tecnologia. O surgimento de uma nova fundação ligada ao LSD possibilitaria a participação ativa da Poli nas iniciativas para a construção de computadores nacionais. Essa ideia foi dada, de acordo com Antonio Massola, pelo então reitor da USP Miguel Reale como forma de “evitar a burocracia” que atrasava o projeto do Patinho Feio que já estava em desenvolvimento no Laboratório (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 25). É interessante notar que, apesar do respaldo que a parceria da universidade com a iniciativa privada encontrava nas políticas de desenvolvimento científico, ainda seria necessária a criação de mecanismos para se negociar essa atuação com a legislação específica da universidade. Encontramos, nessa aparente ambiguidade, a ausência de uma política estruturada em prol do desenvolvimento científico nacional, característica apontada diversas vezes por Lima e caracterizada pelo que o autor denomina de *política implícita*.

A partir daí, no final de 1972, foi criada a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), gerida pelos pesquisadores e professores do LSD. Seu estatuto que, por sua vez, foi inspirado no estatuto da Fundação Vanzolini, estabelecia em seu primeiro parágrafo:

a) colaborar, por meios adequados, com os institutos educacionais, com as universidades e com as instituições públicas e privadas em programas de desenvolvimento tecnológico a serem estabelecidos em colaboração com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; b) promover cursos, simpósios e estudos para a melhoria do ensino de Engenharia; c) promover a divulgação de conhecimentos tecnológicos e a edição de publicações técnicas e científicas de Engenharia; d) instituir e manter bolsas de estudo e estágios a serem cumpridos na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e auxílios e assistências que possam contribuir com a consecução dos demais objetivos da Fundação, desde que a permitam os seus recursos, cumpridos os requisitos regimentais (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 25).

Uma vez estabelecida a FDTE, foi necessário firmar com a Poli um acordo de reciprocidade, uma vez que, mesmo uma tendo nascido da outra, ambas se constituem como instituições diferentes com funções sociais distintas. O convênio por elas assinado, e que aprovado pela Congregação da Escola Politécnica e pelo Conselho Técnico Administrativo da USP, estabelecia que

a Escola [Politécnica] poderia utilizar qualquer equipamento e instalação de propriedade da Fundação (ou a ela cedido) para suas atividades. Da mesma forma, a FDTE poderia utilizar os equipamentos e as instalações da Escola, desde que com anuência prévia do Conselho do Departamento envolvido e pagando uma taxa definida pelo Departamento, para que o seu uso não implicasse em qualquer ônus para a Escola ou para a USP. O convênio determinava também que a Escola poderia utilizar recursos fornecidos pela FDTE para a complementação salarial dos professores e que a Poli cedia uma sala para uso da FDTE (para a guarda de arquivos e realização de reuniões do

Conselho Curador e da Diretoria (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 30).

Em entrevista, Edith Ranzini chamou a FDTE de *mecanismo* criado para que vários projetos pudessem ser desenvolvidos para órgãos públicos e empresas privadas. De acordo com o dicionário Michaelis, uma das definições de mecanismo é: “Conjunto de peças ou elementos para fazer funcionar ou pôr em movimento um aparelho ou uma *máquina*; *maquinismo*”. Essa ideia, associada às reflexões de Bruno Latour a respeito das *Máquinas* possibilita a compreensão do papel da FDTE e das demais fundações para o desenvolvimento tecnológico nacional. Conforme exposto, a modelo de fundações surge para *negociar* com as leis, sendo este o modelo encontrado para que atores distintos, cada um com objetivos claramente definidos pudessem atuar juntos em prol de um objetivo comum (também negociado). É necessário juntar a universidade, instituição pública orientada para ensino e pesquisa e regulamentada por leis que limitavam as suas ações, com os demais órgãos públicos ou com a iniciativa privada, entes interessados em encontrar soluções para seus problemas pontuais ou simplesmente procurar novas fontes para lucros. Em outras palavras, era necessária encontrar formas de traduzir diferentes interesses em objetivos bem definidos, ou seja, a existência de novas *translações*.

Neste caso, a translação apresenta-se como um desvio do órgão público ou empresa privada que, impossibilitada de conseguir determinado equipamento que atenda às suas necessidades, procurava a universidade pública para desenvolvê-lo. A princípio, essa associação é frágil, pois se os diferentes objetivos começam a ser frustrados (por exemplo, a apresentação do projeto final para a empresa pode atrasar ou falhar; ou os trabalhos acadêmicos dos docentes podem ser impactados com o tempo dedicado à iniciativa privada), novos caminhos passariam a ser procurados e a aliança poderia ser desfeita. Portanto, é necessário que esses interesses continuassem unidos durante todo um projeto, apesar dos eventuais percalços. Em suas análises, Latour aponta a necessidade da construção de *máquinas* para que atores diferentes permaneçam juntos. O conceito é empregado pelo autor no sentido de “*maquinação, estratégia, um tipo de estratagema em que as forças usadas mantêm-se mutuamente sob controle*, de tal modo que nenhuma delas possa escapar do grupo” (LATOUR, 2000, p. 212. Grifos nossos). As fundações são, portanto, máquinas fundamentais que mantêm unida a universidade às demais instituições que, devido às restrições de importações que começaram a ser executadas em 1974, cada vez mais buscavam nela soluções para suas questões. Sem essas máquinas, a universidade precisaria encontrar outras formas para participar das políticas de desenvolvi-

mento da indústria da informática que, naquele momento, estavam em desenvolvimento no país.

O LSI também possui sua própria fundação, a LSTec, porém esta foi criada a partir de características particulares, sendo diferente também o seu objetivo. Ela surge apenas no final dos anos 1990, época em que a presidência da república era ocupada por Fernando Henrique Cardoso (1995-2002). Naquele momento, questionava-se o *deficit* das contas públicas causados pela previdência. A partir de março de 1995, com a proposta de emenda constitucional conhecida como PEC 33, iniciou-se uma série de discussões a respeito das mudanças no sistema previdenciário. A partir daí, houve uma série de repercussões negativas, com comentários do tipo “a aposentadoria vai acabar” circulando pelas esferas sociais. Em 15 de dezembro de 1998, foi aprovada a Emenda Constitucional nº 20 e novas regras começaram a vigorar a respeito da aposentaria (MARQUES, R. M. et al., 2003).

João Antônio Zuffo, que em 1998 possuía 59 anos, antecipando eventuais problemas que, no futuro, poderia ter com a sua aposentaria, entrou em contato com a FINEP, ainda a maior financiadora do LSI, e avisou que eventualmente iria se aposentar, uma vez que ele já possuía tempo de serviço para isso. Temendo a diminuição dos projetos desenvolvidos pelo Laboratório e o desmantelamento do grupo de pesquisa, a FINEP sugeriu que se “fundasse uma entidade para manter a equipe unida”. A partir de uma reunião realizada na cidade de Atibaia, que juntou a FINEP, alguns professores do LSI e a Fundação Getúlio Vargas (FGV), criou-se uma associação de professores cujo objetivo central era servir de “ponte entre a universidade e a indústria”⁸³.

Portanto, além de sua cronologia estar além da nossa proposta de análise, dada as especificidades da LSTec e sua constituição como um outro tipo de *maquinação* distinta daquela apontada para a FDTE, ela não será objeto de sua análise. Salientamos, contudo, sua existência com o intuito de mostrar que o modelo de criação de Fundações nas universidades permanece. De fato, a partir do final dos anos 1990, o número de fundações que surgiram ligadas à universidade aumentou consideravelmente. Esse crescimento desenfreado passou a ser objetos de críticas, que perduram até hoje, e, de certa forma, deslegitimaram as atividades desenvolvidas no interior da universidade. Como nosso objeto de pesquisa está no centro dessa *controvérsia*, acreditamos que haja a necessidade de encará-la, mostrando assim suas diferentes repercussões sociais.

83 As informações narradas neste parágrafo foram fornecidas em duas entrevistas realizadas com Antônio Zuffo, uma no dia 29 de agosto e outra no dia 13 de novembro de 2018.

1.9 Discussões bibliográficas acerca da atuação das universidades em parceria com a iniciativa privada

Em entrevista, Edith Ranzini afirmou que “o fato de a gente ter projetos e a gente receber porque trabalhava nesses projetos, criou uma animosidade de VÁRIAS unidades da USP, da FFLCH [Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas] principalmente⁸⁴”. Longe de ser uma anedota trivial que surgiu a partir de alguns desacordos entre os docentes a respeito de salários, através dessa fala é possível observar que o modelo de Fundações era contestado dentro da universidade, permanecendo até os dias de hoje críticas a respeito da atuação conjunta das universidades com a iniciativa privada. Com base no exposto até o momento e com o intuito de fechar o capítulo, cabe uma discussão a esse respeito.

Até o momento, tratamos a questão da atuação da universidade enquanto agente para construção da autonomia tecnológica de maneira plana, como se a ideia fosse universal e não problemática. Contudo, o papel que a universidade deve exercer nas sociedades não é visto a partir de uma única perspectiva e existem críticas que devem ser apontadas.

Uma dessas críticas é da filósofa e professora da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da USP Marilena Chaui. Ela recusa completamente a atuação da universidade em parceria com iniciativas privadas, chamando essa prática de *privatização do saber*. Também critica a posição de heteronomia em que a universidade é colocada, salientando a sua falta de reflexão a respeito da posição em que ocupa na sociedade capitalista (CHAUI, 2003).

A filósofa afirmou que, principalmente a partir da Revolução Francesa, a universidade apresentou-se como *instituição* Republicana e social, inseparável da ideia de democracia e da democratização do saber. Para Chaui, o papel fundamental da universidade é a *formação* de indivíduos em prol da superação de problemas sociais mais amplos. Os nacionalistas tecnológicos, se confrontados com essa ideia, hipoteticamente poderiam responder que a superação da dependência tecnológica é um problema social amplo e, como estariam em concordância com a autora, a universidade deveria fazer parte do projeto de autonomia tecnológico brasileiro. Contudo, acreditamos que Chaui recusaria a própria ideia de que a dependência tecnologia seria um problema social, uma vez que a tecnologia é empregada a serviço da reprodução do capital e do capitalismo, sem levar em conta sua influência na luta de classes. Ou seja, antes de pensar em como a universidade pode produzir tecnologia para superar a dependência brasileira, a universidade deveria refletir se é desejável, de um ponto de vista global da socie-

84 Entrevista realizada em 28 de agosto de 2018.

dade, que ela própria estivesse tão imbricada com a manutenção das estruturas capitalistas e de suas diferentes formas de reprodução e dominação. Para a autora, ao invés de criar formas para que o capitalismo se perpetue, a universidade deveria ser o lugar onde se propõe formas alternativas para organizações econômicas e sociais que valorizem a inclusão e a igualdade no lugar da exclusão e da dominação.

Chaui afirmou que “introduzir alguém ao passado de sua cultura (no sentido antropológico do termo, isto é, como ordem simbólica ou de relação com o ausente), é despertar alguém para questões que esse passado engendra para o presente, e é estimular a passagem do instituído ao instituinte” (*Ibidem*, p. 12). É justamente essa passagem reflexiva do passado para o presente, compreendido não como algo dado, mas como algo construído, que constitui a *formação*, principal objetivo da universidade. A diminuição do tempo para formação, tanto da graduação como da pós-graduação, prejudicava esse objetivo. Para a autora, essa mudança ocorreu como uma forma de subordinação da universidade à lógica mercadológica, uma vez que o conhecimento precisou ser transmitido de forma mais rápida e menos reflexiva unicamente para atender aos interesses econômicos.

Seria necessário, portanto, a atuação crítica da universidade. Isso exige a recusa firme da privatização do conhecimento, ou seja, a não aceitação de que o bem público seja apropriado para fins privados. Essa apropriação se dá porque “a maior parte de suas pesquisas é determinada pelas exigências de mercado, impostas pelos financiadores. Isso significa que a universidade *pública* produz um conhecimento destinado à *apropriação privada*” (*Ibidem*, p. 8). Para superar essa situação, é necessário

romper [...] com o modelo proposto pelo Banco Mundial e implantado no Brasil com pretensão de resolver os problemas da educação superior por meio da privatização das universidades públicas ou pelos incentivos financeiro dados a grupos privados para criar estabelecimentos de ensino superior, que provocou não só o desprestígio das universidades públicas (porque boa parte dos recursos estatais foram dirigidos às empresas universitárias) como a queda do nível do ensino superior (cuja avaliação era feito por organismos ligados às próprias empresas) (*Ibidem*, p. 12).

Chaui defendeu que as universidades públicas sejam vistas como *instituições* sociais e não como *organizações*. Enquanto a primeira aspira a universalidade, ou seja, seu principal princípio é a sociedade, a segunda é baseada por princípios de competitividade com outras organizações, tendo a apenas a si própria como referência. A organização seria

regida pelas ideias de gestão, planejamento, previsão, controle e êxito. Não lhe compete discutir ou questionar sua própria existência, sua função, seu lugar no interior da luta de classes, pois isso, que para a instituição social uni-

versitária é crucial, é, para organização, um dado de fato. Ela sabe (ou julga saber) por que, para que e onde existe (*Ibidem*, p. 6).

Para que a universidade seja estruturada enquanto uma *instituição*, é necessária autonomia, compreendida não como “contratos de gestão”, mas como direito e poder para “definir suas normas de formação, docência e pesquisa”. A autonomia universitária deve ser exercida em seu sentido institucional (autonomia em relação ao governo), no sentido intelectual (“autonomia em relação a credos religiosos, partidos políticos, ideologia estatal, imposições empresariais e financeiras”) e, finalmente, no sentido de autonomia financeira, que lhe permitiria “destinar os recursos segundo as necessidades regionais e locais da docência e da pesquisa” (*Ibidem*, p. 12).

Argumentação semelhante possui Franklin Leopoldo e Silva, professor da História da Filosofia da USP. Para o autor, não é função da universidade pública atender aos interesses imediatos do mercado, cabendo este papel no máximo às faculdades privadas, uma vez que essas refletem a organização empresarial e estão diretamente inseridas no mercado e, portanto, sujeitas aos seus critérios.

Para Leopoldo e Silva, a universidade pública deve se afastar ao máximo do mercado, pois é apenas livre de suas amarras que ela poderá cumprir o seu papel histórico e social que é o de produção e disseminação do conhecimento, bem como o de manter com a cultura “uma relação intrínseca que se manifesta numa possibilidade de reflexão que foge dos moldes de compromisso imediatamente definido pelas pressões de demanda e de consumo” (LEOPOLDO E SILVA, 2001, p. 299). É apenas através desse distanciamento que a universidade pode contribuir para a solução de problemas ligados a aspectos da organização social, pois “tais soluções surgiram a partir da liberdade de pesquisa e de uma visão de maior alcance das relações entre a ciência e o desenvolvimento tecnológico” (*Ibidem*, p. 301).

O autor avançou no debate proposto por Chaui acerca das diferenças entre instituição pública e organização empresarial, afirmando que as pressões mercadológicas exercidas sobre as universidades anularam essa distinção e isso aconteceu como consequência do processo de desmantelamento do espaço público “atualmente em curso” (*Ibidem*, p. 299).

Para Leopoldo e Silva, quanto mais próxima as universidades estiverem dos interesses do mercado, mais o conceito de universidade ficará deteriorado. O que confere a ela excelência é a sua dedicação exclusiva ao ensino e pesquisa, ônus que uma organização privada não pode arcar. Essa opção política, que marcou a intenção de se realizar um “investimento direto na formação constante do docente-pesquisador”, possibilitou o desenvolvimento da

pesquisa básica, ou seja, pesquisas que não trazem em si a necessidade de gerar diretamente produtos ou soluções que possam ser vendidas como serviços. Esse tipo de pesquisa básica, que do ponto de vista de interesses econômicos imediatos, não interessaria a ninguém, tendo em vista que os frutos da pesquisa não possuirão necessariamente valor comercial, pode, do ponto de vista de sua inserção em um projeto histórico-político emancipatório, servir à nação. Assim como em Chauí, observamos que, para Leopoldo e Silva, a universidade precisa ser autônoma, porém sem se abstrair do contexto social em que está inserida. Para o autor, a independência permite, através do “distanciamento crítico”, pensar esse contexto como “um polo de relação que não se confunde com qualquer conjunto de interesses particulares, sejam eles mercadológicos, empresariais ou políticos” (*Ibidem*, p. 301).

Além da importância da pesquisa básica, Leopoldo e Silva assinala o papel da universidade enquanto garantidora do efetivo caráter público dos bens culturais historicamente legados ao presente. Em um contexto em que a produção cultural é submetida a mecanismos alienantes derivados de sua necessidade de consumo imediato e o que Estado apresenta-se como cúmplice desse modelo, caberia à universidade (independente) a função de garantir a cultura, uma vez que a instituição seria livre de critérios de utilidade introjetados a partir da racionalidade midiática. Essa racionalidade, inclusive, seria responsável pelas críticas que a universidade recebe por abrigar “coisa inúteis” como a Filosofia, Letras Clássicas, Estudos Literários e demais áreas das Humanidades (como Sociologia, Antropologia e História), uma vez que essas áreas de conhecimento seriam úteis apenas quando empregadas como “instrumentos de poder tecnocráticos” (*Ibidem*, p. 302).

Trazendo um debate a respeito da universidade pública enquanto bem *público* ou *privado/mercantil*, o professor aposentado da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) Valdemar Sguissardi apontou que as fundações privadas de apoio institucional que surgiram às centenas dentro dos campi universitários no Brasil representaram uma forma de semiprivatização da universidade pública que responde às demandas principalmente do Banco Mundial que tende a encarar a universidade como um *negócio* é, portanto, um bem *privado* sujeito a forças do mercado financeiro. Essa tese baseia-se na visão de educação superior dentro de condições competitivas, dada a sua oferta limitada e exclusiva, uma vez que não pode ser acessada por todos. Apoia-se também no pressuposto de *retorno social*, uma vez que instituições financeiras internacionais defendem que o investimento público em educação básica possui mais benefícios sociais do que o investimento público em educação superior. Para o autor,

essa concepção ignora o fato geralmente aceito de que o conhecimento, principal objetivo do ensino superior, é um bem público global (SQUISSARDI, 2005, p. 214).

Além disso, de acordo com Squissardi, a proliferação de fundações ligadas às universidades públicas contribuíram para a “desobrigação do Estado com relação à manutenção da educação superior” (*Ibidem*, p. 202). O autor trouxe dados de 2001 publicados pelo jornal *Folha de S. Paulo* (São Paulo, quarta-feira, 4 de maio de 2004) a respeito dos valores financeiros movimentados através das diversas fundações ligadas à USP. Elas, juntas, arrecadaram R\$ 457,8 milhões, enquanto o orçamento da USP para o ano foi de R\$ 1 bilhão e 273 milhões. Naquele ano, as fundações repassaram para a universidade R\$ 19,5 milhões, ou seja, 4,26% de suas arrecadações. A reportagem trouxe, ainda, a média salarial de 55 docentes ligados à Fundação Instituto de Administração (FIA), vinculada a então Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA): R\$ 32,5 mil por mês, excluído o salário de professor da USP que, na época, variava de R\$ 4.700,00 a 7.400,00 por mês para os professores doutores (*Ibidem* p. 218).

Cabe citar, ainda, o dossiê “Fundações”, publicado pela Revista da Associação dos Docentes da Universidade de São Paulo (ADUSP) entre março e dezembro de 2001 (edições 22, 23 e 24), contanto ao todo com trinta e três publicações entre matérias jornalísticas, entrevistas e textos exigindo a construção de um diálogo e um consenso entre comunidade USP e fundações.

A grande maioria das matérias apresentava dados de contabilidade disponibilizados direta ou indiretamente pelas fundações e a tônica dos textos, via de regra, girava entorno de: acusações de falta de transparência nos dados das fundações; existência de conflitos de interesse com a USP; docentes ligados às fundações receberiam complementações salariais que os colocavam em situação privilegiada quando comparados a outros docentes da USP; ao contrário da forma como as fundações se apresentavam legalmente (fundações de apoio sem fins lucrativos), elas atuavam comercialmente e, ainda, conseguiam vantagens tanto no pagamento dos vários tributos dos quais eram isentas em relação às empresas privadas comerciais quanto nas contratações por entidades públicas via ausência de licitações, uma vez que, pela legislação vigente na época, não seria necessário processo licitatório quando a fundação contratada fosse *sem fins lucrativos* e contasse com “reconhecida notoriedade” na área em que fora contratada para executar um serviço. A Revista da ADUSP considerava que a Reitoria, o Ministério Público e diversos órgãos públicos de várias esferas e entes da federação agiam de maneira conivente com as fundações, contribuindo para que sua atuação não fosse devidamente audita-

da. Por sua vez, a falta de auditoria gerava alguns processos na justiça envolvendo as fundações da USP, além de insinuações de casos de corrupção envolvendo suborno a funcionários públicos ligados aos órgãos que contratavam serviços dessas mesmas fundações.

Assim como o defendido por Squissardi, a Revista faz alusões às formas de privatização parcial da universidade empreendidas pelas fundações, que exploravam a marca “USP” para movimentar orçamentos milionários. Chamam, ainda, de “regalias” concedidas aos docentes que, apesar de serem contratados na maioria das vezes como professores de tempo integral pela USP, acabavam fornecendo consultorias privadas ou cursos remunerados. Através de dados indiretos⁸⁵ para o ano de 2000, foi estimado pela Revista, por exemplo, que a FDTE gerou R\$ 10 milhões para os seus docentes. A vinculação da universidade a interesses privados criava, de acordo com a Revista, conflitos de interesses que desvirtuavam o caráter público da universidade, uma vez que compromete o tempo do docente dedicado às atividades acadêmicas, bem como influenciava as atividades de pesquisa desenvolvidas por eles. O artigo *Conflito de interesses marca relação entre USP e Fundações* assinalou ainda que diversos professores que ocupavam cargos de liderança de departamentos também ocuparam cargos de liderança dentro das fundações, o que sobrepõe os interesses de uma pela outra. Além disso, a matéria apresentou o discurso de dois alunos da FEA que pertenciam ao Diretório Central de Estudantes (DCE). Para eles, faltavam professores nas disciplinas oferecidas pela FEA, porém em áreas correlatas ministradas nos cursos pagos de Master of Business Administration (MBA) oferecidos pelas fundações, esse problema não existia⁸⁶.

Houve uma retomada constante de afirmações a respeito das Fundações como empresas privadas voltadas para obter lucros a partir da venda de produtos ou serviços, o que contrariava sua função social e jurídica. A passagem abaixo sintetiza essa ideia:

Os defensores das fundações privadas, ou fundações de apoio, atribuem-lhes a missão de colaborar com a universidade. Nos documentos para consumo interno, porém, evidencia-se a real finalidade de várias dessas entidades: dis-

85 Na esteira das diversas acusações de “falta de transparência” por parte das fundações, a reportagem da Revista da ADUSP afirmou que a FDTE não divulgava os valores recebidos das empresas privadas e órgãos públicos devido a acordos de confidencialidade exigidos por parte dos contratantes. O valor de R\$ 10 milhões foi estimado pelo montante recolhidos pela Poli dos salários pagos aos professores contratados através do Regime de Dedicção Integral à Docência e à Pesquisa (RDIDP). Pelo estipulado na época, cada professor deste regime que recebesse complementação salarial através de funções executadas para as fundações deveria destinar 13% da gratificação recebida à Poli. Em 2000, os valores recolhidos foram de R\$ 1.379.509,34. A partir desses números, os repórteres da ADUSP calcularam o valor de R\$ 10 milhões que informaram em sua reportagem. FRANKLIN, F. FDTE gera total de R\$ 10 milhões para docentes em 2000. **Revista ADUSP**, São Paulo, dez. 2001. Dossiê, p. 121-124.

86 BIONDI, A. *et al.*. Conflito de interesses marca relação entre USP e Fundações. **Revista ADUSP**, São Paulo, set. 2001. Dossiê, p. 67-77.

putar espaços no mercado e captar recursos extras para os docentes que as constituem⁸⁷.

Por fim, o dossiê apontou que a USP recebeu uma parcela ínfima (cerca de 4%) das quantias pagas às suas fundações através de contratos com órgãos públicos e com a iniciativa privada e do recebido pelos cursos de pós-graduação MBA emitidos com a marca USP, cujos preços cobrados dos alunos giravam em torno de R\$ 24.000,00 no começo dos anos 2000. Para se ter uma ideia das receitas arrecadas pelas fundações, em 1998 a Fundação Instituto de Administração (FIA), a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) e a Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras (FIPECAFI) receberam juntas R\$ 134,52 milhões, o equivalente a 16% de todo o orçamento da USP (que naquele ano foi de R\$ 842,25 milhões). A título de comparação, esse valor foi quatro vezes maior ao destinado as duas Faculdades de Medicina, aproximadamente três vezes maior ao recebido pela Escola Politécnica e Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas e o dobro do recebido pelo Hospital Universitário⁸⁸. Contudo, apesar de o baixo valor percentual revertido, as faculdades ligadas às fundações foram capazes de financiar reformas em seus prédios, como por exemplo a FEA, cujo prédio recebeu o apelido de “Taj Mahal”⁸⁹. Além disso, a Fundação Vanzolini também financiou reformas no telhado do então prédio do Departamento de Engenharia de Produção da Poli⁹⁰.

Os professores da USP que participavam das fundações garantiam que o modelo trazia vantagens para a universidade que não poderiam ser desprezadas. Além das reformas prediais referidas acima, Edith Ranzini, que em 2001 era diretora-tesoureira da FDTE, afirmou em entrevista à Revista ADUSP que a maior transferência das fundações para a universidade não se dava em termos financeiros, mas acadêmicos: os docentes, que atuavam em projetos que atendiam a demandas atuais, eram atualizados e conseguiam oferecer aos alunos possibilidades de pós-graduação em temas diferentes⁹¹. Outro argumento utilizado em defesa da exis-

87 CASTANHEIRA, A.; BIONDI, A.; POMAR, P. E. R. Fundações demais, transparência de menos. **Revista ADUSP**, São Paulo, mar. 2001. Dossiê, p. 67-74.

88 POMAR, P. E. R. O ano de ouro das Fundações Privadas. **Revista ADUSP**, São Paulo, set. 2001. Dossiê, p. 57.

89 CASTANHEIRA, A.; BIONDI, A.; POMAR, P. E. R. Uma empresa chamada FIA. **Revista ADUSP**, São Paulo, mar. 2001. Dossiê, p. 79.

90 BIONDI, A.; CHRISPIANO, J.; POMAR, P. E. R. Convênio com INMETRO garante 1/3 das receitas da Vanzolini. **Revista ADUSP**, São Paulo, set. 2001. Dossiê, p. 46.

91 FRANKLIN, F. FDTE gera total de R\$ 10 milhões para docentes em 2000. **Revista ADUSP**, São Paulo, dez. 2001. Dossiê, p. 122.

tência das fundações era a agilidade que “mecanismos específicos” fornecem para o desenvolvimento de projetos⁹².

Em relação ao argumento de que as fundações promoviam a privatização dos espaços universitários, o professor Simão Davi Silber, que na época era presidente da FIPE, declarou à Revista: “Estamos socializando o recurso privado e levando para a USP. Privatização seria se estivéssemos pegando o dinheiro público e levando para o privado⁹³”. Para legitimar o funcionamento das fundações, o professor Roberto Celso Fabrício Costa, então presidente da FUVEST, afirmou que o crescimento desordenado das fundações seria uma consequência dos baixos salários recebidos pelos docentes e de cortes sucessivos nos orçamentos da universidade⁹⁴. Sobre a perda de produtividade por partes dos professores ligados às fundações, para o professor Eduardo Vasconcellos, então presidente da FIA, é justamente o oposto que acontece: “As fundações estimulam uma permanência maior dos docentes em tempo parcial e completo nas instalações do Departamento, facilitando o contato com os alunos e maior dedicação à elaboração de publicações⁹⁵”.

Além dos docentes da USP diretamente envolvidos com as fundações existem autores que enxergam com bons olhos a integração da universidade com a iniciativa privada, bem como defendem a universidade como um importante agente para o desenvolvimento do capitalismo local.

O professor de economia da Universidade Federal de Itajubá Tulio Chiarini e a pesquisadora da mesma universidade Karina Pereira Vieira consideram o progresso técnico como sendo essencial para o desenvolvimento e crescimento da economia local. Além disso, consideram que o conhecimento científico e tecnológico necessário para este fim precisa acontecer endogenamente na produção local, sendo, portanto, função dos agentes públicos promover políticas para o seu desenvolvimento. Outro conceito aceito pelos autores é o de *catch-up*, que pode ser compreendido como o impulso que levaria os países menos desenvolvidos a alcançarem os mais desenvolvidos. Como o *catch-up* pode ser acelerado pela pesquisa científica e tecnológica, a Universidade exerceria um papel importante neste processo. Para Chiarini e Vieira, a Universidade, fonte de conhecimentos e capital humano, é entendida como

92 BIONDI, A.; CHRISPIANO, J.; POMAR, P. E. R. Convênio com INMETRO garante 1/3 das receitas da Vanzolini. **Revista ADUSP**, São Paulo, set. 2001. Dossiê, p. 46.

93 CASTANHEIRA, A.; BIONDI, A.; POMAR, P. E. R. Fundações demais, transparência de menos. **Revista ADUSP**, São Paulo, mar. 2001. Dossiê, p. 73.

94 CASTANHEIRA, A. FUSP e FUVEST nasceram ligadas à Reitoria. **Revista ADUSP**, São Paulo, mar. 2001. Dossiê, p. 77.

95 CASTANHEIRA, A. BIONDI, A.; POMAR, P. E. R. Uma empresa chamada FIA. **Revista ADUSP**, São Paulo, mar. 2001. Dossiê, p. 46.

uma instituição cujo papel social vai além de formar uma sociedade mais ‘iluminada’, mas é responsável pelo processo de criação e disseminação, tanto de novos conhecimentos quanto de novas tecnologias, através de pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento e engenharia [...] Além disso, as universidades são responsáveis por pesquisas que são aplicadas diretamente no setor produtivo, gerando ganhos competitivos para as empresas que conseguem transformar o conhecimento científico em inovações tecnológicas em âmbito industrial (CHIARINI; VIEIRA, 2012, p. 118).

No Brasil, de acordo com os autores, são raras as universidades privadas que se dedicam à pesquisa e, mesmo entre as públicas, a produção científica é desigual. Como o interesse das empresas privadas e do setor público pelo sistema de pesquisa e estrutura institucional oferecidas pelas universidades é incipiente, é necessário um estímulo para o desenvolvimento da relação entre universidades (públicas) e empresas. Essa relação forma, de acordo com os autores, um Sistema de Inovação, que será fraco caso a dinâmica do mercado seja pouco compreendida. Em síntese,

A relação universidade-empresa, em um Sistema de Inovação, fomenta transbordamentos de conhecimento provenientes da pesquisa e desenvolvimento (P&D), corporificando-se em novos produtos e/ou novos processos. Além disso, as universidades promovem a formação e o aprimoramento de profissionais, através de treinamentos, capacitando-os a trabalhar de acordo com a demanda das empresas, sendo ainda o único local para treinamento de especialistas em número suficiente para sustentar as ciências, medicina, tecnologia e sistemas de comunicação globalizados (Nowotny, 2001). Dessa forma, as universidades, por si só, ao formarem pessoas qualificadas, influenciam a capacidade de absorção de conhecimentos pela sociedade, ou seja, elevam a capacidade da sociedade compreender tecnologias e conhecimentos externos (não produzidos nela) e, conseqüentemente, aumentam a capacidade da sociedade utilizar esses conhecimentos. Isso possibilita que a sociedade seja capaz também de produzir novos conhecimentos e não apenas agir como mera copiadora ou absorvedora do que as universidades criam (Rosenberg e Nelson, 1994, Pavitt, 1991, Nowotny, 2001) (*Ibidem*, p. 119).

De acordo com Chiarini e Vieira, um dos principais problemas das universidades brasileiras e, conseqüentemente, do Sistema de Inovação do país, é o capital humano presente nessas instituições, que é majoritariamente atuante nas áreas de Ciências Humanas, Sociais Aplicadas, Letras, Artes e Educação, apesar da maior parte dos recursos financeiros investidos serem destinados aos cursos de Engenharia. Em 2008, os alunos matriculados nas áreas das humanidades correspondiam a 66,4% do total, enquanto que os cursos de Engenharia contavam apenas com 4,6% dos universitários matriculados. A produção científica reflete esse quadro: 37% dos pesquisadores estão ligados às Ciências Humanas, enquanto 13% estão alocados em Engenharia. Esses números são explicados pelos valores necessários para a manutenção de

cursos em humanas serem relativamente baixos e, conseqüentemente, existirem mais cursos abertos para matrículas (*Ibidem*, p. 126).

Os autores concluem que “esta distorção entre alocação de recursos financeiros e recursos humanos afeta diretamente a capacidade inovativa do país. É possível que o Brasil não esteja formando recursos humanos suficientes para competir em mercados avançados em ciência e tecnologia” (*Ibidem*, p. 117).

Flavio Fava-de-Moraes, professor do Instituto de Ciências Biomédicas da USP e Diretor Executivo da Fundação Seade (vinculada à USP) escreveu em 2000 um artigo publicado na Revista São Paulo em Perspectiva (vinculada à Fundação Seade), onde apresentou alguns dados de um estudo estadunidense que analisou a importância do Massachusetts Institute of Technology (MIT) para o desenvolvimento social e econômico dos Estados Unidos⁹⁶. Alguns dos critérios utilizados para análise pelo estudo foram a “integração a projetos de pesquisa inovadora em Universidades ou Institutos; participação em empresas modernas e competitivas; e criação de novas empresas de serviços ou tecnologias avançadas⁹⁷”. O resultado, de acordo com o autor, deve ser considerado como “prova convincente do inquestionável papel socioeconômico que uma boa Universidade oferece para a sociedade e para a nação” (FAVA-DE-MORAES, 2000, p. 8).

Nesta perspectiva (puramente mercadológica), o impacto do MIT é expressivo: “as empresas criadas por seus alunos ou docentes egressos constituem, sozinhas, a 24ª economia mundial. São 4.000 empresas, com 1,1 milhão de empregados e US\$ 232 bilhões de faturamento anual (superior ao PIB de muitos países, como, por exemplo, a Tailândia)”. A estrutura que se criou ao redor da universidade também é um importante fator a se levar em conta, uma vez que surgiu em seu entorno toda uma infraestrutura urbanística com comércios, empresas, hospitais, etc. Para o autor, o sucesso do MIT se explica pelos valores investidos na instituição pelo governo e por setores privados que, na época, destinaram um total de quase meio bilhão de dólares para financiamento de pesquisas, sendo que a iniciativa privada contribuiu com cerca de 30% desse valor (*Ibidem*, p. 8-9). Ao Brasil, caberia o reconhecimento “do quadro real [acerca do papel da universidade na sociedade] para ousar com humildade e exigir que decisões de política científico-tecnológica sejam tomadas conjuntamente pelas Universidades-Governo-Setor Privado (triângulo de Sábato ou tríplice hélice)” (*Ibidem*, p. 11).

96 FAVA-DE-MORAES, FLAVIO. Universidade, inovação e impacto socioeconômico. **São Paulo Perspec.**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 8-11, July 2000. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_art-text&pid=S0102-88392000000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 23 de janeiro de 2019.

97 Nota-se que os critérios apontados pelo autor são todos relacionados a indicadores econômicos e mercadológicos.

Jacques Marcovitch, ex-reitor da USP, em artigo publicado na Revista de Administração em 1999⁹⁸, discutiu a importância das parcerias entre Universidades e iniciativa privada. Em primeiro lugar, o autor citou que as universidades já promoviam uma série de acordos com empresas, que vão de desenvolvimento tecnológico industrial e agropecuário que visavam diminuir os gastos do Governo Federal, até o desenvolvimento de dois terços dos projetos apoiados pela Lei nº 8.248/91, que dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação (MARCOVITCH, 1999, p. 14).

Após apontar as especificidades da empresa privada (agilidade, curto prazo para desenvolvimento, etc) e dos docentes universitários (correção de provas, preparação de aulas, publicações, orientações dos alunos, etc), Marcovitch afirmou que “a universidade precisa encontrar a forma certa de relacionar-se com o setor produtivo, [e] este deve saber como solicitar a cooperação da universidade. É necessária a *intervenção de agentes que articulem melhor essa interface e valorizem a interdisciplinaridade*” (*Ibidem*, p. 15. *Grifos nossos*), uma clara alusão ao papel desempenhado pelas fundações nas universidades.

Outra passagem pertinente ao que discutimos aqui é o trecho onde Marcovitch caracterizou aqueles que se opõem ao modelo universitário que ele preconiza:

A verdade é que alguns colegas, felizmente a minoria, valorizando de modo equivocado os méritos dessa área [da pós-graduação], a querem intocável, sacralizada, imune às exigências da contemporaneidade. Aí se inscreve o erro de considerá-la descolada inteiramente do mundo do trabalho. [...] Não se justifica, em hipótese alguma, qualquer subordinação dos projetos de doutorado e mestrado a interesses empresariais. A universidade e a empresa são regidas por valores absolutamente próprios e distintos. São diferentes os seus ciclos de tempo, os seus objetivos e as suas motivações. No entanto, é necessário que haja uma complementaridade entre elas, em *proveito do todo social*. Nessa perspectiva, a Pós-Graduação não está isenta de compromissos que vão além dos muros da universidade. Ela, sem abrir mão do rigor científico e dos seus ciclos próprios, *deve principalmente servir ao País* (*Ibidem*, p. 16. *Grifos nossos*).

Em primeiro lugar, é importante frisar que essa citação traz uma espécie de “acusação” de que os professores que relutam em aceitar que a universidade trabalhe em proximidade da iniciativa privada estão “descolados do mundo do trabalho” e, portanto, da sociedade. Em segundo lugar, há a pressuposto de que o *proveito do todo social* e as formas de *servir ao país* estão unicamente associadas com o mercado de trabalho e com a produção capitalista, conforme veremos adiante.

98 MARCOVITCH, J. A cooperação da universidade moderna com o ramo empresarial. **Revista de Administração**, v. 34, n. 4, p. 13-17, 1999. Disponível em <<http://200.232.30.99/download.asp?file=3404013.pdf>>. Acesso em 23 de janeiro de 2019.

Por fim, citaremos o artigo de Andréa Paula Segatto-Mendes, formada na FEA e Professora Adjunta do Departamento de Administração Geral e Aplicada (DAGA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Roberto Sbragia, também formado pela FEA e Professor Titular da mesma faculdade. Publicado em 2002 na Revista de Administração⁹⁹, o texto procura demonstrar que a cooperação entre universidades e empresas é “arranjo interinstitucional” que aparece como uma tendência mundial e responde contexto de rápida transformação tecnológica. De acordo com os autores, os benefícios dessa parceria “estendem-se para o País por meio de [um] setor industrial mais competitivo, pesquisa de melhor qualidade, setor acadêmico com maior estabilidade na execução de pesquisas, maiores e mais rápidas inovações tecnológicas e fortalecimento da economia nacional” (SEGATTO-MENDES; SBRAGIA, 2002, p. 59).

Para os autores, existem uma série de empecilhos que entravam o processo de cooperação entre empresas e universidades:

- busca do conhecimento fundamental pela universidade, enfocando a ciência básica e não o desenvolvimento ou a comercialização;
- extensão do tempo do processo;
- visão de que o Estado deve ser o único financiador de atividades universitárias de pesquisa, para garantir a plena autonomia dos pesquisadores acadêmicos e a liberdade de publicação dos conhecimentos científicos, bem como para evitar a distorção que pesquisas encomendadas poderiam provocar nos objetivos maiores da missão da universidade;
- ausência de instrumentos legais que regulamentem as atividades de pesquisa envolvendo universidades e empresas, concomitantemente;
- filosofias administrativas das instituições;
- grau de incerteza dos projetos;
- carência de comunicação entre as partes;
- instabilidade das universidades públicas;
- falta de confiança na capacidade dos recursos humanos, por parte de ambas as instituições;
- excesso de burocracia das universidades (*Ibidem*, p. 60).

É interessante notar aqui que alguns elementos considerados por Segatto-Mendes e Sbragia como empecilhos também são apontados pelos nacionalistas tecnológicos como tal. A busca pelo conhecimento fundamental e pela pesquisa básica, conforme vimos anteriormente, é criticado por Sérgio Teixeira e Carlos Mammana. Apesar de as dificuldades apontadas por Segatto-Mendes e Sbragia, os autores propõe algumas soluções. Uma delas é a atuação do governo através do já citado Triângulo de Sábato. Outra possibilidade, apontada também por

99 SEGATTO-MENDES, A. P.; SBRAGIA, R. O processo de cooperação universidade-empresa em universidades brasileiras. **Revista de Administração**, v. 37, n. 4, p. 58-71, 2002. Disponível em <<https://www.science-direct.com/science/article/pii/S1809203916303035>>. Acesso em 23 de janeiro de 2019.

Jacques Marcovitch, é a existência de *intermediadores* para o processo de cooperação, papel assumido pelas fundações de apoio (*Ibidem*, 2002, p. 61).

Através de questionários submetidos a empresas e universidades, Segatto-Mendes e Sbragia constataram que as principais motivações que levam a universidade a firmar um acordo de cooperação com a iniciativa privada são: realização da função social da universidade, obtenção de conhecimentos práticos sobre problemas existentes e incorporação de novas informações aos processos de ensino e pesquisa (SEGATTO-MENDES, A. P.; SBRAGIA, R., 2002, p. 69).

A luz do exposto a respeito da utilização do modelo de fundações, podemos tirar algumas conclusões. A partir da fala de Edith Ranzini com a qual abrimos essa subseção, é possível afirmar que a atuação de fundações privadas em universidades públicas constituíram-se desde o seu surgimento como um problema que veio sendo discutido pelos docentes universitários. Porém, foi a partir do início dos anos 2000 que o assunto foi mais debatido através de publicações científicas, algumas das quais trouxemos para este debate. É provável que o elevado volume de publicações encontradas neste período a respeito do assunto tenha se dado devido ao crescimento acentuado do número de fundações que surgiram na Universidade de São Paulo e pelas mudanças que elas provocaram em seus campi.

A primeira conclusão que podemos chegar a respeito deste debate diz respeito à origem acadêmica daqueles que criticam ou aceitam a atuação das fundações nas universidades. Os autores que citamos mais próximos das ciências humanas possuem uma visão de universidade que se mostrou incompatível com o modelo defendido pelos demais, ligados sobretudo aos cursos de economia e administração: para o primeiro grupo, o papel da universidade é o de fazer a crítica do sistema econômico e social instituído e pensar na sua atuação enquanto agente emancipador da sociedade; o segundo grupo, no qual enquadraríamos os nacionalistas tecnológicos, aceita como um dado concreto e talvez indiscutível a inserção da universidade em uma sociedade capitalista sujeita às pressões do mercado. A partir daí, eles buscam contribuir para a construção de uma sociedade economicamente mais favorável para o país. É importante salientar que essas visões são, a princípio, incomensuráveis, pois partem de pressupostos distintos. O primeiro grupo busca a crítica e talvez a superação do atual sistema socioeconômico enquanto o segundo busca acomodar-se a ele da maneira mais vantajosa a todos os membros da sociedade.

Essa incomensurabilidade está presente principalmente no artigo de Segatto-Mendes e Sbragia, que apontam como “empecilhos” aquilo que para os autores ligados às ciências humanas é o que constitui uma verdadeira universidade. Ao afirmar que “busca do conhecimento fundamental pela universidade, enfocando a ciência básica e não o desenvolvimento ou a comercialização” é um elemento dificultador para a cooperação entre universidades e empresas, os autores batem de frente com a defesa que Leopoldo e Silva fez a respeito da pesquisa básica, considerada pelo autor como o aspecto universitário que influencia diretamente na melhoria da vida da população, uma vez que ela não atende aos interesses imediatos do mercado financeiro. Da mesma forma, a longa “extensão do tempo do processo” de pesquisa que, para a empresa, atrapalha o seu planejamento, é a raiz da crítica de Chaui ao encurtamento do tempo para o desenvolvimento das pesquisas nas universidades. Para Chaui, essa rapidez exigida pelo mercado atrapalha o processo formativo do indivíduo, o que é, para a autora, a principal função da universidade.

Quando Segatto-Mendes e Sbragia apontam que a visão de Estado enquanto único financiador da universidade é uma barreira para a participação das empresas, ela se posiciona contrariamente aos mecanismos encontrados por Chaui e Leopoldo e Silva para garantir a autonomia institucional e a independência dos estudos. Esses pontos elucidam como ambos os grupos se entrincheiraram em campos opostos com projetos próprios para a universidade e, consequentemente, para a sociedade.

A segunda conclusão vem na esteira dessa polarização e diz respeito aos ataques proferidos aos “adversários”, ou seja, aqueles que possuem projetos diferentes. O primeiro grupo acusa o segundo de privatista, de dar o bem público às empresas privadas em troca de benefícios salariais e infraestruturas acadêmicas mais modernas (que obviamente implicaria em maiores fontes de investimento). Essa crítica está presente principalmente no dossiê publicado pela Revista ADUSP, ou seja, em um veículo ligado à associação de classe dos docentes da USP. Por outro lado, é possível observar que o segundo grupo acusa o primeiro de tentar manter a sacralidade do ensino e pesquisa apartado da sociedade, ou seja, sem responder aos anseios dos cidadãos, que clamam por uma vida melhor através de sua formação profissional.

O mesmo movimento é feito por parte da bibliografia relacionada a história da informática no Brasil ao se referirem aos nacionalistas tecnológicos. Conforme detalhado na nota de rodapé número 1, Peter Evans considerava que esses profissionais influenciaram as políticas públicas para o setor devido sobretudo a frustração que sentiam por não existir no Brasil uma indústria em que pudessem atuar.

É interessante notar que essas acusações possuem em comum a visão do outro como um ser egoísta, que não pensa no “bem maior” da sociedade. Quando o primeiro grupo é visto como separado da sociedade a visão intrínseca é a de que ele ignora as necessidades dos outros. Quando o segundo grupo é acusado de estar preocupado apenas com o próprio salário e com as suas infraestruturas de pesquisa, ele também é retratado como um indivíduo que não se preocupa com os demais, pois “rifa” o bem público em prol dos benefícios individuais. Da mesma forma, para Evans, quando os nacionalistas tecnológicos buscaram criar uma política nacional de informática, eles o fizeram porque estavam frustrados em não conseguirem trabalhos adequados à sua formação. Ao que parece, o “outro”, independente de quem seja, é sempre composto por indivíduos que não possuem a consciência do bem comum, o que a princípio deslegitima a sua demanda.

Acreditamos que a acusação simplista a respeito do “egoísmo” do adversário acontece como um paralelo cotidiano do mesmo referencial teórico responsável pelo modelo narrativo da *difusão* da ciência na sociedade. Assim como esse modelo apela para a divisão da ciência e da tecnologia de um lado e da sociedade do outro, sendo que o primeiro é indiscutivelmente melhor por estar livre das contaminações do segundo, a acusação de “egoísmo” serve para ressaltar a contaminação por parte de interesses pessoais que impedem o outro de enxergar imparcialmente o “bem comum”. Em ambos os grupos, apesar dos diferentes pressupostos, o “bem comum” seria uma opção muito clara a ser seguida e, se não é vista pelo “outro” desta forma, é porque o “outro” ou é “egoísta” ou está contaminado por alguma coisa que o impede de enxergar a Verdade. Para Paul Ricoeur, essa “coisa” é uma das acepções da ideologia¹⁰⁰.

O apego a essa acusação faz com que ambos os grupos ignorem que seus adversários, assim como eles próprios, possuem *inter-esses* por um projeto social, do qual a universidade faz parte, que procura construir uma sociedade mais justa a todos os seus cidadãos. Chaui exige que a universidade *forme* indivíduos críticos capazes de propor soluções que visem repensar a sociedade atual, que é excludente. Segatto-Mendes e Sbragia apontaram que o cumprimento da “função social da universidade” é o fator que mais motiva os acordos de cooperação com a iniciativa privada. A função social é vista por esses atores como modificações de aspectos sociais com o objetivo de melhorar a vida da população, dado o diagnóstico inicial de que a sociedade atual não atende às necessidades de todos e, portanto, é excludente. A visão *a priori* dos indivíduos envolvidos neste debate determina o papel que a universidade deve exercer

100 RICOEUR, P. *Ideologia e utopia*, Lisboa, Edições 70, 1991.

na sociedade e, portanto, diz qual os *inter-esses* que esses mesmos autores possuem por ela. O primeiro grupo acredita que o sistema socioeconômico precisa ser criticado visando a criação de uma sociedade igualitária. O segundo acredita que o mesmo sistema pode ser aperfeiçoado para que se atinja uma sociedade mais avançada. Não há egoísmo aqui, há visões de mundo diferentes, todas objetivando o *bem comum*, que, obviamente, não é evidente a todos, apenas aqueles que estão inseridos dentro de uma mesma rede sociotécnica. Há, portanto, um paralelo em menor escala do confronto entre Boyle e Hobbes. Não negamos que o fato das fundações elevarem consideravelmente a situação material das faculdades e seus docentes influencia em sua manutenção. Mas, ao nosso ver, reduzir o debate a esse aspecto apaga uma parte importante das motivações dos atores envolvidos com as fundações, que é justamente buscar uma sociedade mais igualitária a partir do desenvolvimento tecnológico. Tese que, como vimos, era defendida também pelos nacionalistas tecnológicos.

Nos anos 1970, a FDTE surgiu como uma maneira de possibilitar o trabalho conjunto da iniciativa privada e órgãos públicos com a universidade também pública. Essa máquina, no sentido latouriano, viabilizou projetos como o G-10, que, apesar das grandes dificuldades, acabou sendo industrializado pela Cobra. A Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia surgiu com um objetivo muito pontual: desenvolver a engenharia através de projetos tecnológicos com o apoio da iniciativa privada. Não devemos cobrar dela a crítica ao sistema capitalista, pois este nunca foi o seu objetivo. Essa afirmação, contudo, não impossibilita que a universidade cumpra o seu papel de formação crítica e de transformação socioeconômica. Da forma como o diálogo foi estruturado até o momento, não há compatibilidade de ideias. Contudo, é necessário um esforço para o diálogo entre estes grupos, pois a universidade constitui-se como um espaço coletivo com múltiplos interesses e objetivos que precisam conviver. A bibliografia escrita por autores formados na área de humanas, grosso modo, tende a ver na universidade (assim como na sociedade) um espaço de disputas. A Teoria Ator-Rede sugeriria que enxergássemos esse espaço como um espaço de negociações e acomodações. Caso o espaço público seja utilizado exclusivamente para fins de desenvolvimento de patentes que serão comercializadas e que poderão ser consumidas por poucos, ou seja, caso o modelo de universidade adotado seja uma versão caricaturizada (pelo primeiro grupo) do modelo proposto pelo segundo grupo, é inegável que haverá perdas irreparáveis para a sociedade em geral. Porém não podemos esquecer que os profissionais que são formados pela USP precisarão se submeter à lógica do mercado capitalista, tornando necessárias práticas de ensino e pesquisa que minimamente atendam alguns de seus requisitos. Conforme veremos no capítulo três, a

FDTE desenvolveu projetos que envolveram segurança dos trens em São Paulo. Esse projeto, que foi possível graças à existência da Fundação, certamente trouxe benefícios sociais para todos, mesmo dentro de uma sociedade excludente como a sociedade capitalista.

Sugerimos, que falta a ambos os grupos o trabalho de construção de uma *máquina* (no sentido latouriano) que permita a criação de um novo arranjo que garanta que seus diferentes *inter-esses* sejam acomodados. Da forma como o debate foi realizado até o momento, essa *máquina* é impossível. Ambos os grupos precisam priorizar alguns *inter-esses* em detrimento de outros, objetivando, com isso, a construção de um modelo universitário compartilhado (um *mundo comum*) que permita a produção de trabalhos acadêmicos e/ou tecnológicos de maneira eficiente e que atenda da melhor maneira possível a comunidade na qual se insere.

O objetivo deste capítulo foi criar o panorama social, econômico e das políticas públicas com as quais o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) e o Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) da Escola Politécnica dialogaram ao longo de seus trabalhos. Além disso, exploramos as controvérsias existentes em torno do modelo de fundações para que fosse possível a compreensão dos nossos objetos de estudos não como frutos de um *objetivo* global da universidade, mas como resultados de disputas travadas por atores como determinados *inter-esses*.

As fundações não foram, contudo, responsáveis pelo desenvolvimento dos equipamentos produzidos pelo LSI, apenas por aqueles desenvolvidos pelo LSD. O espaço por nós dedicado ao debate realizado ao redor das fundações não deve ser compreendido como uma valorização deste tipo de financiamento em detrimento do outro. Se a Fundação se apresentou como um modelo controverso, o financiamento recebido pela Poli por parte da FINEP não, uma vez que o objetivo manifesto desta instituição era justamente fomentar a fundo perdido pesquisas voltadas para o desenvolvimento tecnológico. A não existência de controvérsias tornou desnecessária a realização de discussões aprofundadas a respeito dos financiamentos realizados pela FINEP.

Conforme veremos no próximo capítulo, a atuação do LSI em conjunto com a Financiadora possibilitou a criação, entre os pesquisadores do Laboratório, de *expertise* necessária para que fossem desenvolvidos diversos artefatos tecnológicos, muitos empregados no próprio LSI com o objetivo de equipá-lo para a construção de novos artefatos cuja complexidade, anteriormente, inviabilizava sua construção. Desta forma, o LSI deixou de produzir circuitos de

pequena integração, como fazia logo que foi criado, e passou a construir circuitos de integração muito ampla em 1985.

Portanto, LSI e LSD apenas encontraram soluções diferentes para a sua inserção nas políticas nacionais para desenvolvimento científico e tecnológico. Com a reserva de mercado para insumos de informática, aumentaram suas oportunidades para pesquisa e desenvolvimento.

2 O LABORATÓRIO DE SISTEMAS INTEGRÁVEIS E SUA ATUAÇÃO COM A FINEP

2.1 Introdução

No capítulo anterior discutimos a formação dos laboratórios da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo que produziram artefatos de informática que dialogavam com as políticas públicas em prol da ciência e da tecnologia e da política de informática que, naquele momento, começava a ser delineada pela CAPRE. O presente capítulo discutirá exclusivamente as atividades desenvolvidas no Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) a partir dos financiamentos realizados pela FINEP, cuja formação, objetivos e atuação também foram objetos de nossa análise no capítulo 1.

Para compreendermos a estruturação do LSI e sua produção acadêmica/tecnológica, organizamos esse capítulo em 3 seções. A primeira, a título introdutório, discutirá o desenvolvimento da microeletrônica no Brasil e no mundo, passando pelos momentos mais significativos da sua consolidação enquanto área de pesquisa. Nosso objetivo é compreender as especificidades dos artefatos tecnológicos desenvolvidos pelo LSI, bem como suas funções para a sociedade. Na segunda seção, analisaremos a necessidade e as propostas para criação de uma política industrial setorial para a microeletrônica no país. Através das discussões promovidas em *Dados & Ideias* e por atores ligados à universidade, mostraremos as principais questões levantadas no período para a viabilização da indústria de microeletrônica. Neste contexto, a universidade apresentou-se como um dos poucos locais capazes de produzir esse tipo de tecnologia, transgredindo, portanto, a inexistência de uma política setorial. Na terceira seção, discutiremos propriamente os artefatos tecnológicos desenvolvidos no LSI através dos contratos firmados com a FINEP para os chamados Projetos de Subsistemas Integráveis. A seção está dividida em três. Na primeira parte, analisaremos as garantias e exigências por parte da FINEP em relação à USP. Da mesma forma que as fundações constituem-se como *maquinações* para manter juntos interesses diversos, como vimos no capítulo 1, o contrato da FINEP exerce a mesma função. A segunda parte discutirá a produção acadêmica e tecnológica possibilitada pelos contratos firmados. A partir de alguns conceitos da Teoria Ator-Rede, tentaremos compreender como a reserva de mercado impactou no desenvolvimento tecnológico ocorrido no interior da universidade, obrigando pesquisadores a escolher entre a produção de determinadas inovações tecnológicas ou a escolha de padrões internacionalmente estabelecidos de antemão. A última parte da seção, por fim, tratará das

relações estabelecidas entre LSI, FINEP e iniciativa privada. O objetivo é mostrar que, a partir dos projetos desenvolvidos entre os anos de 1980 e 1985, o LSI foi capaz de criar uma infraestrutura adequada para atrair os *inter-esses* da iniciativa privada, que passou a procurar no Laboratório objetos possíveis de serem comercializados.

2.2 A microeletrônica no Brasil e no mundo

Conforme afirmado no capítulo anterior, o Laboratório de Microeletrônica (LME) e o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI), ambos da Escola Politécnica, nasceram da mesma linha de pesquisa na qual João Antônio Zuffo atuava. Ao longo deste capítulo, nos referiremos com frequência a este importante ator. Isso se deu por diversas razões. Sua tese de livre-docência, conforme vimos no capítulo anterior, apresentou a base do que viria a ser o LSI. Zuffo também foi o chefe do Laboratório durante todo o período de nossa análise, sendo ainda o responsável pelo desenvolvimento dos Projetos de Subsistemas Integráveis. Todos os trabalhos produzidos pelo LSI, de alguma forma, passavam por suas mãos. Além disso, Zuffo publicou diversos livros e compêndios sobre microeletrônica, influenciando não só as atividades desenvolvidas no LSI, mas, de certa forma, indivíduos de várias instituições que tiveram contato com as suas obras. Por fim, Zuffo trabalhou como um dos consultores que auxiliaram a Secretaria Especial de Informática (SEI) a desenvolver algum tipo de política para microeletrônica.

A história do LSI e do LME estão intrinsecamente conectadas. De fato, o LSI surgiu a partir da realização de pesquisas que são desdobramentos de questões relacionadas à microeletrônica. Grosso modo, podemos definir os estudos de microeletrônica como o desenvolvimento de pequenos circuitos montados em pastilhas de materiais semicondutores. Esses componentes são conhecidos como *Circuitos Integrados* (CIs) ou como *chips* em inglês. Quando colocados para trabalhar juntos, em série, são capazes de atuar para a realização, por exemplo, de processamento de dados ou de armazenar informações. Por sua vez, um sistema integrado busca desenvolver equipamentos para a realização de determinadas atividades tendo como base a utilização dos *chips* microeletrônicos. Os objetos de estudo tanto do LSI quanto do LME, portanto, se confundem, tornando impossível falar de sistemas integráveis de maneira separada da microeletrônica. De fato, como veremos, diversos trabalhos realizados pelo LSI estão diretamente relacionados com o desenvolvimento de técnicas voltadas para a produção de *chips*.

Ao longo deste texto, empregaremos as palavras eletrônica e microeletrônica frequentemente, o que torna necessário precisá-las. Uma boa definição para eletrônica encontra-se no artigo publicado pelo BNDES em 2001 por Paulo Roberto de Sousa Melo, Evaristo Carlos Silva Duarte Rios e Regina Maria Vinhais Gutierrez (respectivamente, gerente e engenheiros da Gerência Setorial do Complexo Eletrônico do BNDES). No artigo, a microeletrônica é sistematizada como uma tecnologia que trata do movimento das cargas elétricas no gás, no vácuo ou em um semicondutor. O termo tem origem em “elétron”, designação dada para “ondas eletromagnéticas que se propagam no espaço como cargas discretas” (MELO *et al.*, 2001, p. 7). Por sua vez, a microeletrônica advém da miniaturização dos componentes eletrônicos através dos CIs (*Idibem*, p. 10). Eletrônica e microeletrônica são termos equivalentes, embora o segundo marque especificamente a criação de circuitos muito pequenos.

A história da microeletrônica é um dos objetos analisados pelo historiador Francisco Assis de Queiroz, cujo livro *A Revolução Microeletrônica* (2017) foi publicado a partir de sua tese de doutorado apresentada no Departamento de História da Universidade de São Paulo. Analisando uma série de episódios que envolvem o desenvolvimento ou a apropriação da tecnologia no Brasil, Queiroz debate desde o imaginário da utopia científica (ou de ficção científica, uma vez que o autor afirma não diferenciar os conceitos), que projeta no futuro uma sociedade modificada pela tecnologia, até os casos como o do padre Roberto Landell de Moura, que conduziu alguns experimentos com emissão de ondas de rádio em São Paulo no final do século XIX e de Luzia Rennó Moreira, responsável pela criação da primeira escola técnica de eletrônica (ETE) em Santa Rita do Sapucaí, interior do estado de Minas Gerais. Com base nessas informações, uma das importantes conclusões formuladas pelo autor foi a de que a elite brasileira, embora nunca tenha demonstrado a valorização da produção tecnocientífica local, como mostra o episódio do Padre Landell, sempre mostrou entusiasmo em relação ao que era desenvolvido no exterior. Tal afirmação é observada, por exemplo, no fato de o Brasil ter sido um dos primeiros países a contar com telefones fixos e televisores. No entanto, de maneira contrária ao projetado por muitas utopias tecnológicas, o emprego da tecnologia no país, longe de trazer melhorias para a vida de seus cidadãos (como na educação, por exemplo), agravou as desigualdades que dividem a população mais pobre da população mais rica.

É justamente a partir do enfoque crítico que pensa no emprego da tecnologia enquanto instrumento social que Francisco Queiroz discutiu a revolução microeletrônica mundial e a indústria de microeletrônica no Brasil.

Considerando o desenvolvimento e a massificação da utilização da eletrônica como a Terceira Revolução Industrial, Queiroz situou o seu apogeu na década de 1970, momento em que a indústria brasileira produzia majoritariamente insumos oriundos da segunda revolução industrial, conforme apontado no capítulo 1. O advento da eletrônica mexeu com os paradigmas de produção, do trabalho, do lazer, etc e, apesar de, naquele momento, já estar em desenvolvimento há décadas, de acordo com Queiroz, não foi percebido no Brasil com a atenção e empenho com o qual foi recebido em outros países. Para o autor,

Foi a eletrônica que provocou uma verdadeira revolução, sob vários aspectos, sobretudo com a “invenção” do transistor, marco das grandes mudanças propiciadas pela miniaturização e precisão crescentes de componentes e equipamentos para usos diversos, da produção industrial ao uso militar, lazer, etc (QUEIROZ, 2007, p. 54).

Foi a partir do emprego do transistor em substituição às válvulas¹ que iniciou-se a chamada “segunda geração de grandes computadores”². Até então, os computadores existentes operavam com válvulas do tamanho de lâmpadas, tornando-os artefatos pesados e de grandes dimensões. Além disso, essas válvulas não eram confiáveis, pois queimavam com facilidade e precisavam ser substituídas frequentemente. Essa situação fazia com que empresas envolvidas com a eletrônica, bem como setores militares, buscassem alternativas capazes de fazer o papel que as válvulas faziam: controlar o fluxo de elétrons³. Na maioria das vezes, esse controle se dava amplificando o seu sinal e simplesmente deixando-o passar para o componente seguinte, embora por vezes seria necessário interrompê-lo para assim direcioná-lo para um caminho específico.

Na década de 1930, Mervin Kelly, do Bell Telephone Laboratories (Bell Labs), departamento de pesquisas da empresa de telecomunicações norte-americana AT&T fundado em 1925, decidiu formar um grupo de pesquisas cujo objetivo era conduzir estudos para a criação de um dispositivo de estado sólido⁴ capaz de controlar com maior precisão o fluxo de elétrons,

-
- 1 De acordo com o estudo de Melo, Rios e Gutierrez, a válvula foi concebida em 1904 como um dispositivo de dois elementos denominado *diodo*, que era formado por um fio metálico (filamento) próximo de uma placa de metal, ambos no vácuo criado por uma redoma de vidro. Quando aquecido, o filamento (catodo) emitia elétrons que se dirigiam à placa (anodo). Quando se aplicava uma tensão positiva entre o anodo e o catodo, uma carga de energia elétrica era gerada. Sob tensão negativa, a corrente se extinguia. A válvula era, portanto, unidirecional, na medida em que a carga só passava quando aplicada energia positiva (MELO *et al.*, 2001, p. 8).
 - 2 FONSECA FILHO, C. História da computação [recurso eletrônico]: O Caminho do Pensamento e da Tecnologia. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007, p. 123.
 - 3 FARIAS, G. Introdução à Computação. 1.2. As gerações dos computadores. Disponível em <<http://producao.virtual.ufpb.br/books/camyle/introducao-a-computacao-livro/livro/livro.chunked/ch01s02.html>>. Acesso em 19 de fevereiro de 2019.
 - 4 BRINKMAN, W. F.; HAGGAN, D. E.; TROUTMAN, W. W. A history of the invention of the transistor and where it will lead us. **IEEE Journal of Solid-State Circuits**. Leuven, Belgium, 32 (12), p. 1858-1865, Dezembro 1997.

tal qual faziam as válvulas. Para isso, estudava-se as propriedades de diferentes metais semicondutores, às vezes combinando-os de variadas formas com o objetivo de verificar quais eram os mais adequados a realização de determinada função. Conforme veremos adiante, ao lermos livros ou artigos de microeletrônica, percebemos que essa tecnologia era composta por diversas estratégias de negociação entre humanos, que buscam direcionar os elétrons para a realização de determinadas atividades, e os elétrons, não-humanos que resistem constantemente a este controle e precisam ser forçados pelos humanos a agirem de determinada maneira.

Realizando estudos com semicondutores de silício e germânio, a equipe dos Bell Labs, em especial o físico John Bardeen, teorizou através de cálculos simples que a aplicação de uma determinada voltagem em um semicondutor, alteraria sua condutividade devida a existência de estados de superfície (*surface states*), condição que precisava ser controlada. Em outras palavras, a energia que entrava no dispositivo não era a energia que saía. Bardeen e seu colega, o também físico Walter Houser Brattain, começaram a trabalhar em formas para reduzir esse efeito e assim criar um dispositivo que pudesse ser empregado na produção de novos artefatos⁵.

O historiador Eric Hobsbawm classificou, em seu livro *A Era dos Extremos*, as ciências que deram origem a diversas “tecnologias práticas” como ciências “esotéricas” e “incompreensíveis” para aqueles que estavam fora dos círculos que as produziam. Embora Hobsbawm não tenha especificado quais ciências eram estas, ele provavelmente se referia a física e a química. O autor reconheceu que havia grande interesse dos “leigos” em compreender aquilo que os cientistas produziam, porém, especificamente no momento em que a equipe dos Bell Labs desenvolvia as suas atividades, a quantidade crescente de novos conhecimentos e o aumento de especializações, fazia com que mesmo os cientistas “precisassem de cada vez mais publicações para explicar uns aos outros o que se passava fora de seus respectivos campos” (HOBWBAWM, 1995, pps. 508-509). Como exemplo de uma tecnologia pertencente as ciências esotéricas, Hobsbawm cita os transistores, afirmando que os mesmos surgiram como “subproduto de pesquisas na física de estado sólido, isto é, as propriedades eletromagnéticas de cristais ligeiramente imperfeitos” (*Ibidem*, p. 508).

A invenção do transistor se deu em dezembro de 1947, quando Bardeen e Brattain produziram nos Laboratórios Bell um primeiro protótipo que fosse funcional. Esses físicos criaram um efeito similar ao unidirecional produzido pela válvula (ver nota 2 do presente ca-

5 *Ibidem*.

pítulo) quando utilizaram dois fios de ouro que, aproximados de uma placa de germânio, geraram uma diferença de potencial elétrico, situação que indicava o fluxo de cargas. O dispositivo, que atuava como um “amplificador” ganhou o nome de *transistor*, palavra originada da junção das palavras *transfer* e *resistor*, ou seja, transferência e resistência (MELO *et al.*, 2001, p. 9).

Inicialmente, setores militares dos Estados Unidos, que financiavam pesquisas dos Bell Labs, tentaram classificar a invenção como secreta e, durante seis meses, a equipe precisou lidar com essa situação ao mesmo tempo em que registrava todas as patentes necessárias para conseguir proteger sua criação antes de torná-la pública (BRINKMAN *et al.*, 1997, p.0 1859-1860).

O envolvimento dos militares nos laboratórios, somado à crescente quantidade de conhecimento “esotérico” publicado pelos cientistas ligados às universidades, é uma continuação da estratégia de pesquisas e desenvolvidos adotados durante a Segunda Guerra Mundial. De acordo com Hobsbawm,

A experiência de pesquisa no tempo da guerra, em 1939-46, [...] demonstrou – pelo menos aos anglo-americanos – que uma esmagadora concentração de recursos podia resolver os mais difíceis problemas tecnológicos num tempo provavelmente curto, estimulou o pioneirismo científico, independentemente dos custos para fins bélicos ou de prestígio nacional [...]. Isso, por sua vez, acelerou a transformação da ciência de laboratório em tecnologia, parte da qual revelou ter um amplo potencial para o uso diário (HOBWBAM, 1995, p. 509).

Especificamente a respeito das pesquisas em eletrônica e sua relação com os setores militares, Francisco Queiroz afirmou que “os estreitos laços entre o desenvolvimento tecnológico e a guerra acompanham de maneira inequívoca o desenvolvimento da eletrônica, que dela recebe forte impulso, junto com considerável apoio econômico governamental” (QUEIROZ, 2007, p. 62-63). No caso do Brasil, conforme exposto anteriormente, o projeto para o desenvolvimento de um computador nacional para fins comercial, o FUNTEC-111, que daria origem ao G-10, também nasceu da relação entre instituições de pesquisa (neste caso, a Poli da USP e o PUC-Rio), com interesses militares (através do capitão de fragatas Guarany) e grandes somas de recursos públicos (a FUNTEC através do BNDE). Da mesma forma, diversas passagens das histórias da informática mundial contam com a participação ativa dos militares, como por exemplo a rede ARPA (ARPANET, em inglês), precursora da internet. Desta forma, não é exagero afirmar que sem as motivações oriundas das guerras e das necessidades que a ela acompanham, o panorama da eletrônica e da informática mundial seria, hoje, outro.

As pesquisas que precederam e possibilitaram o desenvolvimento do transistor é um exemplo contundente a este respeito. De acordo com Brinkman, Haggan e Troutman, o “status” da eletrônica de estado sólido não mudou muito durante a Segunda Guerra Mundial, exceto em áreas que poderiam influenciar na precisão dos radares, daí a realização de esforços para melhoria de materiais de silício e germânio, desenvolvido principalmente por cientistas dos Radiation Labs, pertencente ao Massachusetts Institute of Technology (MIT). Os autores explicam que

O radar inicial foi baseado em frequência relativamente baixa ou comprimento de onda longa. Descobriu-se que os aviões podiam ser localizados de maneira geral, mas não com precisão considerada suficiente para fazer contato visual, o que era especialmente importante devido as más condições do tempo no Canal da Mancha, e logo ficou óbvio que, para obter o tipo de resolução era necessário um radar de maior frequência ou menor comprimento de onda. Os problemas oriundos dos comprimentos de ondas mais curtos levaram os desenvolvedores de sistemas a centrarem seus estudos na região dos giga-hertz⁶, tornando necessária a procura por detectores de estado sólido de menor capacitância (BRINKMAN *et al.*, 1997, p. 1859. Tradução nossa).

Posteriormente, a equipe que atuava nos Radiation Labs pediu para cientistas ligados a Purdue University, localizada em West Lafayette, Indiana, Estados Unidos, desenvolverem um programa que visava o aprimoramento dos cristais de silício e germânio. Uma vez publicados, esses trabalhos acabaram por alimentar as ideias de John Bardeen a respeito dos estados de superfície (*Ibidem*, 1997, p. 1859). Cabe salientar que, de acordo com Queiroz, “o radar foi fundamental durante o segundo conflito [a Segunda Guerra Mundial], decisivo para a vitória dos ingleses sobre os alemães, na Batalha da Inglaterra” (QUEIROZ, 2007, p. 63).

Uma vez desenvolvido o transistor, os Bell Labs convocaram, em 30 de junho de 1948, uma coletiva de imprensa em Nova York para apresentar ao mundo o novo artefato, que naquele momento foi utilizado em um dispositivo capaz de amplificar vozes humanas. Inicialmente, o transistor foi praticamente ignorado pelo grande público, tendo o jornal *The New York Times* dedicado a ele um pequeno artigo em sua contra página (BRINKMAN *et al.*, 1997, p. 1860).

A amplificação da voz utilizada para a demonstração do transistor é um bom exemplo para o público leigo de uma das potencialidades que os elétrons poderia trazer: amplificar sinais de baixa potência (DANTAS, 1989, p. 8). Contudo, aumentar vozes humanas era apenas uma das possíveis aplicações para o transistor. A miniaturização de dispositivos que fazi-

6 O hertz é a unidade de medida de frequência. Afirmar que os pesquisadores precisaram olhar para a região dos giga-hertz significa afirmar a orientação dos estudos para ondas de comprimento em bilhões de hertz.

am as mesmas funções das válvulas permitiu a integração de vários componentes em uma única pastilha. É o que aponta o jornalista Marcos Dantas, salientando que essa integração gerou os primeiros Circuitos Integrados (CIs) citados por nós anteriormente a título de introdução. De acordo com o autor,

Nos Estados Unidos e na Europa, as primeiras pesquisas com materiais semicondutores começaram nos anos 20, delas resultando diretamente a invenção do transistor. Em 1959, os engenheiros norte-americanos Robert Noyce (da Fairchild) e Jack Kilby (da Texas Instruments) lograram obter processos capazes de reunir vários transistores numa única pecinha de silício: o circuito integrado (DANTAS, 1989, p. 47).

A afirmação de Dantas dá a atender que os CIs são compostos apenas de transistores, mas essa afirmação não está inteiramente correta. Os circuitos integrados são compostos por dezenas (hoje bilhões) de componentes que, além de transistores, são diodos, resistores, condensadores, etc. (QUEIROZ, 2007, p. 63). Não cabe aqui detalhar o funcionamento de cada um deles, mas vale ressaltar que todos estão relacionados ao controle de correntes elétricas que perpassam o dispositivo.

De acordo com Motoyama, outra importante inovação na área ocorreu em 1960, quando Kahng e sua equipe solicitou a patente do transistor Metal-Oxide-Semiconductor (MOS), que hoje é usado como peça fundamental em circuitos integrados em larga escala, conceito que apresentaremos adiante. A partir dessa inovação, foi desenvolvido o processo *planar* de silício (1961) e do circuito integrado MOS (1964), o que possibilitou que um número crescente de componentes fossem integrados, criando dispositivos que realizam diversas funções. Para Motoyama, indubitavelmente, as tecnologias centradas na *epitaxial planar* mudaram a feição da indústria de computadores de forma tão radical como foi com o transistor (MOTOYAMA *et al.*, 1994, p. 423).

Francisco Queiroz afirmou que “a primeira utilização comercial [dos CIs foi] precisamente nos aparelhos para surdos, como queria Bell, a partir de 1963”. Também foi no ano de 1960 que começou-se a falar em “microeletrônica” para se referir a miniaturização provocada pelos CIs (QUEIROZ, 2007, p. 64). J. R. Leite, professor do Instituto de Física da USP, assinalou que no começo dos anos 1960, o instituto fundou o Laboratório de Estado Sólido e Baixas Temperaturas (LEITE, 1998, p. 40). Em 1961, a empresa Fairchild iniciou a fabricação de CI com quatro transistores integrados e, a partir de então, “a capacidade de integração dos circuitos foi em média dobrando anualmente, alcançando nos dias de hoje a espantosa melhoria de mais de um milhão de vezes” (MOTOYAMA *et al.*, 1994, p. 423). No Brasil, em 1968, como vimos, foi publicada a tese de doutorado de João Antônio Zuffo e foi também o ano em

que o professor Louis Richard Anderson chegou à Poli, eventos que contribuíram para a fundação do Laboratório de Microeletrônica da USP, o que indica certo interesse brasileiro pelo assunto desde que microeletrônica começou a ser desenvolvida em larga escala nos Estados Unidos.

Conforme exposto no livro *Electrons and Holes in Semiconductors* publicado em 1950 e escrito por William Shockley⁷, as pesquisas com materiais semicondutores foram fundamentais para a construção dos transistores e, posteriormente, dos circuitos integrados. Motoyama afirmou, ainda, que a chave da competição no campo da informática é a investigação dos semicondutores. Desta forma, não é surpreendente que diversos artefatos desenvolvidos no Laboratório de Sistemas Integráveis através dos projetos financiados pela FINEP são justamente na área de semicondutores.

Por outro lado, se o meio acadêmico brasileiro demonstrou interesse rapidamente pela microeletrônica, a indústria local não se moveu na mesma velocidade. Francisco Queiroz afirmou que, enquanto em outros lugares do mundo as ciências atuavam como uma das forças produtivas do capitalismo, no Brasil, “houve pouca ou quase nenhuma aplicação sistemática da ciência e da pesquisa à indústria, exceto em momentos esporádicos e descontínuos, como nos esforços de guerra” (QUEIROZ, 2007, p. 92). Conforme exposto no capítulo 1, via de regra, a indústria nacional limitava-se a importar tecnologia para sua produção ou a montar localmente projetos desenvolvidos no exterior. No caso da indústria de eletrônica, inicialmente seus componentes eram praticamente todos importados dos Estados Unidos.

Queiroz apontou, contudo, a existência de algumas iniciativas isoladas que produziram e venderam ao mercado nacional alguns equipamentos ou pequenos componentes baseados em eletrônica e, posteriormente, microeletrônica. O autor assinala a década de 1920 como aquela que marcou o desenvolvimento e fabricação de receptores feitos por radioamadores, mesmo período em que foram instaladas as primeiras estações de radiodifusão. Na década seguinte, observa-se no país o início da produção em pequenas indústrias de equipamentos voltados para a telecomunicação, como receptores de A.M. ou amplificadores de áudio, principalmente no Rio de Janeiro e em São Paulo. Nas décadas seguintes surgiram outras indústrias, mas o historiador afirmou que estas deixaram de existir entre as décadas de 1960 e 1970.

Entre as firmas nacionais, fabricantes de rádio e/ou TV, destacaram-se a ABC Rádio TV, Invictus, Empire, Corolado, Semp, Artel, Teleking, Zenith, Motorádio, entre outras. Entre as estrangeiras da década de 60, estavam sobretudo as firmas americanas e europeias, como General Electric, Raytheon, Telefunken, Philips e outras [...]. Entre as nacionais que permaneceram no

7 William “Bill” Shockley atuava no grupo dos Bell Labs junto com Bardeen e Brattain.

mercado pode-se citar a Motorádio, a CCE, Gradiente e Semp, por exemplo, esta última associada desde a década de 70 à Toshiba, do Japão. (*Ibidem*, p. 95).

Essas indústrias, ainda segundo Queiroz, fabricavam bobinas, transformadores, resistores, etc., exceto válvulas, que eram importadas até o início dos anos 1950, quando começaram a ser fabricadas localmente pela RCA e IBRAPE, esta última subsidiária da Philips (*Ibidem*)⁸. Neste momento, a pequena indústria de eletrônica nacional não contava com profissionais formados em engenharia que pudessem projetar e desenvolver produtos, situação distinta da de outros países. Os técnicos que atuavam no Brasil possuíam experiência, porém careciam de conhecimentos teóricos ou acadêmicos. Com a complexidade crescente trazida pelos transistores e principalmente pelos CIs, esses saberes “institucionalizados” que os técnicos brasileiros não possuíam passaram a ser requeridos (*Ibidem*, p. 121-122).

No caso dos equipamentos voltados especificamente para o uso em computadores, podemos citar, neste período, a atuação no mercado brasileiro de empresas internacionais como a IBM, líder no mercado nacional, além de algumas fábricas estrangeiras de componentes, como a norte-americana Burroughs, que possuía uma fábrica em Santo Amaro⁹, na cidade de São Paulo, onde construía componentes como memórias. De acordo com Vera Dantas, Edith Ranzini foi autorizada por esta empresa a visitar suas instalações para acompanhar o processo de produção de memórias de núcleo de ferrite (DANTAS, 1985, p. 31), conforme veremos no capítulo 3.

O principal problema oriundo da produção industrial realizada por empresas estrangeiras instaladas no Brasil estava na dependência dos interesses e estratégias da multinacional, que condicionava os interesses locais às suas operações globais. Essa questão transparece no

8 Em entrevista, João Antônio Zuffo apontou a existência de outras indústrias nacionais que produziam componentes eletrônicos. Era o caso da Philco-Forte, que fabricava transistores de germânio (e posteriormente de silício) no bairro do Tatuapé, na cidade de São Paulo. De acordo com Zuffo, na década de 1980, essa fábrica foi adquirida pelo Grupo Itaú como base de fabricação dos componentes produzidos pela Itaotec, empresa responsável pela produção de computadores nacionais. Outra fábrica citada foi a de circuitos integrados que existia no Rio Grande do Sul, a Icotron. Essas indústrias não foram, contudo, localizadas em outras fontes bibliográficas. Entrevista realizada com João Antônio Zuffo em 13 de novembro de 2018.

9 De acordo com Zuffo, a Burroughs explorava o baixo valor da mão-de-obra brasileira, colocando seus trabalhadores, sobretudo mulheres, em situações que apresentavam risco à vida. Para a produção de memórias, por exemplo, era necessário que se prendesse um pequeno núcleo a uma estrutura maior, trabalho que era realizado com fios e uma agulha de costura. Posteriormente, essa placa era lavada com cloreto de carbono, produto tóxico que era manuseado sem nenhum tipo de cuidado para com a saúde dos trabalhadores. Embora não se possa confirmar através da bibliografia essas condições de trabalho, a passagem é um bom exemplo da participação dos países periféricos na nascente indústria de informática e mostra para os grupos envolvidos com as políticas de tecnologia nos anos 1970 as razões pelas quais seria necessário o investimento no desenvolvimento de uma tecnologia nacional. Sem brasileiros produzindo conhecimento, sobraria ao mercado local apenas o trabalho mal remunerado de montagem de equipamentos projetados no exterior, contribuindo para a manutenção da situação de um Brasil colonizado e dependente do conhecimento desenvolvido nos países tidos como centrais. Entrevista realizada com João Antônio Zuffo em 13 de novembro de 2018.

relatório que vetou a produção do computador /32 da IBM, que na prática violava a “reserva de mercado” implementada pela CAPRE e discutida no capítulo 1:

[...] quando a IBM resolve interromper a fabricação de um equipamento, o país volta à situação anterior, de incapacidade técnica de produzir o referido equipamento. Isto aconteceu com todos os produtos que já completaram seu ciclo, e estamos nesse momento presenciando este fenômeno com relação às unidades de fita magnética. A IBM interrompeu a fabricação deste equipamento por razões de ordem internacional que ignoram o momento crítico brasileiro [de esforços para a construção de uma indústria nacional]; como consequência, retrocedemos necessariamente à situação de importadores de unidades de fita magnética, apesar de ter havido montagem local por vários anos¹⁰.

Por esta razão, alguns autores ligados às universidades e à microeletrônica, como Zuffo, defendiam a necessidade de criação de uma política nacional específica para a microeletrônica, uma vez que a política nacional de informática delineada pela CAPRE nos anos 1970 prestava mais atenção na produção de equipamentos de informática do que no estímulo ao surgimento, no mercado nacional, de indústrias capazes de produzir os componentes microeletrônicos que permitissem a criação dos próprios computadores. A opinião era compartilhada por alguns nacionalistas tecnológicos. Em 1975, na primeira edição de *Dados & Ideias*, por exemplo, o engenheiro formado pelo ITA e também jornalista José Martinez afirmou que uma política baseada puramente em estímulos indiretos como isenção fiscal ou reserva de mercado não seria suficiente para desenvolver a indústria nacional de informática. Para o autor, apenas montar, no Brasil, equipamentos cujos principais componentes foram fabricados no exterior não era suficiente para romper com a dependência tecnológica. Era necessário promover a “fabricação de componentes eletrônicos, de partes mecânicas estruturais e, principalmente, de circuitos eletrônicos integrados¹¹”.

Conforme afirma Francisco Queiroz,

o setor de componentes é estratégico para uma forte indústria eletrônica, pois é o que mais agrega valor e crescentemente são incorporados em todos os processos produtivos, bem como em todos os produtos, em decorrência da automação permanente dos mesmos. E aí que está o ponto nefrágico de países como o Brasil, ou seja, a ausência de uma forte indústria de componentes, criando uma “crescente dependência da produção nacional de eletroeletrônicos ao fornecimento de componentes produzidos no exterior” (QUEIROZ, 2007, p. 107-108).

10 Este documento, emitido pela CAPRE, foi citado a partir de HELENA, S. A indústria de computadores: evolução das decisões governamentais, **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.14, n.4, 1980, p. 96.

11 Dados e Ideias, v.1 n.1, ago./set. 1975, p. 6.

Discutiremos a tentativa de criação de uma Política Nacional de Microeletrônica na seção seguinte. Contudo, antes de entrarmos neste tópico, cabe ressaltar que a política realizada pela CAPRE abriu espaço no mercado nacional para o surgimento de algumas empresas de microeletrônica nacionais, a despeito da não existência de uma política setorial para a área. É o caso da Transit e da OZ Eletrônica, cujo desenvolvimento foi acompanhado pela revista *Dados & Ideias*.

A edição de abril e maio de 1976 da revista trouxe uma matéria assinada por José Martinez, que considerava os CIs como “componentes estratégicos da independência tecnológica”. Dentre outras informações trazidas por Martinez, foi apresentada a empresa brasileira Transit – Semicondutores S.A., de Montes Claros, MG, fundada em 1974 por iniciativa de Hildebrando Pereira Diniz. A Transit, em 1976, passou a contar com 52% do capital controlado pelo BNDE¹². A partir do aporte feito pelo banco, a empresa começou a produzir circuitos integrados para o mercado nacional. A iniciativa foi vista com otimismo, tanto por seu lado industrial quanto pelo pedagógico, como é informado pelo professor do Laboratório de Microeletrônica da Poli, Carlos Américo Morato de Andrade, entrevistado por Martinez. Para Morato, a medida que as etapas complexas da fabricação dos CIs eram superadas, se formava uma nova mão de obra especializada no país.

Em entrevista dada por Hildebrando Pereira Diniz para o jornalista econômico Ricardo Bueno, da *Dados e Ideias*¹³, Diniz afirmou que a proposta da Transit era desenvolver componentes projetados pelo Laboratório de Microeletrônica da Escola Politécnica da USP. A afirmação nos ajuda a compreender a importância que os saberes produzidos pelas universidades possuíam na indústria nacional de computadores. De acordo com Diniz, naquele momento não faziam parte da realidade da entidade circuitos complexos como memórias monolíticas, Circuitos de Integração em Larga Escala e outros eletrônicos tecnicamente mais avançados, mas diversas etapas fundamentais para a produção já haviam sido superadas, sendo possível criação de circuitos discretos (diodos e transistores), de alguns circuitos integrados e de memórias não muito compactas. Também foi superada o que Diniz chamou de “delicada etapa de crescimento dos cristais” de silício¹⁴, uma das matérias-primas básicas para produção de cir-

12 *Dados e Ideias*, v.1 n.5, abr./mai. 1976, p. 44. *Dados e Ideias*, Rio de Janeiro, v.1, n.6, p. 39-41, 1976.

13 BUENO, R. Componentes nacionais: iniciada a produção.

14 O processo de crescimento dos cristais é feito em máquinas onde o silício é purificado e vai sendo aos poucos puxado até ter seus cristais ficarem orientados. São inúmeros os fatores necessários para sua orientação, como temperatura, velocidade do puxamento, origem do silício utilizado, etc, conhecimento este obtido apenas através da experiência. O Laboratório de Microeletrônica da Escola Politécnica da USP demorou três anos para dominar a técnica. Da lâmina de cristal até o componente pronto, existem cerca de 80 a 100 operações físico-químicas envolvidas, dependendo do processo escolhido. Necessitava-se de equipamentos para a realização intensiva de fotolitografia, difusão em estado sólido, crescimento epitaxial, implementação iônica,

cuitos, bem como a fabricação de máscaras, limpeza de superfície, oxidação, difusão de íons, encapsulamento. Na ocasião em que se deu a fundação da Transit, Diniz afirmou que o Laboratório de Microeletrônica da Poli não era capaz de produzir adequadamente circuitos discretos, podendo fabricar alguns tipos de circuitos integrados e chegando a produzir uma memória de densidade razoável (512 bits numa placa de 2,5 x 3 mm)¹⁵.

A tarefa de fabricação de componentes eletrônicos próprios para garantir a independência, apesar de necessária, era dificultada, de acordo com Diniz, pela “necessidade de obter tecnologia sofisticadíssima e em constante aprimoramento e o baixo preço dos componentes importados (o que torna[va] extremamente difícil montar uma fábrica nacional que tenha custos competitivos de produção)¹⁶”.

A entrevista informava ainda que, consciente da situação do mercado brasileiro, a Transit chegou a planejar a produção de insumos químicos necessários para a produção de circuitos. Esta matéria prima precisava ser importada, mas a situação se alteraria assim que o mercado atingisse o que Diniz chamou de “massa crítica” suficiente para justificar investimentos internos em sua produção. Até que isso acontecesse, para garantir o acompanhamento do desenvolvimento extremamente rápido da tecnologia, a Transit havia assinado um contrato de transferência de *know-how* e assistência técnica com a italiana S.G.S. – ATEs, uma das três maiores produtoras de semicondutores da Europa no período. Com isso, Diniz argumentava que o acesso à tecnologia seria garantido ao mesmo tempo em que a Transit não contaria com empresas estrangeiras no seu quadro acionário. No entanto, todas essas propostas e projeções nunca se concretizaram.

Cerca de um ano e meio depois, a *Dados & Ideias* publicou uma matéria informando que a Transit não só não avançou no campo de circuitos eletrônicos mais complexos, como *por razões de mercado*, segundo Diniz, passou a adquirir tecnologia no exterior. No final de 1977 e início de 1978, a empresa produzia apenas transistores de pequeno sinal, transistores de potência e circuitos integrados lineares, todos através de tecnologia adquirida da S.G.S. – ATEs¹⁷.

cujo fornecimento estava atrelado naquele momento ao mercado externo. A operação destes equipamentos e os ajustes necessários para seu funcionamento, também dependiam de experiência e o processo de transferência de tecnologia necessário para sua operação era dificultado pelas multinacionais que não tinham interesse em desenvolver esses equipamentos no Brasil, limitando-se a trazer pronto os projetos desenvolvidos na matriz estrangeira. *Dados e Ideias*, v.1 n.5, abr./mai. 1976, p. 45.

15 *Ibidem*, p. 44.

16 *Dados e Ideias*, v.1 n.6, jun./jul. 1976, p. 39.

17 *Dados e Ideias*, v.3 n.3, dez./jan. 1977/78, p. 16.

Em entrevista, João Antônio Zuffo informou que a Transit recebeu do Laboratório de Microeletrônica tecnologia para o desenvolvimento de transistores bipolares¹⁸. A tecnologia TTL, mais avançada e complexa, nunca chegou de fato a ser desenvolvida pela empresa, que construiu apenas um pequeno rádio utilizando essa tecnologia. Zuffo associou o fim da Transit não a incapacidade de produção que a mesma possuía, mas ao fato de sua própria existência ter sido possível apenas devido ao dinheiro fornecido pelo governo federal, tendo Diniz apenas um “mínimo por cento do capital”¹⁹.

Em relação a OZ Eletrônica, sua entrada no mercado nacional foi anunciada na edição de fevereiro e março de 1977 de *Dados & Ideias*. A empresa, criada para atuar no setor de comunicações, absorveu tecnologia para fabricar modems²⁰ com características idênticas aos que anteriormente eram importados de determinados fornecedores estrangeiros. O artigo informava que este mercado era visto como potencial por aqueles envolvidos com as políticas tecnológicas nacionais, e, portanto, estava no centro das atenções de parte do empresariado que se mostrava interessado em explorar este segmento, principalmente devido a implantação, pela Embratel, da Rede Nacional de Transmissão de Dados (RNTD)²¹. A OZ venceu a concorrência aberta pela Embratel para fornecimento de modems de banda base (digital) para distâncias limitadas, fornecendo equipamentos de transmissão síncronas para linhas físicas urbanas de 2400 a 19200bps. Além do equipamento técnico exigido pela Embratel, a empresa possuía um modem assíncrono para transmissão digital de até 9600bps cuja tecnologia fora adaptada de um fornecedor estrangeiro. Seus produtos possuíam um índice de nacionalização de 97%, sendo importado apenas circuitos integrados que ainda não eram produzidos no país, o que poderia mudar se a nacional Transit passasse a fornecer circuitos TTL²².

18 Transistores bipolares ou transistores de junção são aqueles capazes de portar cargas positivas e negativas, diferente do unidirecional produzidos no final da década de 40 pelos Bell Labs. A tecnologia foi proposta por William “Bill” Shockley nos Bell Labs em 1948 (MELO *et al.*, 2001, p. 9).

19 Entrevista concedida ao autor em 11 de setembro de 2018.

20 Modems são equipamentos de comunicação de dados que mediam o Equipamento Terminal de Dados (ETD), ou seja, os computadores, com os meios de transmissão de dados. O processo mais usual é a modulação da onda portadora dos dados em uma frequência na faixa do canal de voz. A palavra modem surgiu das palavras MODulador e DEModulador. Os modems que usam o processo de modulação e demodulação são chamados de analógicos e sua atuação se dá nos canais de voz. Já os modems digitais operam em um espectro de frequência maior que aqueles dos canais de voz. Existem, ainda, dois tipos de modems: os assíncronos e os síncronos. Os primeiros não requerem que os dois ETDs em comunicação estejam sincronizados, pois os pacotes de dados transmitidos são fragmentados, possuindo indicação de quando começam e quando terminam. Esse tipo de tecnologia é indicada para transmissões em velocidade de até 1200bps. Já os dados transmitidos pelos modems síncronos, por manter os dois ETDs sincronizados, podem ser transmitidos integralmente, sem necessidade de fragmentá-los. *Dados e Ideias*, v.2 n.4, fev./mar. 1977, p. 20.

21 Meio de transmissão de dados implementado pela Embratel que buscava integrar partes do território nacional.

22 Informações retiradas do artigo: ULUP, E. Modems, um novo campo para a iniciativa nacional. **Dados e Ideias**, Rio de Janeiro, v. 2 n. 4, p. 17-21, 1977.

O projeto de modems da OZ era visto como promissor tanto pela sua viabilidade técnica quanto pelo seu índice de nacionalização, que na prática mostrava a possibilidade de existência de uma tecnologia produzida integralmente no Brasil. A situação, contudo, ficou ameaçada depois que a ICC (International Communications Corporation)²³ entrou no mercado brasileiro. A empresa fora autorizada pela CAPRE a importar peças e partes necessárias para a montagem de modems de alta velocidade, até então não produzidos no Brasil. Com a entrada destes equipamentos, mais sofisticados, no mercado nacional, limitou-se as possibilidades de produção de modems das empresas locais.

Em uma reportagem não assinada²⁴, a *Dados e Ideias* questionava a *joint-venture* formada pela ICC e Coencisa, uma empresa ligada à construção civil, pois ela não fornecia nenhuma garantia de efetiva transferência de tecnologia para o sócio nacional, já que este nem ao menos pertencia ao setor de informática. Além de potencialmente inviabilizar a atuação de fabricantes nacionais, a associação da ICC com a Coencisa era criticada pelo periódico *Dados e Ideias* devido ao seu contrato que autorizava a ICC a remeter ao exterior 5% dos valores das vendas pagos pelos *royalties* da tecnologia fornecida. Aqui é preciso lembrar que a questão que viabilizou a atuação da CAPRE e a formulação de uma política para a informática foi a aproximação (translação) com o discurso econômico acerca da necessidade de controle da balança de pagamentos. Além disso, valores remetidos a estrangeiras devido ao licenciamento de tecnologia não ofereciam retorno para o mercado nacional. Quando a empresa produzia tecnologia nacional, ela poderia investir parte de seus lucros na criação de novos equipamentos e assim alimentar ainda mais a sua produção.

A existência da ICC e o precedente que ela abriu eram percebidos, portanto, como ameaças à indústria nacional. Rapidamente, a OZ Eletrônica reagiu enviando uma carta a diversas autoridades brasileiras onde dizia temer pelo seu futuro no mercado, pois a

ICC pretende fabricar no país *modems* extremamente rápidos com tecnologia LSI (Large Scale Integration²⁵), em uma faixa para o qual não terá concorrência no país. A OZ e a Parks, com tecnologias totalmente nacionais, ainda demorarão três anos para se assenhorearem neste segmento. Como monopolista deste tipo de *modem*, a ICC poderá buscar a lucratividade de seu empreendimento justamente nestes modelos e

23 A nacional Coencisa, empresa de construção civil, montou em 1977 uma *joint-venture* com a ICC para a produção de modems. *Dados e Ideias*, v.2 n.6, jun./jul. 1977, p. 41.

24 *Ibidem*.

25 Circuitos cuja integração é em larga escala. Isso significa uma grande quantidade de transistores encapsulados em um pequeno circuito lógico, o que aumentava consideravelmente o seu desempenho, fornecendo grandes funcionalidades em pequenos espaços.

praticar política de preços muito baixos nos setores em que seus equipamentos concorrerem com a OZ ou com a Parks²⁶.

A OZ concluiu sua carta afirmando que pedirá autorização para associar-se com empresas estrangeiras para poder competir no mercado, caso suas previsões se concretizem. “Com isso”, disseram seus diretores, “estariamos perdendo nossa condição de empresa nacional e abandonando um programa de efetivo domínio nacional de tecnologia, mas estariamos garantindo nossa condição de sobrevivência ameaçada em caso contrário”²⁷.

Ainda em 1977, *Dados e Ideias* apontava outra derrota no setor dos modems nacionais: enquanto técnicos e estudantes da Universidade Católica de Minas Gerais, lançavam no mercado a TTL – Tecnologia Tropical Limitada – para lançamento de modems analógicos de 300 bps, a ICC conseguiu autorização para importar peças para montagem de modems 4800 e 9600bps no Brasil²⁸. Para os atores ligados à revista, a tecnologia nacional era valorizada justamente por ser desenvolvida com escassez de recursos. Assim, quando a CAPRE aceitava iniciativas que utilizam tecnologia estrangeira sem as devidas precauções para com a sua absorção pelos sócios brasileiros, ela aceitava a existência de competições desiguais com as firmas nacionais, que se esforçavam no sentido de atingir a autonomia tecnológica²⁹.

A história da Transit e da OZ Eletrônica ajuda a compreender as dificuldades de se manter uma indústria de microeletrônica no Brasil. O pouco de tecnologia nacional que a Transit chegou a desenvolver foi transferida pela Poli-USP e a OZ, apesar de conseguir produzir um modem com alto grau de nacionalização, encontrou dificuldades devido à concorrência de empresas que vendiam tecnologia estrangeira. É importante salientar aqui a dependência da indústria brasileira para com o saber teórico ou acadêmico, tal qual afirmou Queiroz.

O modem desenvolvido pela OZ não era 100% nacional devido à inexistência da tecnologia TTL no mercado brasileiro. De acordo com Zuffo, o TTL no Brasil nunca chegou a funcionar, nem mesmo em termos acadêmicos. Isso se deu “por causa das camadas [proxiais] que davam muito problema”. Além disso, já em 1974, quando foi lançado o processador 8080, o TTL “começou a ser substituído por transistor de efeito de campo, FET. Então o próprio TTL começou a perder o sentido”³⁰.

Ao longo desse capítulo inevitavelmente aparecerão termos técnicos da eletrônica como o TTL ou o FET, tendo em vista que o que se buscava desenvolver nos laboratórios de

26 *Dados e Ideias*, v.2 n.6, jun./jul. 1977, p. 41.

27 *Ibidem*.

28 *Dados e Ideias*, v.3 n.1, ago./set. 1977, p. 31.

29 *Ibidem*.

30 Entrevista concedida ao autor em 11 de setembro de 2018.

instituições brasileiras eram exatamente esse tipo de tecnologia. Essa terminologia indica, portanto, desafios a serem superados ou metas a serem atingidas dentro do campo de estudos da microeletrônica no Brasil. No caso do FET ou do TTL, eles indicam famílias de circuitos lógicos digitais (*digital logic family*). O escritor norte-americano Don Lancaster, definiu em seu livro *TTL Cookbook*, de 1974, uma *digital logic family* como

um grupo de blocos compatíveis de circuitos integrados ou outros elementos que podem ser combinados de várias formas para executar uma série de decisões de sim-não (*yes-no*) baseado na presença ou ausência de ‘sins’ e ‘nãos’ em várias entradas (*inputs*), e possivelmente levando em conta o histórico anterior de ‘sins’ e ‘nãos’ que passaram anteriormente (LANCASTER, 1974, p. 8. Tradução nossa).

Em outras palavras, uma família de circuitos lógicos digitais é um bloco de circuitos onde um componente recebe um sinal elétrico e deve decidir qual componente seguinte o receberá. O caminho percorrido pela corrente elétrica determinará a função que o circuito executará. É preciso lembrar que a tecnologia *digital* é uma tecnologia que opera com números binários, sendo que o 0 (não) é interpretado pelo bloqueio da corrente elétrica e o 1 (sim) pela sua passagem. Assim, grosso modo, o circuito eletrônico funciona a partir da determinação de quais “caminhos” a corrente elétrica seguirá e essa determinação se dá a partir de para onde a corrente elétrica é encaminhada a medida em que ela passa pelos milhares de componentes eletrônicos que são integrados em um circuito. Cada família, portanto, consiste em uma lógica diferente para integrar esses circuitos. No caso da TTL, abreviação para *Transistor-Transistor Logic*, sua principal vantagem estava no seu baixo custo (30 centavos de dólar em 1974), sua capacidade para alta velocidade (20 MHz normalmente, podendo chegar a 125MHz em dispositivos especiais), sua moderada capacidade condutiva e imunidade a oscilações na corrente elétrica e sua disponibilidade industrial para a produção de centenas de dispositivos diferentes (LANCASTER, 1974, p. 8).

A inexistência de componentes TTL no mercado brasileiro e sua dificuldade de produção nos ambientes acadêmicos indicam uma dependência entre o que as universidades podiam fabricar em seus laboratórios e o que a indústria podia lançar comercialmente. Além da possibilidade de se transferir tecnologia da universidade para a indústria, existia também a questão da mão-de-obra especializada que, obviamente, era formada nas universidades. Para Motoyama, nestes casos, também se dava “transferência de tecnologia”, porém através da “transferência de pessoas”. O autor afirma que “a transferência de tecnologia só pode acontecer pela transmissão de conhecimento tecnológico e, portanto, sempre envolve a mediação de

peessoas – seja na figura do próprio detentor do conhecimento, seja na sua apropriação por meio de educação tecnológica” (MOTOYAMA, 2004, p. 46).

O sociólogo Michel Callon, um dos principais nomes da Teoria Ator-Rede, sugere a existência de outras formas para transferência de conhecimento não contempladas por Motoyama. Callon, em *Techno-economic networks and irreversibility* (1991), discutiu a existência dos intermediários, entes que possibilitam a atores humanos e não-humanos realizarem suas atividades. O autor apresenta quatro tipos de intermediários: as inscrições literárias (como artigos científicos, manuais técnicos ou qualquer texto inscrito que, devido a sua imutabilidade, resiste aos transportes); os artefatos técnicos (objetos estabilizados que permitem aos atores realizarem determinadas atividades); seres humanos (que, devido a suas habilidades são capazes de executar operações tidas como fundamentais para o andamento dos trabalhos desenvolvidos em uma rede); e o dinheiro (CALLON, 1991, p. 135). Cada um desses intermediários operam também como atores, além de apresentarem-se como redes que, por sua vez, também podem ser desdobradas e seguidas pela perspectiva da ANT. A principal diferença entre atores e intermediários está no fato de os segundos serem alistados e postos em circulação pelos primeiros para que seus objetivos sejam alcançados.

Podemos compreender a questão da “transferência de tecnologia” discutida por Motoyama não através apenas da ação humana (seres humanos são apenas um dos intermediários possíveis), mas através da mobilização de diversos intermediários que possibilitariam a construção de um novo artefato, mesmo que desenvolvido em outro local. O intermediário *inscrição literária*, através de teses, dissertações e manuais técnicos é um importante instrumento para a transferência de tecnologia. Conforme veremos no capítulo 3, este foi o principal recurso utilizado para que a equipe da PUC-Rio conseguisse desenvolver o *software* do minicomputador G-10. Assim, a “transferência de tecnologia” não está relacionada apenas à ação humana, mas aos intermediários postos em circulação em uma determinada rede sociotécnica. Uma questão recorrente nas entrevistas que realizamos era justamente a respeito da circulação destes intermediários. Edith Ranzini, em entrevista, afirmou que uma das maiores dificuldades que o LSD encontrava para o desenvolvimento de suas atividades era encontrar uma bibliografia apropriada³¹. João Antônio Zuffo afirmou que conhecimento produzido em sua dissertação de livre docência nunca chegou a sair do Brasil, conforme veremos na subseção 2.4.2³². Nos anos 1970 e 1980, a circulação de intermediários era bastante limitada, dificultando atores humanos a terem contato com determinados conhecimentos ou tecnologias que possibilita-

31 Entrevista realizada em 28 de agosto de 2018.

32 Entrevista concedida ao autor em 11 de setembro de 2018.

riam a construção de artefatos de maneira diferente. Desta forma, se a instituição de ensino não conseguisse produzir determinada tecnologia, a quantidade de atores (ou intermediários) capazes de reproduzir esta tecnologia no Brasil seria bastante limitado.

Walkyria M. Leitão Tavares, consultora legislativa da área de Comunicações, Informática Ciência e Tecnologia, publicou em 2001, um relatório que avaliava a importância da criação de um complexo industrial de eletrônica no Brasil. Nele, a autora afirma que o conhecimento em eletrônica fora inicialmente produzido no país através dos laboratórios universitários ligados a pós-graduação, que visavam dominar o estado da arte da tecnologia que era desenvolvida exclusivamente no exterior. Essa afirmação parece confirmar a hipótese indicada acima. Segundo a autora, nesse momento, as universidades alcançaram uma capacidade limitada, porém muito significativa, de produtos que possuíam grande potencial para comercialização. Faltava estratégias para atrair o capital privado e construir uma política industrial para o setor (TAVARES, 2001, p. 4). Essa percepção, contudo, não surgiu apenas em 2001, momento em que este relatório foi publicado. Ela estava presente entre os indivíduos que atuavam com a microeletrônica no Brasil, sendo inclusive sugerido em 1977 um *Plano Integrado de Desenvolvimento da Microeletrônica*, conforme veremos a seguir.

2.3 Por uma Política Nacional de Microeletrônica

Em entrevistas João Antônio Zuffo, afirmou que “às vezes” tem “vontade de chorar” com a quantidade de oportunidades perdidas pelo Brasil para o desenvolvimento de uma indústria voltada para a microeletrônica. Segundo Zuffo, isso se deu devido à total falta de visão dos governantes brasileiros a respeito da importância de uma indústria de microeletrônica³³. O historiador Francisco Queiroz, por sua vez, salienta o descompromisso dos governos a respeito dessa indústria, que se refletiram na falta de apoio institucional a iniciativas nessa área. De acordo com o autor, a (micro)eletrônica é um setor estratégico para “qualquer país que almeje certa independência econômica, científica ou tecnológica” (QUEIROZ, 2007, p. 104).

Durante a pesquisa, encontramos diversos documentos que propuseram políticas para incentivo do setor de microeletrônica. Desde 1975, *Dados & Ideias*, periódico ligado à Secretaria de Planejamento, publicava uma série de reportagens apontando a importância da microeletrônica. Em 1977, o Ministério da Educação (MEC) em parceria com a CAPRE, publicava pela editora Edgard Blücher uma coleção de cinco livros agrupados na “série MICROPROCESSADORES”. Não obtivemos informações aprofundadas a respeito desta coleção, nem os

33 Entrevista concedida em 29 de agosto de 2018.

títulos de todos os livros lançados. A única nota a seu respeito, localizada na contracapa do livro *Circuitos integrados em média escala e em larga escala*, afirmava que o preço Cr\$ 160,00 (o equivalente a R\$ 82,06 em valores atualizados³⁴) para o livro, que possuía cerca de 420 páginas, só foi possível devido à participação do MEC e da CAPRE em regime de coedição, permitindo o aumento da tiragem e a redução de seu custo. A existência desta coleção demonstra certa preocupação da CAPRE com a questão da microeletrônica, incentivando a publicação e o consumo de materiais que possibilitassem a construção de componentes.

Conforme informado da seção prolegômenos, estes livros possuíam a função de “amenizar o esforço de atualização tecnológica de técnicos e engenheiros, principalmente, tendo em vista a aplicação imediata de componentes”. Além disso, a coleção buscava analisar “desde as bases técnicas de fabricação de circuitos integrados até o estudo comparativo de famílias de complexos microprocessadores”³⁵. O referido livro intitulado *Circuitos integrados em média escala e em larga escala*, de autoria de João Antônio Zuffo, apresentava em sua primeira seção um esboço do intitulado *Plano Integrado de Desenvolvimento da Microeletrônica* elaborado por Zuffo. Sua ideia era basicamente utilizar os laboratórios das universidades para a produção industrial de circuitos integrados ao mesmo tempo em que enviava universitários que se destacaram em seus estudos para formação complementar no exterior. Quando retornassem, esses alunos deveriam compor e fomentar grupos de pesquisa na área, fortalecendo a comunidade acadêmica de microeletrônica³⁶. Não podemos mensurar a penetração desta ideia nos grupos de decisão nas esferas públicas. Assinalamos sua existência unicamente pelo fato dela ter sido a primeira proposta estruturada que localizamos e que visava a implementação de uma indústria para microeletrônica.

Em 1979, o Grupo Executivo Interministerial de Componentes (GEICOM) lançou um Plano Nacional de Microeletrônica (nunca concretizado) e em 1980 a SEI realizou duas Comissões Especiais de Microeletrônica. Pouca coisa, contudo, acontecia para o surgimento de uma indústria de microeletrônica. Em 1984, ou seja, sete anos depois, o livro *Compêndio de Microeletrônica*, também de João Antônio Zuffo e publicado em três volumes pela editora Guanabara Dois (sem nenhuma relação com a publicação anterior do MEC), reiterava a necessidade de concretização de algum tipo de Plano Integrado. Em 1995, um informe setorial do BNDES chamava atenção para a microeletrônica, considerando-a um “fator decisivo para a

34 Cálculo realizado a partir do índice IPC-SP (FIPE), disponível no site do Banco Central do Brasil. BANCO CENTRAL DO BRASIL. Calculadora do cidadão. Disponível em <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDA-DAO/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>>. Acesso em 02 de agosto de 2019.

35 ZUFFO, 1977, Prolegômenos, s/n.

36 *Ibidem*.

criação de um complexo eletrônico em seus moldes atuais, por propiciar uma base técnica comum aos setores da informática”³⁷. O relatório de Tavares que citamos anteriormente foi publicado em 2001, ou seja, vinte e quatro anos depois que Zuffo defendeu uma indústria de microeletrônica através de seu primeiro livro. Tavares também reafirmou a necessidade de existência de uma indústria de microeletrônica basicamente pelos mesmos motivos apontados no final dos anos 1970 (equilíbrio da balança, só que desta vez comercial). No ano seguinte, o BNDES contratou um estudo internacional que objetivava implementar no Brasil uma indústria de circuitos integrados que resultou no Plano Nacional de Microeletrônica e na criação do Programa CI Brasil³⁸. A necessidade de consolidação de uma indústria de microeletrônica nacional foi constantemente reiterada pelos profissionais que avaliavam a situação industrial do país, como aqueles ligados ao BNDES, ou por profissionais ligados à universidade (como Zuffo e alguns nacionalistas tecnológicos, conforme veremos adiante). Porém, o primeiro plano articulado para o seu fomento surgiu em 2002, onze anos depois do fim da reserva de mercado no Brasil (1991) e a desarticulação quase total da indústria nacional de informática.

Em *Dados & Ideias*, a primeira menção que encontramos a respeito da necessidade de indústrias de componentes eletrônicos foi feita no primeiro artigo de sua primeira edição (agosto e setembro de 1975), escrito por José Martinez. O autor afirmava que não era possível para o Brasil deixar de usar a tecnologia dos computadores e chamava a atenção para a necessidade de desenvolvimento da “tecnologia eletrônica em *todos* os seus aspectos” (grifos nossos), sobre o risco de comprometer o funcionamento de empresas estratégicas como a Petrobras que, a despeito de sua importância econômica, comprava tecnologia de fora e recebia em suas instalações, sempre que necessário, técnicos estrangeiros para a realização de manutenção³⁹.

Para Martinez, não adiantava uma política de informática que não se preocupasse com o conhecimento dos processos que levariam à autonomia tecnológica. O engenheiro representava a indústria de processamento de dados da seguinte forma:

37 MELO, P. R. S.; ROSA, S. E. S.; Perspectivas para a microeletrônica no Brasil. Informe setorial. Área de operações industriais – AO1. **Gerência setorial do complexo eletrônico**. n. 3, 20/06/1995. Disponível em <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9650/1/Informe%20Setorial%20da%20Ger%C3%Aancia%20Setorial%20do%20Complexo%20Eletr%C3%B4nico%20-%20n.3,%20jun.%201995_P_BD.PDF>. Acesso em 27 de fevereiro de 2019.

38 GUTIERREZ, R. M. V.; MENDES, L. R. Complexo eletrônico: o projeto em microeletrônica no Brasil. **BNDES Setorial** 30, p. 157 – 209

39 *Dados e Ideias*, v.1 n.1, ago./set. 1975, p. 4.

Figura 2.1 – Indústria de processamento de dados de acordo com José Martinez

Fonte: Próprio autor. Reproduzido a partir das informações apresentadas no texto de José Martinez

No esquema de Martinez, quando o país optava por importar tecnologias digitais, estava localizado na camada externa de seu gráfico. Era ali que, naquele momento, estava a parcela preponderante dos equipamentos vendidos no Brasil pelos fabricantes internos. Porém, nas palavras do autor, “em termos de dependência tecnológica, a situação melhora à medida que a indústria eletrônica digital de um país caminha da superfície para o centro da esfera⁴⁰”.

Na mesma edição, o também engenheiro formado pela ITA Sergio Telles reconhecia a importância do mercado de componentes eletrônicos, propondo, para a sua viabilidade, a implementação de *indústrias congêneres* como a de instrumentos eletrônicos e centrais telefônicas digitais. A ideia era criar maior demanda para os CIs que, por sua vez, seriam empregados também na construção de computadores digitais, contribuindo para sua fabricação no país⁴¹. O autor discriminava quatro categorias de indústrias que precisavam ser estimuladas para que a fabricação de computadores pudesse acontecer contando com componentes inteiramente nacionais: a mecânica estrutural, a mecânica de precisão (chamada por outros autores de mecânica fina), os componentes elétricos e os circuitos eletrônicos integrados.

Cada uma delas fornecia elementos essenciais para a construção de computadores: a mecânica estrutural era responsável pela fabricação de armário e móveis metálicos, bastidores e painéis; a mecânica de precisão fabricava unidades de entrada e saída e memórias de massa, tais como as leitoras e perfuradoras de cartão, unidades de fita e de discos magnéticos; os componentes elétricos eram os transformadores, indutores, capacitores, resistores, retificadores, isolantes, fios, conectores, chaves, cartões de circuito impresso, etc. e o encapsulamento de circuitos integrados; circuitos integrados, por sua vez, eram responsáveis pelo processa-

40 *Ibidem*, p. 5.

41 Dados e Ideias, v.3 n.1, ago./set. 1977, p. 17.

mento de sinais digitais, elemento vital para a indústria de informática. Telles afirmou que é neste último que o avanço tecnológico mundial nos anos 1970 foi mais rápido e surpreendente: a informática passava por uma revolução, pois fabricantes estavam produzindo computadores inteiros em pequenos *chips*, conforme vimos na seção anterior.

Em seu artigo, o autor analisou cada uma dessas partes, porém para os nossos propósitos cabe salientar apenas a de microeletrônica, vista pelo autor como a indústria mais problemática na situação em que o Brasil se encontrava no período. Para Telles, a produção brasileira de circuitos integrados era prejudicada por uma grande barreira econômica, tendo em vista os “altíssimos custos dos equipamentos e projetos dos elementos monolíticos em comparação com o baixo preço desses elementos”⁴². Assim, caso a indústria destes componentes visasse o lucro, ela precisaria exportar a maior parte de sua produção, tornando um investimento arriscado para o empresariado nacional assumir. A solução para Telles seria o fornecimento, por parte do Estado, de subsídios para a criação deste empreendimento, uma vez que a falta de domínio da produção de CIs colocava em risco a segurança nacional.

No livro *Prelúdio para uma História: Ciência e Tecnologia no Brasil*, organizado pelo historiador Shozo Motoyama, com trabalhos dos historiadores Francisco Assis de Queiroz e Marilda Nagamini e do professor da Escola Politécnica da USP Milton Vargas, a Doutrina de Segurança Nacional (DSN) figurava como a base do Programa Brasil Potência, promovido pela Escola Superior de Guerra (ESG). Tanto o Programa quanto a DSN tiveram como principal mentor o general Golbery de Couto e Silva e, de acordo com os autores, foram suportes importantes para o regime militar instaurado em 1964 (MOTOYAMA *et al.*, 2004, p. 323). A ESG, que assumiu a tarefa de treinar pessoal de alto nível para exercer funções de direção e planejamento da segurança nacional, assumiu papel estratégico no governo militar. Para a historiadora Nadia G. Gonçalves, a presença da DSN era bastante visível durante o período da Ditadura-Civil militar brasileira (GONÇALVES, 2001, p. 3). Um dos ideais da DNS era justamente o de que “nenhum desenvolvimento econômico e social de um país poderia ser feito sem que houvesse, simultaneamente, um avanço tecnológico baseado em pesquisa científica e tecnológica realizada no próprio país” (MOTOYAMA *et al.*, 2004, p. 323). Chamar a atenção para questões de segurança nacional era, portanto, uma maneira eficaz de dialogar com setores militares, uma vez que a ideia remetia às bases de suas formações.

Para que a produção de CIs fosse concretizada, outras áreas científicas e tecnológicas precisavam ser concomitantemente desenvolvidas, como por exemplo a mecânica fina, cujo

42 *Ibidem*, p. 21.

Dados & Ideias chamava a atenção com certa frequência. Karlheinz Blutaumulle, engenheiro mecânico aperfeiçoado em mecânica fina, via esta área da mecânica como a *grande ausente na tecnologia nacional*⁴³. Como 60% dos seus produtos eletrônicos eram produzidos através da mecânica fina, a falta de estímulos ao setor implicava em dificuldades para a produção da eletrônica e da microeletrônica. A produção de componentes deste tipo requeria grande grau de precisão e seu desenvolvimento era atrelado a maquinarias produzidas através da mecânica fina. Por sua vez, essa maquinaria dependia de componentes eletrônicos, de forma que o desenvolvimento industrial de um estaria ligado ao desenvolvimento industrial do outro.

A deficiência brasileira na indústria de mecânica fina também era vista com apreensão por José Rubens Dória Porto⁴⁴, que apontava a necessidade de aumentar o *know-how* na área ou encontrar soluções que dependessem menos deste tipo mecânica, o que seria potencialmente melhor, uma vez que o estímulo à mecânica fina seria um trabalho mais dispendioso. Sua proposta era fazer uso de técnicas como o *paralelismo* e o *pipeline*, por exemplo. Assim, a dependência brasileira para com fabricantes do exterior diminuiria. Dória Porto sugeria, ainda, como alternativa ao microprocessador, que as empresas de computadores fizessem uso mais intensivo de ROM⁴⁵ ou do PLA⁴⁶, tecnologias que poderiam ser adquiridas em um curto prazo de tempo⁴⁷.

É importante frisar que estes autores escreviam para um periódico ligado à Secretaria de Planejamento no mesmo momento em que se criavam políticas para estímulos da indústria de computadores como formas de amenizar a situação de crise econômica vivenciada pelo país, como vimos no capítulo 1. Neste espaço, eles chamavam a atenção para a necessidade de se estimular outras indústrias, em especial a de circuitos integrados e a de mecânica fina, para

43 BLUTAUMULLE, K. Mecânica fina, uma grande ausente na tecnologia nacional. *Dados e Ideias*, Rio de Janeiro, v.3, n.1, p. 12-19, 1977.

44 Na década de 1970 e 1980, José Rubens Dória Porto era pesquisador do Departamento de Física da USP. Foi um nacionalista tecnológico importante, publicando diversos artigos em *Dados & Ideias* e participando com frequência dos congressos da comunidade acadêmica. Conforme veremos adiante, participou do Projeto de Subsistemas do LSI. Além disso, orientou algumas teses e dissertações na Poli-Elétrica e foi um dos pesquisadores responsáveis pela criação do G-11, uma versão reformulada do G-10 que trataremos no capítulo 3.

45 *Read-Only Memory* (ROM) é um tipo de memória “somente leitura”, ou seja, os dados nela armazenados podem ser lidos, mas não podem ser alterados. Normalmente ela armazena *firmwares*, pequenos softwares que funcionam apenas no hardware e que controlam funções básicas do dispositivo. TECMUNDO. O que é memória ROM?. 2011. Disponível em <<https://www.tecmundo.com.br/memoria/9346-o-que-e-memoria-rom-.htm>>. Acesso em 04 de agosto de 2017.

46 “*Programmables Logic Arrays* (PLA) foram os primeiros Dispositivos Lógicos Programáveis Simples (SPLDS) criados para a implementação de circuitos lógicos. Introduzidos pela empresa Philips no início de 1970, esses dispositivos consistem em dois níveis de portas lógicas: um plano de portas AND seguido por um plano de portas OR, ambos programáveis”. OLIVEIRA, C. A.; AGUIAR, J. A. & FONTANINI, M. G. Dispositivos Lógicos Programáveis. Guaratinguetá, SP: UNESP. E-book. Disponível em <<http://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/logica-programavel.pdf>>. Acesso em 04 de agosto de 2017.

47 *Dados e Ideias*, v.2 n.2, out./nov. 1976, p. 58.

que as políticas pudessem ser conduzidas a contento. Para os autores citados, há uma dependência intrínseca entre computadores, eletrônica e microeletrônica que, por sua vez, dependem da mecânica fina. Os altos custos envolvidos no desenvolvimento de artefatos oriundos destas indústrias exigia, por parte do poder público, medidas no sentido de estimular sua produção. Zuffo propunha utilizar os laboratórios das universidades; Telles sugeria a criação de subsídios do governo para estimular o empresariado; Dória Porto buscava a criação de soluções que diminuíssem a dependência desses setores ainda não desenvolvidos. Em todos os autores, existia a consciência de que a indústria de informática que se buscava estimular no Brasil seria incompleta sem que levasse em conta o estímulo da microeletrônica e da mecânica fina, o que tornava fundamental um plano integrado que implementasse e explorasse cada uma dessas indústrias, como defendeu Sergio Telles.

Em 1977, enquanto a microeletrônica desenvolvia-se lentamente no Brasil, a indústria de minicomputadores ganhava impulso através da concorrência convocada pela CAPRE. Consideramos este o primeiro momento em que sinalizava-se para a sociedade como um todo que a política de informática nacional se fortalecia. Para atores relacionados a microeletrônica, todavia, a situação era preocupante: como era possível a uma indústria nacional lançar minicomputadores ditos nacionais sem estimular a produção de componentes? Esse paradoxo tornou ainda mais necessária a existência de uma política setorial para microeletrônica.

No capítulo 1 afirmamos que, a partir da incumbência recebida pela CAPRE para controlar as importações de insumos de informática visando minimizar o saldo negativo da balança de pagamentos brasileira, instaurou-se no Brasil uma espécie de reserva de mercado, embora esse termo não tenha sido empregado oficialmente por parte da CAPRE. Essa “reserva” não se deu para todos os equipamentos relacionados à informática, pois havia um entendimento por parte da Comissão e pelos nacionalistas tecnológicos que a administravam, que não seria possível para o Brasil *ainda* produzir artefatos cuja complexidade excedia a capacidade de produção local. A partir dessa ideia, a CAPRE emitiu a Resolução 01/76 que definia apenas as “pequenas máquinas (minis e micros), sistemas de processamento distribuído, periféricos de computador, equipamentos de acoplamento com telecomunicações e instrumentos digitais de medição científicos e médico-hospitalares” encontravam-se sob controle nacional. Outros setores, como por exemplo o de *mainframes* (grandes computadores com elevada capacidade de processamento), estavam abertos para empresas internacionais. Em discurso pronunciado no 9º CNPD organizado pela Sociedade de Usuários de Computadores e Equipamentos Subsidiários (SUCESU), o então presidente do CNPq José Dion de Melo Teles, que atuava também

na empresa estatal Digibrás, disse que “o governo espera que as indústrias com centro de decisão no exterior concentrem seus esforços num segmento complementar àquele selecionado para a indústria de controle nacional”⁴⁸. Assim, esperava-se que às pressões comerciais sobre o setor de informática, exercidas por parte das multinacionais e os governos de seus respectivos países, diminuíssem, contribuindo para que o desenvolvimento da indústria nacional de informática pudesse acontecer de maneira menos conturbada.

Essa abertura permitida para empresas estrangeiras dava margem para que, na prática, a proteção declarada pela CAPRE para os minicomputadores fosse ameaçada. É o caso da IBM que, na tentativa de explorar as potencialidades no mercado brasileiro, enviou constantes pedidos à Comissão solicitando a aprovação de projetos desenvolvidos no exterior e que, no entanto, a empresa gostaria de fabricá-los no Brasil, a despeito da restrição do mercado interno. Sempre que a IBM procurava trazer novos equipamentos para o país, os nacionalistas tecnológicos mostravam-se apreensivos, sentimento percebido a partir das publicações de *Dados & Ideias*, principalmente porque a empresa parecia habilidosa em explorar brechas da legislação brasileira ou pressionar autoridades, como foi o caso do sistema /32⁴⁹.

Esse sistema na prática propunha realizar as mesmas funções dos minicomputadores, terminais inteligentes e periféricos já desenvolvidos com tecnologia nacional. Isso fez com que os técnicos reunidos no Seminário sobre Computação na Universidade (SECOMU), em Fortaleza, CE, solicitasse ao governo que interferisse no sentido de impedir a IBM de montar o seu sistema no Brasil, “sob o risco de inviabilizar todos os esforços por uma tecnologia e indústria nacional de computadores”⁵⁰.

A IBM, portanto, tentava burlar abertamente a Resolução da CAPRE, Resolução essa que não era a única que resguardava a tecnologia nacional. Além dela, vigorava a Resolução

48 Dados e Ideias, v.2 n.3, dez./jan. 1976/77, p. 17

49 Vale ressaltar que a Resolução 01/76 da CAPRE reservava o mercado de minicomputadores no Brasil para a iniciativa nacional. Uma multinacional anunciar a produção e comercialização de um mini no Brasil seria, portanto, uma afronta a política realizada pela CAPRE.

50 Dados e Ideias, v.2 n.3, dez./jan. 1976/77, p. 17.

nº 05 do Conselho de Desenvolvimento Econômico (CDE)⁵¹, que discriminava cinco pontos prioritários para o estabelecimento de projetos industriais na área de computação;

1. Grau de abertura tecnológica e absorção de tecnologia, dando-se prioridade às empresas que estivessem estruturadas de forma a recorrer à engenharia nacional para conceber e projetar seus novos produtos e técnicas de produção.
2. Índices de nacionalização com prioridade para as empresas sem vínculo permanente com fornecedores no exterior que pudesse dificultar uma nacionalização mais efetiva de seus produtos.
3. Participação da empresa no mercado interno, visando evitar o estabelecimento de um grau excessivo de concentração da produção.
4. Participação acionária nacional.
5. Balanço de divisas, dando-se prioridade às empresas que apresentassem perspectivas mais favoráveis ao País⁵².

Havia, portanto, embasamento legal para que o projeto do /32 fosse vetado pela CAPRE, o que de fato aconteceu. O relatório que vetava o projeto, apontava que, além do fato da IBM ignorar os esforços da política brasileira para a criação de uma indústria nacional, tal qual apontamos anteriormente, a aprovação do /32 possibilitaria que a multinacional abrisse caminho no mercado brasileiro para que o seu sistema fosse substituído a partir de 1978 por um de maior porte, que por sua vez, seria substituído por outro no ano seguinte e assim sucessivamente. Caso a IBM fosse autorizada a vender o seu sistema no mercado nacional, a CAPRE argumentava que as iniciativas nacionais no setor seriam inviabilizadas.

Mesmo a presença da IBM arriscando a política de informática nacional, sua influência e poderio econômico levaram as autoridades brasileiras, a nível ministerial, a considerarem pouco político simplesmente vetar o projeto da multinacional, conforme abordado por Vera Dantas (DANTAS, 1988). Assim, o parecer da CAPRE acabou indeferido. Era necessário encontrar um meio termo, uma forma de dizer “não” à IBM sem dizer diretamente. A solução encontrada, de acordo com Silvia Helena (HELENA, 1980), foi chamar todas as empresas interessadas na fabricação de minicomputadores no Brasil a apresentarem propostas, que seriam avaliadas e escolhidas para concorrerem umas com as outras dentro no mercado nacional.

51 O historiador Rafael Vaz da Motta Brandão apontou que o Conselho de Desenvolvimento Econômico (CDE), criado pela Lei nº 6.036 de 1974, era um órgão consultivo que visava coordenar o planejamento de políticas públicas na área econômica e que influenciou, através de suas Resoluções, na tomada de decisões para a “elaboração de Decretos para o apoio à indústria privada nacional, como nas instruções às empresas estatais para a compra de equipamentos e máquinas nacionais (Resolução 09/77), impondo limites às importações de bens de capital e nos incentivos fiscais” (BRANDÃO, 2008, p. 9). O CDE era composto pelo “Presidente da República, o Ministro da Fazenda, o Ministro da Indústria e Comércio, o Ministro da Agricultura, o Ministro do Interior e o Ministro da Secretaria de Planejamento (SEPLAN)” (*Ibidem*), o que atribui a Resolução nº 05 um peso maior que a Resolução da CAPRE, uma vez que o CDE era composto pelo alto escalão das políticas econômicas enquanto o CAPRE em si era uma pequena comissão ligada à SEPLAN.

52 HELENA, S. A indústria de computadores: evolução das decisões governamentais, **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.14, n.4, p. 94-95, 1980.

Ou seja, apenas alguns fabricantes escolhidos pela CAPRE poderiam vender minicomputadores no Brasil e concorrer com a empresa estatal Computadores Brasileiros S/A, a Cobra⁵³, que estava dividida entre lançar o G-10 no mercado (que passava por uma série de problemas para serem industrializados, conforme veremos no capítulo 3) ou fazer uma parceria com alguma empresa estrangeira e lançar um equipamento importado, porém produzido no Brasil.

A proposta da concorrência buscava balancear ideias contraditórias. Ao mesmo tempo em que tentava apresentar um Brasil comprometido com as ideias liberais de livre mercado e livre concorrência, buscava proteger as necessidades econômicas locais, bem como fomentar o desenvolvimento de uma indústria nacional de informática. Assim, pelo menos discursivamente, a CAPRE, através da concorrência, afirmava que trataria todas as empresas, nacionais e internacionais, da mesma maneira. O documento que convocava as empresas interessadas a apresentarem suas propostas estabelecia os seguintes objetivos:

- a) a oportunidade e a necessidade de implementar no Brasil, com segurança, objetividade e adequada incorporação tecnológica o segmento industrial produtor de minicomputadores;
- b) a orientação geral do Governo de evitar monopólio ou reserva de mercado para empresas específicas;
- c) a orientação presidencial específica, definida no âmbito do Conselho de Desenvolvimento Econômico – CDE, através da resolução nº 5/73⁵⁴.

Ao todo, a CAPRE recebeu dezesseis propostas para a fabricação de minicomputadores⁵⁵, oito delas de empresas nacionais dispostas a comprar tecnologia estrangeira, uma associação entre empresário nacional e empresa estrangeira e sete de multinacionais⁵⁶. O artigo de José Martinez publicado em *Dados & Ideias* de agosto e setembro de 1977⁵⁷ ponderava que alguns projetos das empresas nacionais eram considerados excelentes, tanto do ponto de vista técnico quanto do ponto de vista comercial⁵⁸. Para Martinez, o número de empresas nacionais associadas com grupos estrangeiros de forma a fazer com que estes últimos burlassem o controle da CAPRE foi numericamente inexpressiva, o que mostraria o sucesso da política de informática desenvolvida até então.

53 *Ibidem*, p. 97. Vera Dantas afirma que a Capre pretendia aprovar “até três projetos” que se somariam ao da Cobra no mercado de minis (DANTAS, 1988, p. 85).

54 Texto publicado na íntegra em: *Dados e Ideias*, v.2 n.6, jun./jul. 1977, p. 53.

55 As empresas brasileiras que submeteram suas propostas foram: Sharp/Inepar/Dataserv, Edisa, Hidroservice/J. C. Mello, Elebra, Ifema, Protodata/Istra, Docas de Santos, Labo e Maico. Já as estrangeiras fora: IBM, Burroughs, Hewlett-Packard, NCR, Olivetti, Four Phase e TWR. *Dados e Ideias*, v.2 n.6, ago./set. 1977, p. 57.

56 *Dados e Ideias*, v.2 n.6, ago./set. 1977, p. 55.

57 *Ibidem*.

58 *Ibidem*.

Dos projetos apresentados, Martinez indicou aqueles que mais chamaram sua atenção. O primeiro, visto por ele como o que parecia “reunir melhores condições gerais de êxito” foi apresentado pela Sharp Equipamentos Eletrônicos S/A, empresa controlada acionariamente pelo gaúcho Matias Machline. Além de ampla tradição em tecnologia avançada, como a produção de calculadores eletrônicos, televisores em cores, aparelhos de som, entre outros, a Sharp possuía boa base comercial e financeira. Para atender as exigências do mercado de minicomputadores, a empresa formaria um *pool* com outras duas empresas paranaenses para o fornecimento de recursos técnicos complementares: a INEPAR (indústria eletrônica do Paraná), que possuía três fábricas de produtos eletrônicos, além de grande atuação no mercado de projetos de sistemas eletrônicos complementares; e a Dataserv, com experiência na área de software e assistência técnica a clientes⁵⁹. A nova associação chamar-se-ia SID – (Sistemas de Informática Distribuída ou, talvez, Sharp/INEPAR/Dataserv).

Martinez também destacou o projeto da Edisa (Eletrônica Digital S/A), do Rio Grande do Sul, um *pool* de aproximadamente vinte empresas locais que reuniam entidades que se complementavam operacionalmente: Springer-Admiral encarregar-se-ia das vendas, pois já comercializava produtos similares; a PROCERGS (Companhia de Processamento de Dados do Rio Grande do Sul) atuaria na assistência técnica a clientes; Banrisul (Banco Estadual do Rio Grande do Sul) e BRDE (Banco Regional de Desenvolvimento do Rio Grande do Sul) ofereceriam o aporte financeiro necessário para o desenvolvimento dos minicomputadores. A empresa pretendia transferir o *know-how* tecnológico da empresa japonesa Fujitsu.

Em carta distribuída pelo presidente da CAPRE, Elcio Costa Couto, os concorrentes foram informados que os projetos seriam escolhidos

de acordo com seus valores intrínsecos, tendo em vista sua adequação tecnológica, sua estrutura financeira, a qualidade do produto, as condições de transferência de tecnologia, a capacidade de concorrência no mercado (custo de produção, qualidade do produto, preço final, assistência técnica ao usuário)⁶⁰.

Costa Couto enfatizou ainda que qualquer projeto teria possibilidade de ser escolhido, independente de quem controlava o capital da empresa fornecedora. A declaração deve ser compreendida dentro do contexto exposto acima, de realizar uma “reserva de mercado” sem dizê-lo. Contudo, essa possibilidade era vista com apreensão por Martinez, pois o interesse dos dezesseis grupos que participaram da concorrência mostrava que o futuro da eletrônica di-

⁵⁹ Dados e Ideias, v.2 n.6, ago./set. 1977, p. 55.

⁶⁰ *Ibidem*, p. 57.

gital do país passava por momentos decisivos, já que os vencedores teriam chances reais de dominar o mercado no futuro.

De qualquer forma, os motivos para preocupação não se concretizaram e a concorrência foi vencida apenas por empresas nacionais: a Edisa (que, como exposto, possuía tecnologia Fujitsu); a Labo Eletrônica (com tecnologia Nixdorf); e a SID, que possuía tecnologia Logabax⁶¹. Posteriormente, a Sisco foi autorizada a competir com as demais, totalizando cinco empresas pioneiras atuando na produção e venda de minicomputadores (DANTAS, 1989, p. 34).

Consideramos que a concorrência de minicomputadores marcou a consolidação das possibilidades traçadas pela política nacional de informática que, naquele momento, era desenvolvida pela CAPRE. A nível técnico, a concorrência mostrou, por parte das empresas, grande preocupação com a nacionalização de seus produtos, pois essa era uma das exigências feitas para que a indústria nacional de computadores pudesse de fato surgir. Às multinacionais coube buscar novos caminhos para atuação no mercado brasileiro:

IBM se propôs a firmar convênios com entidades de pesquisa, e a Burroughs procuraria um sócio nacional para produção de circuitos TTL. E a Four Phase, em *joint-venture* com a Microlab, manifestou inclusive a intenção de substituir a fabricação americana de circuitos LSI pela brasileira⁶².

A partir do exposto, propomos algumas conclusões. Primeiramente, a efervescência provocada no setor da informática sinalizava possibilidades reais de se atingir, a longo prazo, a independência tecnológica almejada pelos nacionalistas tecnológicos. A *urgência* de se consolidar também uma política para a microeletrônica era mais necessária do que nunca. Os diversos artigos citados a este respeito, bem como estudos indicados que chamavam a atenção para a necessidade de políticas setoriais para a área evidenciam esta negligência. É possível que a frustração de Zuffo expressa pela afirmação de que “às vezes ele tem vontade de chorar” também pode ser compreendida como um exemplo da falta de atenção das políticas públicas para microeletrônica. A segunda conclusão é a incapacidade da indústria nacional de produzir determinados circuitos autonomamente. Como a área estava desprotegida pela “reserva” imposta pela CAPRE, as multinacionais anunciaram que, através de *joint-ventures*, explorariam o setor para “ajudar” a indústria nacional. Conforme apontamos anteriormente, os circuitos TTL já estavam ficando obsoletos desde 1974. Dada a rápida evolução tecnológica do setor de microeletrônica, é de se questionar as intenções da Burroughs ao propor, em 1977, construir circuitos TTL no Brasil. O mesmo questionamento pode ser feito para a Four Phase,

61 Dados e Ideias, v.2 n.6, out./nov. 1977, p. 34.

62 *Ibidem*, p. 37.

uma vez que naquele período já se desenvolviam CIs com integração muito ampla (Very Large Scale Integration – VLSI)⁶³. É possível especular, e essa hipótese precisa de investigações detidas para ser confirmada, que as intenções das multinacionais eram vender para o Brasil equipamentos já obsoletos ou em fase de obsolescência que eram pouco utilizados em suas matrizes para o desenvolvimento de circuitos e assim lucrarem as custas da manutenção do atraso tecnológico brasileiro. A terceira conclusão, derivada da segunda, diz respeito a possibilidade da “reserva de mercado” da CAPRE ser vista, para microeletrônica, como um risco, uma vez que ela ameaçava “empurrar” algumas multinacionais para a fabricação de circuitos. No caso dos CIs em LSI (Large Scale Integration), já era possível às poucas universidades brasileiras que possuíam laboratórios de microeletrônica desenvolvê-los e o fato da indústria nacional adquirir projetos deste tipo de sócios estrangeiros retirava dos engenheiros locais a possibilidade de desenvolvimento de tecnologia nacional. A dependência de tecnologia externa, portanto, continuaria a existir, não em nível de sistemas digitais, mas em nível de subsistemas e componentes microeletrônicos. A condução de uma política de informática que não levasse em conta a microeletrônica apenas transferiria o problema da dependência tecnológica para outro nível.

Em 2001, o relatório de Walkyria Tavares avaliava que a única iniciativa da administração pública que merece destaque na área de microeletrônica foi tomada pela Secretaria Especial de Informática (SEI), que selecionou, na década de 1980, três grupos empresariais brasileiros para a produção de CIs. Esses grupos foram o Itaú, a Elebra Microeletrônica e a Sharp (SID) (TAVARES, 2001, p. 7). Presente nas discussões promovidas pela SEI a este respeito estava, entre outros, João Antônio Zuffo, que em entrevista⁶⁴ falou sobre os projetos apresentados. Para Zuffo, a proposta da Elebra teria sido uma das mais fracas, devido a falta de con-

63 LSI (Large Scale Integration) e VLSI (Very Large Scale Integration) são algumas das siglas que designam a quantidade de componentes presentes em um circuito integrado. A complexidade da operação de CI está relacionada a quantidade de componentes que estão integrados nele. João Antônio Zuffo, no livro *Circuito integrados em média escala e em larga escala*, afirmou que não existia um critério estabelecido para classificar um CI, sendo inclusive levado em conta nessas classificações o tempo e as circunstâncias em que os CIs eram fabricados. A não existência de critérios universais de classificação levou Zuffo a “combinar” com seu leitor que empregaria esses termos da seguinte forma: Small Scale Integration (SSI) possui menos de 100 componentes; Medium Scale Integration (MSI) possui de 100 a 1.000 componentes; LSI, de 1.000 a 10.000 componentes; e os LVSI acima de 10.000 (ZUFFO, 1977, p. 2). Uma curiosidade, que diz muito a respeito do movimento que tentava construir uma indústria nacional de microeletrônica, é que todos os termos citados acima foram traduzidos no livro de Zuffo para o português. Assim, Integração em Larga Escala, por exemplo, é traduzido como ILE no lugar de LSI. Hoje, temos consolidado o uso das siglas em inglês, porém é interessante ressaltar que as tentativas de “libertação” do Brasil em relação à tecnologia estrangeira também se dava através da “libertação” da nomenclatura técnica do inglês.

64 Entrevista concedida em 29 de agosto de 2018.

trole que a empresa possuía em relação a sua produção. O da SID⁶⁵, por sua vez, era um projeto pequeno. A proposta do Itaú, através de Olavo Setubal, presidente do conselho de acionistas do Itaú e também ex-prefeito da cidade de São Paulo (1975-1979), foi a de construir uma fábrica audaciosa que contaria com 200 PhDs em dez anos, porém com a contrapartida do governo de abater dos lucros da *holding* do Grupo Itaú os prejuízos dessa fábrica, previstos para os próximos dez anos. A proposta não foi aceita, de acordo com Zuffo, pelo então Ministro do Planejamento Antônio Delfim Netto. O Grupo Itaú acabou fundando a Itaucom em 1984 através de um projeto de implementação de uma fábrica de CIs elaborado em conjunto com o engenheiro Jairo Cupertino. Porém, Zuffo afirma que a “Itaucom era pequenininha, não era o projeto original do Olavo”. Assim, observamos que a iniciativa “mais interessante” apontada por Tavares resultou em uma empresa com um projeto em que não possuía controle, um projeto pequeno e outro projeto que não pode ser inteiramente implementado devido a falta de negociação com o governo.

A lei nº 7.232, de 29 de outubro de 1984, que dispunha sobre a Política Nacional de Informática, agora discutida pelo congresso e institucionalizada⁶⁶, possuía um artigo que regulava especificamente a indústria de microeletrônica. Tratava-se do artigo 14, que estabelecia que as empresas nacionais, que “façam ou venham a fazer o processamento físico-químico para a fabricação de componentes eletrônicos a semicondutor, opto-eletrônicos e assemelhados, bem como de seus insumos, envolvendo técnicas como crescimento epitaxial, difusão, implantação iônica ou outras similares ou mais avançadas” poderão, a critério da Presidência da República, receber “o benefício da redução do lucro tributável [...] de percentagem equivalente à que a receita bruta desses bens apresenta na receita total da empresa”, um incentivo adicional em relação aqueles previstos na PNI para os demais setores da informática no Bra-

65 Há uma divergência nas informações passadas por Antônio Zuffo quando comparadas com o artigo de Tavares que precisam ser salientadas. Falando sobre as discussões promovidas pela SEI, Zuffo fala dos projetos desenvolvidos pela Elebra, Itaú e Labo e não da Elabora, Itaú e Sharp. A Sharp participou ativamente da política promovida pela CAPRE, porém em associação com a Inepar e a Dataserv, compondo a SID, conforme discutimos acima. Um informe setorial do BNDEs de 20/06/1995 que analisa a situação do complexo de microeletrônica no Brasil confirma que a terceira empresa era a SID e não a Labo, de forma que corrigimos a informação dada por Antônio Zuffo à luz dessa fonte. Disponível em <https://web.bnades.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9650/1/Informe%20Setorial%20da%20Ger%C3%Aancia%20Setorial%20do%20Complexo%20Eletr%C3%B4nico%20-%20n.3,%20jun.%201995_P_BD.PDF>. Acesso em 27 de fevereiro de 2019.

66 Ao longo dessa dissertação, utilizamos algumas vezes a expressão política nacional de informática para nos referirmos às atividades desenvolvidas pela CAPRE e, posteriormente, pela SEI. Nestes casos, optamos por manter as iniciais da sentença em minúsculo, justamente para que não houvesse confusão com a PNI aprovada em 1984. Até a sua aprovação, as políticas de informática eram pautadas por decisões tomadas pelos órgãos responsáveis pela sua condução, sem que tivesse passado pelo congresso democrático medidas a esse respeito. A partir da lei nº 7.232, a situação é diferente, pois naquele momento passa a existir uma política legitimada pelo legislativo a esse respeito. Para mais informações sobre a aprovação da Política Nacional de Informática (PNI), ver Vera Dantas (1984). Seu livro faz um relato minucioso das discussões e da corrida entre o executivo e o legislativo para a aprovação da lei.

sil. Paralelamente, as empresas que recebessem esse incentivo, preferencialmente as de microeletrônica, poderiam, pela lei, “efetuar a dedução em dobro de seu valor de aquisição, em seu lucro tributável”. Pela PNI, os demais mecanismos para a promoção da microeletrônica seriam elaborados em conjunto com todas as políticas para informática e automação através dos Planos Nacionais de Informática e Automação, a serem elaborados a cada três anos pelo Conselho Nacional de Informática e Automação (CONIN), órgão de assessoramento ligado diretamente à Presidência da República e que substituiu a Secretaria Especial de Informática (SEI), que continua existindo, porém subordinada a ele.

Observamos que a tentativa de promoção da indústria de microeletrônica desenvolvida pela SEI se deu paralelamente a publicação da PNI, que fornecia incentivos fiscais adicionais às indústrias de microeletrônica. Porém, como mostra o caso da Itaucom, mesmo esses benefícios não seriam suficientes para a fabricação em escala industrial de CIs no Brasil. Sem o apoio dos laboratórios de microeletrônica existentes nas universidades, o BNDES estimava, em 1995, que seria necessário investir de US\$ 600 a 800 milhões para se implementar uma fábrica de memórias de 16 Megabytes⁶⁷.

Nesta conjuntura, sem uma política setorial para a microeletrônica que a tornasse vantajosa para os empresários que possuíssem recursos suficientes para a criação de laboratórios se interessassem pelo campo, não seria possível desenvolver no Brasil uma indústria significativa na área. Assim, alguns projetos de CIs até poderiam ser desenvolvidos nos laboratórios universitários, porém sem nenhuma garantia de que, um dia, eles seriam repassados com sucesso para a indústria e posto no mercado à disposição da indústria nacional de computadores. Apesar da falta de incentivo estruturado para o campo por parte de políticas públicas, os laboratórios universitários, como o LSI, insistiram na produção de *chips*, indo, portanto, em sentido contrário a omissão para com o campo da microeletrônica. A seção seguinte abordará os frutos oriundos dessa transgressão.

2.4 Projetos de microeletrônica no Laboratório de Sistemas Integráveis

Antes de começarmos a discutir os projetos desenvolvidos pelo Laboratório de Sistemas Integráveis é necessário distinguir a etapa de projeto da etapa de industrialização. A questão do projeto e a formação de mão-de-obra capacitada para conduzi-lo era vista por um dos

67 Perspectivas para a microeletrônica no Brasil. **Informe setorial**. BNDE, 20 de junho de 1995. Disponível em https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9650/1/Informe%20Setorial%20da%20Ger%C3%Aancia%20Setorial%20do%20Complexo%20Eletr%C3%B4nico%20-%20n.3,%20jun.%201995_P_BD.PDF. Acesso em 27 de fevereiro de 2019.

relatórios setorial do BNDES produzido em 2009 por Gutierrez e Mendes como “alvo imprescindível na construção de um ecossistema microeletrônico” (GUTIERREZ *et al.*, 2002, p. 157). A etapa de industrialização e da produção em larga escala ficaria, obviamente, a cargo das empresas privadas. Os laboratórios das universidades eram capazes de produzir CIs completos, porém não na escala necessária para sua comercialização. Também não caberia à universidade o papel da produção em massa, uma vez que ela era vista de maneira unânime como produtora de conhecimento, embora, como vimos no capítulo 1, houvesse divergências em relação ao papel social que esse conhecimento deveria desempenhar. Levando em conta a perspectiva de produção de conhecimento, os projetos desenvolvidos pelo LSI tinham como principal objetivo fazer com que seus estudantes adquirissem *expertise* que poderia, posteriormente, ser utilizada pela iniciativa privada para a produção de uma tecnologia nacional. Isso não impediu, contudo, que alguns dos equipamentos desenvolvidos pelas universidades fossem transferidos para a indústria, como foi o caso do supermicrocomputador da Prológica, cuja concepção fora realizada pelo LSI.

Este e outros artefatos foram produzidos a partir da série de projetos intitulados Projeto de Subsistemas Integráveis, desenvolvidos no final dos anos 1970 e durante todo os anos 1980 com financiamentos da FINEP. Para Antônio Zuffo, esses projetos foram divisores de água para o LSI, pois foi a partir das verbas recebidas que o Laboratório pode expandir-se e ser equipado com novos artefatos capazes de produzir uma maior variedade de CIs de maneira mais rápida e com custos reduzidos. Vale ressaltar que, conforme veremos ao longo do capítulo, muitos desses artefatos foram construídos pelo próprio LSI.

Inicialmente, os Projetos de Subsistemas visavam a produção de Circuitos Integrados em Média e Larga Escala. Porém, no último projeto que abordaremos, o V Projeto de Subsistemas, já se falava na construção de Circuitos Integrados em Escala Muito Larga. Se levarmos em conta que, em meados dos anos 1970, quando a Transit começou suas operações, os laboratórios da USP poderiam transferir para a indústria apenas circuitos simples, no final de um intervalo de cerca de dez anos em que transcorreram os Projetos de Subsistemas, a universidade passou a produzir CIs extremamente avançados.

O processo de produção de circuitos era (e ainda é) altamente complexo e requeria grande grau de precisão, o que exigia equipamentos modernos e, inicialmente, importados. Podemos definir o processo de criação de circuitos como uma complexa negociação entre humanos e não-humanos, sendo que os primeiros exigiam que os segundos transportassem elét-

rons de determinada maneira e os segundos resistiam de variadas formas⁶⁸. Para que os humanos exercessem seu controle sob os elétrons, as “propriedades fundamentais” dos materiais semicondutores eram estudadas e mobilizadas de acordo com as funções que os humanos desejavam que esses elétrons executassem. Esse processo de negociação era bastante visível, por exemplo, nas técnicas que acrescentavam impurezas aos materiais semicondutores, visando a formação de junções *p-n* (positivo-negativo) e o controle da resistividade do material, característica relacionada com a densidade das impurezas utilizadas. Além das impurezas, eram acrescentados ao CI compostos químicos como o dióxido de silício (SiO_2) que, devido as suas propriedades isolantes, era empregado como anteparo para o bloqueio de difusão de impurezas e acrescentado em áreas específicas através de máscaras construídas pelo projetista.

Existiam diversas formas para se modificar a quantidade de impurezas em uma pastilha de semicondutor, como o “crescimento epitaxial”, a difusão e a implantação iônica. Cada um desses processos consistia em acrescentar ou “fazer crescer” em um *chip* compostos que realizam determinadas atividades, como a mudança na orientação cristalina dos átomos ou a mudança de um material tipo P (positivo) para tipo N (negativo). Não convém aqui detalhar esses processos, porém cabe ressaltar que basicamente eles se tratavam de transportar impurezas que seriam depositadas ou em todo o componente ou em determinados locais selecionados por máscaras. Como um CI possuía, neste período, basicamente o tamanho de uma unha, essas máscaras eram desenhadas em uma película de rubinete de tamanho muito superior ao do próprio CI. A máscara precisava ser reduzida através de algumas técnicas, como por exemplo a utilização de luzes ultravioletas que, ao atravessarem a sua estrutura, eram projetadas em tamanho reduzido no CI. Assim, as impurezas eram depositadas apenas nas regiões onde havia incidência de luz e o CI podia ser desenvolvido. Esse processo complexo de negociação entre humanos e elétrons envolvia máquinas, compostos químicos para transporte de impurezas, fornos, películas de rubinete, etc, e possuía um custo financeiro elevado para o seu desenvolvimento. Em entrevista, Ivan da Costa Marques afirmou que os custos envolvidos com a criação e/ou manutenção de uma infraestrutura para pesquisas em engenharia são muito superior aos necessários para o financiamento da infraestrutura nas áreas de ciências humanas, o que nos ajuda a compreender a necessidade de fontes adicionais para a entrada de recursos financeiros para os cursos de engenharia⁶⁹. Conforme vimos no capítulo 1, esta visão era compartilhada por Chiarini e Vieira (CHIARINI; VIEIRA, 2012, p. 126). Daí a importância dos finan-

68 As informações que se seguem foram retiradas de ZUFFO, 1977, pp. 2-5.

69 Entrevista concedida ao autor desta dissertação em 11 de setembro de 2018.

ciamentos da FINEP para que o LSI fosse equipado com artefatos capazes de fornecer a infraestrutura necessária para a inovação tecnológica na universidade.

2.4.1 Garantias e exigências exigidas pela FINEP

Primeiramente cabe ressaltar que, para conseguir o financiamento da FINEP, a equipe do LSI precisava fazer um trabalho de *convencimento* da Universidade de São Paulo a respeito da necessidade desses recursos. Através da análise dos documentos do II Projeto de Sub-sistemas Integráveis, o primeiro amplamente documentado, fica claro que, para a reitoria da USP aceitar os recursos FINEP, era necessário que uma série de exigências fossem atendidas. Em 25 de fevereiro de 1981, o contrato que firmaria o convênio entre a USP e a FINEP foi encaminhado para o reitor Waldir Muniz Oliva (1978-1982) pelo então diretor da Escola Politécnica Antonio Hélio Guerra Vieira, figura que, conforme afirmamos no capítulo anterior, foi o fundador do Laboratório de Sistemas Digitais e o principal responsável pela mudança do currículo do curso de Elétrica da Escola Politécnica que, a partir de 1970, deixou de lado o foco em sistemas analógicos e passou a trabalhar com sistemas digitais. Na carta anexada ao contrato, Hélio Guerra encaminhou também o manifesto do professor João Antônio Zuffo, que, excluindo o cabeçalho e as saudações padrões⁷⁰, dizia apenas:

Através desta, comunico a V.Sa. que os recursos a serem utilizados por intermédio do Convênio 15029/80 – II Projeto de Sub-sistemas Digitais Integráveis em Média e Larga Escala, por parte da USP, *são recursos orçamentários, não se prevendo em nenhuma hipótese recursos extra orçamentais*”⁷¹.

Anexado ao contrato, também encontrava-se a carta enviada por Zuffo a Hélio Guerra, que explicava quais são as contrapartidas financeiras exigidas da USP pela FINEP:

[...] constam principalmente de pessoal já contratados pela USP e outras fontes, e de material-permanente e equipamentos de pesquisa já existentes no DEE-EPUSP [Departamento de Engenharia Elétrica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo], *não solicitando nenhum gasto suplementar para a Universidade*”⁷².

As contrapartidas financeiras exigidas pela FINEP da USP eram na ordem de Cr\$ 6.905.000,00⁷³ (R\$ 777.249,84 em valores atualizados para 2019). Através destas cartas, po-

70 Todas as cartas e memorandos trocados entre LSI, Diretoria da Poli e Reitoria da USP terminam com pequenas variações da frase “sem mais, envio a V.Sa., protestos de elevada estima e consideração”. Daí o motivo de nos referirmos a ela como “saudação padrão”.

71 II Projeto de Sub-sistemas, 1981, p. 4. *Grifos nossos*.

72 II Projeto de Sub-sistemas, 1981, p. 5. *Grifos nossos*.

73 Também estavam previstos Cr\$ 3.010.000,00 provenientes de “outras fontes” (Universidade Federal de São Carlos, Instituto de Física da USP, PUC do Rio de Janeiro, Escola de Engenharia Mauá (EEM), FATEC,

demos afirmar que a principal preocupação de Zuffo para o convencimento de seus superiores hierárquicos estava na demonstração de que os projetos que seriam desenvolvidos no LSI não resultariam em despesas adicionais para a universidade. É provável que a preocupação com o aumento dos gastos da USP com a realização de projetos desenvolvidos em suas instalações seria o único fator que a levaria a vetar determinados trabalhos. As preocupações financeiras da USP estavam ligadas à situação econômica enfrentada pelo Brasil nos anos 1980.

A economista Jennifer Hermann afirmou que o ano de 1980 começou a sinalizar o esgotamento do modelo econômico proposto pelo II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) através do forte aumento da inflação e a deterioração das contas públicas e externas. A partir de 1981, a autora apontou que houve no Brasil um “grave desequilíbrio na balança de pagamentos (BP), aceleração inflacionária e forte desequilíbrio fiscal”, fatores que “inauguram um longo período de estagnação da economia brasileira, que, com raras e curtas interrupções, se estendeu até meados da década de 1990” (GIAMBIAGI *et al.*, 2011, p. 74).

Um dos motivos para a deterioração da economia foi um novo choque do petróleo ocorrido em 1979⁷⁴, que levou os bancos centrais dos países desenvolvidos a elevarem suas taxas de juros. Como resultado, interrompeu-se, desta vez de forma duradoura, o fluxo de capital oriundo desses países para os países em desenvolvimento, além da criação de condições para o descontrole da inflação, que chegou a 93% ao ano entre 1979 e 1980. A título de exemplo, quando falamos no aumento da taxa de juros, podemos considerar o caso dos EUA, que cobrava, em média, 7,9% nos anos anteriores ao segundo choque. Em 1981, a taxa adotada por este país passou para 16,4%, mais que o dobro. Para Hermann,

O aumento dos juros americanos contribuiu para aumentar seus deficits em conta-corrente de duas formas: (1) através da retração das importações dos países industrializados (entre eles os Estados Unidos, historicamente, grande comprador de produtos brasileiros); e (2) através do aumento das despesas com a dívida externa, já que grande parte dela fora contratada a taxas flutuantes (revistas a cada seis meses), indexadas à *prime rate* [que era de 18,9% no período]. Ao mesmo tempo, os juros mais altos dificultavam a captação de novos empréstimos pelos países já endividados (*Ibidem*, p. 78).

Neste cenário, o modelo econômico adotado pelo governo de João Baptista de Oliveira Figueiredo (1979-1985) era o de ajuste explicitamente recessivo baseado em políticas

Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Federal de Minas Gerais) e Cr\$ 1.135.000,00 oriundos da FEI, totalizando Cr\$ 11.350.000,00 (II Projeto de Subsistemas, 1981, p. 6).

74 De acordo com Hermann, “por decisão da OPEP, o preço do barril no mercado internacional saltou da média de US\$13,60 em 1978 para US\$30,03 em 1979 e US\$35,69 no ano seguinte” (GIAMBIAGI *et al.*, 2011, p. 77).

monetárias. Hermann apontou que o objetivo era reduzir a absorção interna para a geração de excedentes exportáveis. Assim, os juros *reais* internos aumentaram, forçando as empresas públicas e privadas a abandonarem empréstimos internos e buscarem outras fontes de renda, criando assim estímulo para entrada no Brasil de capital estrangeiro. A medida não deu certo, uma vez que, após a moratória do México (1982), os países altamente endividados passaram a ser considerados de alto risco por investidores e o pouco capital atraído não foi o suficiente para cobrir as despesas brasileiras. No final de 1972, o Brasil recorreu a um empréstimo do FMI (Fundo Monetário Internacional) de US\$4,2 bilhões, assumindo os compromissos exigidos pelo banco e aumentando o rigor da política monetária restritiva que estava em curso no país (*Ibidem*, p. 90).

Além da necessidade de diminuição dos gastos públicos empregados para a manutenção dos serviços básicos oferecidos pelo Estado à população, o que certamente restringiu os repasses para a educação superior, a concepção que o FMI e o seu “irmão gêmeo” nas palavras de Sguissardi (2001, p. 1), o Banco Mundial (BM), possuíam para o ensino universitário que deveria ser oferecido nos países em desenvolvimento, não era favorável à proposta de desenvolvimento tecnológico nacional conduzido pelo Brasil e, em especial, não era favorável para as práticas acadêmicas realizadas pela Escola Politécnica.

Quando um país solicitava recursos ao FMI ou ao BM, ele precisava se comprometer a adotar medidas liberais que, de acordo com a visão desses bancos, promoveriam a estabilidade financeira necessária para que o país conseguisse arcar com o pagamento das parcelas do empréstimo que realizou.

Ambos os fundos, vinculados à ONU, possuíam objetivos semelhantes que nos ajudam a compreender de que forma se dava sua interferência nos países em desenvolvimento. Sguissardi afirmou que existia, principalmente no BM, uma forte influência dos EUA, que arcava com a maior parcela do capital volante da fundação. Na prática, isso fazia com que o banco atuasse como instrumento auxiliar da política externa norte-americana. Desta forma, obviamente, os objetivos⁷⁵ destas instituições não eram neutros, uma vez que privilegiavam os

75 Entre os objetivos apontados por Sguissardi para o FMI estava o de “fomentar a estabilidade cambial e ajudar a estabelecer um sistema multilateral de pagamentos para as transações correntes entre os países membros”. Para o BM, o autor apontou o “fomentar inversões privadas de capital no estrangeiro e complementá-las” e “promover um crescimento equilibrado, no longo prazo, (...) aumentando a produtividade, elevando o nível de vida e melhorando as condições de trabalho em seu território” (SGUISSARDI, 2001, p. 2). Embora essas ideias possam, dentro de um pressuposto liberal, ser desejável para qualquer país capitalista, na prática, como no caso do Brasil, havia um direcionamento dos recursos públicos para o capital financeiro em detrimento dos serviços ofertados à população, como saúde e educação. Sguissardi apontou que as contrapartidas exigidas tanto pelo FMI quanto pelo BM contribuíram para o agravamento da precariedade econômica dos países em desenvolvimento.

interesses dos países desenvolvidos em detrimento dos países em desenvolvimento que, normalmente, contraíam seus empréstimos. Especificamente nos anos 1980, a atuação do FMI e do BM foram no sentido de “minorar os riscos para os países credores da crise da dívida externa dos países devedores” (SGUISSARDI, 2001, p. 4). Essas políticas que reservaram espaço quase que exclusivamente aos indicadores econômicos fizeram com que a educação, sobretudo a universitária, fosse vista como não prioritária.

Em um documento intitulado *La Enseñanza Superior – Las lecciones derivadas de la experiencia*, de 1994, o Banco Mundial expôs uma série de “orientações” que são analisadas no artigo de Squissardi. Apesar de o documento ter sido publicado quatorze anos depois do momento em que o Brasil contraiu esses empréstimos em específico do FMI, o autor afirmou que os pressupostos ideológicos (liberais), tanto do FMI quanto do BM são os mesmos desde suas fundações até o começo dos anos 2000, diferente de outros organismos da ONU que reformularam suas prioridades, como a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), a OMS (Organização Mundial da Saúde) e a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) (*Ibidem*, p. 3). A permanência da preponderância do economicismo⁷⁶ nas análises liberais expostas pelo BM e FMI nos permite assumir que, mesmo na década de 1980, o papel atribuído ao ensino superior era o mesmo.

Em *La Enseñanza Superior*, o Banco Mundial considerou a participação do governo no ensino superior como excessiva e ineficiente na maioria dos países, que deveriam criar políticas que empregassem o “efeito multiplicador dos recursos públicos”, garantindo maior autonomia das universidades públicas. O ensino superior era avaliado exclusivamente em termos de custo/benefício para a sociedade. Como a educação superior era retratada como um componente que exclusivamente elevava os salários apenas dos graduados, e, portanto, não trazia benefícios sociais consideráveis, a conclusão do Banco era que as políticas públicas deveriam privilegiar o ensino básico em detrimento do superior. Desta forma, propunha que o governo atuasse apenas exercendo o controle das instituições de ensino via fiscalização e avaliação, deixando o suporte financeiro para outras fontes, como o mercado, visto como *regulador* nesta concepção. Squissardi conclui que

as necessidades do ajuste econômico e fiscal dos países em desenvolvimento, as premissas da análise econômica do tipo custo/benefício norteiam as principais diretrizes do Banco para a reforma dos sistemas

⁷⁶ Squissardi utiliza a definição do economista argentino Jose Luis Coraggio, para quem “o modo economicista com que se usa essa teoria para derivar recomendações contribui para introjetar e institucionalizar os valores do mercado capitalista na esfera da cultura, o que vai muito além de um simples cálculo econômico para comparar os custos e benefícios das diversas alternativas geradas do ponto de vista social ou político” (*Ibidem*, p. 5).

de educação superior nesses países: priorizam-se os sinais do mercado e o saber como bem privado (*Ibidem*, p. 7).

Assim, em um contexto de crise econômica onde o Brasil necessitava de empréstimos internacionais que, por sua vez eram realizados por organismos internacionais que exigiam contrapartidas de ordem econômica liberal que consideravam o ensino superior como um investimento secundário, era compreensível que, ao firmar um acordo de desenvolvimento tecnológico com a FINEP, a única preocupação por parte dos atores ligados diretamente à Universidade de São Paulo fosse demonstrar que este convênio não demandaria nenhum recurso orçamentário extraordinário por parte da universidade.

A contrapartida de Cr\$ 6.905.000,00 exigida da USP pela FINEP citada anteriormente, tratava-se de recursos humanos e materiais que já se encontravam disponíveis na universidade. Fizeram parte do projeto, como “recursos humanos”, os professores João Antônio Zuflo, Luiz de Queiroz Orsini, Walter del Picchia, Fabio Kohn, José Carlos Teixeira de Barros Moraes e José Rubens Dória Porto. Os demais recursos foram destinados a gastos diversos, como contas de água, luz, etc, bem como os equipamentos já existentes na Poli, computadores, fontes, osciloscópios e até armários e máquinas de escrever.

As “demais instituições” do qual o contrato se referia, detalhadas na nota 74, participaram exclusivamente com o fornecimento do pessoal científico e técnico contratado para a realização do II Projeto de Subsistemas. Os cientistas foram: Silvio Davi Paciornick (UFS-CAR e IF-USP), Luiz Carlos S. do Carmo (PUC-Rio), Astor Modesto de Souza (PUC-Rio), José Hiroki Saito (UFSCAR), Mario Dias Ferraretto (IF-USP), Alexander Drzoni Lucinski (EEM), Oscar Benedito Junior (FATEC), Marcos Cardoso Filho (UFSC), Fábio Gonçalves Jota (UFMG), Graça Bressan (IF-USP) e Rubens Rodrigues Sewaybric (IF-USP). Já os técnicos: Alessandro La Neve (FEI) e Francisco Eneas C. Lemos (FEI).

A análise prosopográfica de parte destes indivíduos⁷⁷, cujas informações foram levantadas majoritariamente a partir de seus Currículos Lattes, mostrou que a maioria deles era formada em engenharia (elétrica, eletrônica ou telecomunicações) e possuía pós-graduação em áreas relacionadas à eletrônica e/ou engenharia de sistemas e softwares. Alguns, como Paciornick, Carmo e Ferraretto, trabalhavam em departamentos de Física, porém atuando em áreas relacionadas à microeletrônica (por exemplo, Carmo pesquisava filmes finos). Todos eram, também, professores das universidades que os cederam para o projeto, com exceção do pessoal técnico que, em seus currículos, consta que atuavam como “colaboradores” da USP

77 Não foram encontradas informações sobre Alexander Drzoni Lucinski, Oscar Benedito Junior e Rubens Rodrigues Sewaybric.

no período. Cerca de metade dos profissionais cujas informações obtivemos, cursaram ou concluíram suas pós-graduações na Poli durante o andamento dos projetos de subsistemas. É o caso de Graça Bressan, que iniciou seu doutoramento, cujo título foi *Ambiente de Programação Distribuída: Definição, Análise e Síntese*, em 1979 e o concluiu em 1986. De 1980 a 1983, Jose Hiroki trabalhou em sua tese intitulada *Automação de Projetos de Circuitos Impressos em um Sistema Gráfico Interativo*. Fábio Gonçalves Jota trabalhou em seu mestrado *Projeto e Construção de um Terminal Gráfico*, de 1980 a 1982. De 1974 a 1980, Alessandro La Neve trabalhou em seu mestrado *Projeto e Construção de uma calculadora Serial-Binária* e, de 1980 a 1982 em seu doutorado *Projeto e implementação de uma calculadora programável serial-binária*. Francisco Enéas da Cunha Lemos realizou o seu mestrado *Projeto e Implementação de um Terminal de Vídeo* no período de 1975 a 1979 e seu doutorado *Arquiteturas de Computadores Dirigidos pelo Fluxo de Dados* de 1980 a 1986. Além de atuar como professora, durante o período de suas pesquisas Bressan era bolsista do CNPq. Da mesma forma, Hiroki e Jota, também professores, recebiam bolsa para pesquisa da Capes. La Neve, da equipe técnica, teve como orientador de seus dois trabalhos acadêmicos João Antônio Zuffo, enquanto Lemos, também da equipe técnica, teve o seu mestrado orientado por Zuffo e o seu doutorado orientado pelo Prof. Dr. Wilson Vicente Ruggiero, do LSD. Da mesma forma, Jota e Hiroki tiveram um de seus trabalhos orientados por Zuffo.

A partir das informações dos currículos dos integrantes do II Projeto de Subsistemas, notamos que todo o trabalho foi desenvolvido por engenheiros especializados com formação acadêmica consistente. Também observamos que a equipe era agrupada sobretudo entorno de João Antônio Zuffo, que além de ser o coordenador de todos os projetos com a FINEP orientava os estudos de diversos pesquisadores envolvidos com os trabalhos, mesmo daqueles que eram cedidos por outras instituições de ensino brasileiras. Ao levamos em conta as contrapartidas exigidas pelo contrato da FINEP, podemos afirmar que o II Projeto de Subsistemas era um grande projeto de aprimoramento acadêmico desenvolvido inteiramente nas instalações físicas da Poli e que contou com profissionais de diferentes instituições de ensino.

Os contratos entre a FINEP e o LSI eram autorizados pela Decisão da Diretoria FINEP nº 423 de 15/12/1980 e pela Exposição de Motivos nº 273 de 11/08/1978, publicada pelo presidente da república. Para o II Projeto de Subsistemas, foram destinados por parte da FINEP Cr\$ 4.622.986,00 (o equivalente a R\$ 520.378,73). Os objetivos descritos pelo projeto eram:

Operando na interface entre projetos de sistemas, de circuitos e de processos em microeletrônica:

- a- Intensificar a formação de recursos humanos em projetos de sistemas integráveis em colaboração com as equipes de processos em microeletrônica;
- b- Divulgar amplamente os conhecimentos técnicos e científicos obtidos na área;
- c- Intensificar o intercâmbio técnico científico com grupos de pesquisa afins;
- d- Prosseguir no desenvolvimento e consolidação da tecnologia de integração em escala muito ampla (VLSI);
- e- Prosseguir no desenvolvimento de protótipos em SSI e MSI de subsistemas integráveis. Desenvolver e complementar os programas existentes de 'software' para simulação e documentação de sistemas⁷⁸.

O desenvolvimento do projeto estava previsto para começar em 01/09/1980 e terminar em 31/05/81. Dos Cr\$ 4.622.986,00 fornecidos pela FINEP, Cr\$ 400.000,00 (R\$ 45.025,33) era destinado à importação de materiais permanentes⁷⁹. Do restante, ou seja, Cr\$ 4.222.986,00 (R\$ 475.353,39), Cr\$ 2.500.000,00 (R\$ 281.408,34) era destinado ao pagamento do pessoal envolvido com o projeto (Cr\$ 750.000,00 – R\$ 84.422,50 – para os cientistas, Cr\$ 450.000,00 – R\$ 50.653,50 – para os técnicos, o mesmo valor para o pessoal administrativo, Cr\$ 300.000,00 – R\$ 33.769,00 – para “diárias” e Cr\$ 550.000,00 – R\$ 61.909,84 – para “obrigações patrimoniais”), Cr\$ 1.622.986,00 (R\$ 182.688,72) seria gasto com materiais de consumo e Cr\$ 200.000,00 (R\$ 22.512,67) com outros serviços. A partir desses números, observamos que, primeiramente, o “peso” majoritário do projeto estava no pagamento do pessoal envolvido com ele, uma vez que aproximadamente 54% de montante da verba possuía este destino. Os materiais de consumo, que não são especificados no projeto, respondiam por cerca de 35% do total disponibilizado pela FINEP e os investimentos em infraestrutura apenas 0,8%. Os dados indicam que, no âmbito do II Projeto de Subsistemas, os laboratórios do LSI eram minimamente estruturados para produção de circuitos de média e larga escala, uma vez que a quantidade de novos equipamentos necessários para o desenvolvimento do projeto era mínima. Conforme veremos, o próprio LSI desenvolvia parte dos equipamentos utilizados em suas pesquisas. Os dados também apontam para o elevado valor da mão-de-obra envolvida com P&D em microeletrônica, fato que certamente afastavam a iniciativa privada do protagonismo do setor e que indica a validade das afirmações feitas por Talles e Zuffo na seção anterior.

O contrato firmado entre USP e FINEP estabelecia critérios rigorosos, tanto para prazos quanto para os recursos fornecidos. Os recursos deveriam ser movimentados exclusiva-

⁷⁸ II Projeto de Subsistemas, 1981, p. 19.

⁷⁹ A FINEP afirmava seu compromisso com a tecnologia nacional ao dizer, em seu contrato, que só seriam autorizadas importações no caso de *não* existência, no país, de pessoas físicas ou jurídicas capazes de realizarem “funções ou atividades altamente técnicas e especializadas” (II Projeto de Subsistemas, p. 27).

mente através de uma conta no Banco do Brasil aberta para cada convênio firmado. O valor não utilizado deveria ser devolvida para a FINEP. Além disso, havia o risco de suspensão dos pagamentos por diversas razões: caso os recursos fossem empregados para fins não previstos pelo contrato; caso não fosse apresentado o relatório técnico nas datas previstas; caso o projeto fosse paralisado; caso o beneficiário (no caso a USP) ficasse inadimplente com outros convênios ou contratos firmados com a FINEP; entre outros fatores. Havia, também, grande preocupação com o pagamento dos docentes da USP envolvidos com o projeto, uma vez que estes eram contratados pela universidade como RDIDP (Regime de Dedicção Integral à Docência e à Pesquisa), e, portanto, eram impedidos de realizar atividades fora da esfera da docência ou da pesquisa. Por esta razão, todos os valores repassados para os profissionais da USP estavam sujeitos a análise e aprovação da reitoria. O próprio contrato da FINEP exigia que o teto de pagamentos estabelecido pelas instituições públicas fosse respeitado. De fato, em documento enviado à Poli pela reitoria da universidade, exigia-se especial atenção a esta questão, solicitando que os valores pagos aos funcionários da USP fossem encaminhados previamente para análise. Essa etapa, de acordo com o documento, seria fundamental para a aprovação do projeto pelo reitor⁸⁰.

Ao aceitar o contrato com a FINEP, a Poli se comprometia com uma série de exigências, algumas delas voltadas para o desenvolvimento da tecnologia nacional, como a participação na análise de outros projetos desenvolvidos por outras instituições brasileiras. Conforme veremos na discussão do V Projeto de Subsistemas, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que possuía, no período, projetos financiados pela FINEP, foi chamada pela Financeira para fazer a avaliação dos trabalhos realizados no LSI. Há, também, a obrigação de publicizar a existência de um financiamento FUNTEC (através da FINEP) sempre que um trabalho for eventualmente publicado a partir do desenvolvimento das pesquisas, o que se caracteriza como uma tentativa de afirmar publicamente o compromisso da Financeira com o desenvolvimento científico e tecnológico nacional. As dissertações e teses consultadas para o nosso trabalho, adequadas a essa exigência, exibem em suas folhas de rosto a informação de que o trabalho foi realizado com financiamento da FINEP.

Observa-se ainda grande preocupação com as questões de propriedade intelectual dos equipamentos desenvolvidos através do financiamento da FINEP. O capítulo V dispõe exclusivamente sobre a normatização das inovações passíveis de patente. Pelo contrato, todos os valores obtidos com tais artefatos seriam repartidos em partes iguais entre a Poli e a FINEP e

80 II Projeto de Subsistemas, p. 32.

a regulamentação dessas eventuais patentes se dariam através de instrumentos próprios a serem fixados entre ambas as partes. Havia, também, a especificação de que os contratos de trabalho firmados entre a USP e participantes do projeto estabelecessem “que os direitos a exploração da propriedade de patente e/ou privilégio obtidos não seriam contestados por empregados e/ou prestadores de serviços”⁸¹, porém, era possível para a Poli transferir, caso assim desejasse, sua parcela da propriedade intelectual para o pesquisador que a desenvolveu. Por fim, existia um dispositivo que obrigava a instituição a explorar, dentro de um prazo de três anos, as suas inovações, bem como não interromper a exploração das mesmas por um período superior a um ano. Essas exigências eram necessárias quando se levava em conta as determinações realizadas na Lei nº 5.772 de 21 de dezembro de 1971, que estabelecia o Código da Propriedade Industrial. Caso esses prazos não fossem respeitados, a instituição que promovera a inovação perderia seu direito de exploração, que seria transferido para um terceiro que solicitasse o benefício nos termos da lei.

Através da análise do contrato estabelecido entre USP (através da Poli) e FINEP, podemos inferir que o desenvolvimento dos projetos de subsistemas agregava diferentes interesses e os direcionava para um mesmo fim. A equipe científica e técnica buscava, sobretudo, o aprimoramento dos saberes relacionados à pesquisa e desenvolvimento da equipe envolvida e, também, uma forma de complementação salarial. Na entrevista com Edith Ranzini, podemos observar que os profissionais envolvidos com pesquisa dentro da USP encontraram nos projetos realizados com financiamentos externos um salário que motivava sua permanência na universidade. De acordo com Ranzini, o problema de atuar como professor de tempo integral era a impossibilidade de complementar o salário de maneira adequada.

[...] Você podia complementar [seu salário] até um determinado valor, mas não era, não era interessante. Então o fato de surgirem essas fundações [...] e ter naquela época a reserva de mercado que um monte de gente vinha pedir para a gente desenvolver coisa porque não podia importar, surgiram muitos projetos então a gente CONSEGUIU recursos para ter uma remuneração muito boa aqui dentro. Não é que a gente tinha uma complementação para não fazer nada. A gente trabalhava [...] Trabalhava nos projetos e era remunerado por isso⁸².

Embora Ranzini se referisse exclusivamente aos projetos desenvolvidos através da FDTE, acreditamos que o sentimento de que o salário pago ao docente exclusivamente através do RDIDP não seria “interessante” para manter os profissionais vinculados exclusivamente à universidade. Daí, talvez, o motivo de 54% da verba destinada pela FINEP para o desenvolvi-

81 *Ibidem*, p. 27.

82 Entrevista concedida ao autor em 28 de agosto de 2018.

mento do II Projeto de Subsistemas ter sido utilizado para o pagamento do pessoal científico e técnico ligado aos trabalhos.

Já a FINEP, buscava sobretudo o desenvolvimento de inovações tecnológicas passíveis de obtenção de patentes. Isso se explica pelo fato da Financeira realizar empréstimos a título de fundo perdido, conforme discutido no capítulo 1. Através dos contratos estabelecidos com as instituições, a única maneira da FINEP receber alguma espécie de retorno para os seus investimentos seria através do eventual desenvolvimento de uma inovação tecnológica, uma vez que os contratos garantiam-lhe metade dos lucros obtidos. Desta forma, consequentemente, a FINEP aumentava as possibilidades de novos investimentos para projetos tecnológicos.

Conforme discutimos no capítulo anterior, Latour deu o nome de *máquina* aos arranjos que agregam diversos atores com diferentes *inter-esses*. Da mesma forma que as fundações se constituíam como máquinas, pois permitiam o trabalho conjunto de diferentes instituições, o contrato da FINEP exercia a mesma função. O convênio gerou resultados, tanto em relação ao desenvolvimento de projetos tecnológicos como em relação à produção acadêmica justamente por conseguir direcionar cursos de ação diferentes para um mesmo objetivo, como veremos na próxima subseção.

2.4.2 Produção acadêmica e desenvolvimento tecnológico

O II Projeto de Subsistemas foi estruturado levando em conta diversos subprojetos agrupados em duas grandes áreas denominadas DESENVOLVA e LIVRE. O objetivo final era, de acordo com o documento intitulado Plano de trabalho do prof. João Antônio Zuffo dentro do Projeto de Subsistemas Integráveis⁸³, “o projeto e construção de CIs complexos em umas poucas pastilhas de silício”.

O DESENVOLVA foi descrito como o desenvolvimento de sistemas “de novas arquiteturas e projetos em microeletrônica”⁸⁴. Neste conjunto de atividades estava prevista a construção de processador de Transformada Rápida de Fourier (Fast Fourier Transform – FFT) em parceria com o Departamento de Metalúrgica da PUC-Rio. O FFT operava através da resolução de equações matemáticas complexas de maneira otimizada e compartimentada, ou seja, dividindo essas equações em etapas recursivas, ganhando, assim, tempo e desempenho computacional⁸⁵. O objetivo, de acordo com o projeto, era integrar a longo prazo os subsiste-

83 II Projeto de Subsistemas, p. 58.

84 *Ibidem*, p. 94.

85 DE OLIVEIRA, Emilio Hoffmann; PADOIN, Edson Luiz. ANÁLISE DE DESEMPENHO DA TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER EM GPGPUS E MPSOCS. **Salão do Conhecimento**, [S.l.], ago. 2015. ISSN 2318-2385. Disponível em: <<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconheci>>

mas resultantes em pastilhas de silício. Previam-se ainda a construção de um terminal gráfico a cores de baixo custo utilizando “alguma inteligência local”⁸⁶. Outros projetos eram: desenvolvimento de um videoscópio de baixo custo para substituição do osciloscópio; desenvolvimento de um PABX de computação temporal controlado por microprocessador; desenvolvimento de critérios para associação de microprocessadores visando, assim, a elaboração de esquemas de multiprocessamento, o que aumentaria consideravelmente a velocidade e a capacidade de processamento de computadores; criação de um terminal cassete inteligente de baixo custo, possivelmente para o armazenamento de informações⁸⁷; desenvolvimento de uma Unidade Lógica Aritmética (ULA) simples segmentada por bits MOS canal N; desenvolvimento de diversos e variados componentes microeletrônicos; alguns projetos envolvendo máquinas de calcular serial-binárias, tema derivado daquele discutido na tese de livre-docência de Zuffo intitulada *Delineamento de um processador de dados modular serial-decimal*.

Esse trabalho foi de suma importância para a compreensão das atividades desenvolvidas no LSI. O primeiro financiamento FINEP (IF/275) para o Laboratório foi realizado para a implementação de um processador baseado nas ideias ali delineadas. Em um pedido de complementação salarial realizado em 25 de setembro de 1981, Zuffo afirmou que um dos planos de pesquisa para o II Projeto de Subsistemas era o “desenvolvimento da arquitetura de um microprocessador modular destinado ao controle do fluxo de microinstruções de um microprocessador segmentado por bits”. De acordo com o documento, a arquitetura deste sequencializador teve origem na tese de Livre-Docência de Zuffo, e vinha sendo desenvolvida e aperfeiçoada no decorrer dos anos⁸⁸. Pela sua datação (cerca de quatro meses após o término oficial do II Projeto), esse documento adiantava a necessidade de um III Projeto de Subsistemas, apontando para a incorporação através do trabalho anterior de novos equipamentos/conhecimentos agora disponíveis no Laboratório.

Pela importância que teve para as atividades do LSI, vamos discutir a tese de Livre-Docência de Zuffo. Seu principal objetivo foi desenvolver

um processador de dados bastante geral com seus subsistemas divididos em módulos e submódulos, e que pudesse ser implementado em escala crescente para as novas tecnologias de circuito integrado. Tal processador destina-se a

mento/article/view/4509>. Acesso em: 28 mar. 2019.

86 II Projeto de Subsistemas, p. 94.

87 Não localizamos nos projetos uma descrição mais acurada a respeito do terminal cassete. Porém, localizamos no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) um trabalho de graduação (TG) desenvolvido em 1978 por Mauricio Breternitz Junior e intitulado “Unidade de Memória Cassete para Microcomputador Controlável por Programa”. Neste trabalho, um videocassete foi adaptado para armazenamento de informações, o que nos permite supor que a prática fosse relativamente difundida no período.

88 *Ibidem*, p. 145.

gerar uma família de máquinas de calcular e mini-processadores de informações que podem eventualmente ser empregados, entre outras aplicações, na codificação automática de informação⁸⁹.

Zuffo estabeleceu duas características para seu sistema: ser um sistema *serial-decimal* e ser um sistema *microprogramado*. A escolha pela utilização da numeração decimal parece um contrassenso quando se leva em conta que os sistemas digitais evoluíram a partir do sistema binário, ou seja, aquele que emprega apenas os dígitos 0 e 1. Para Zuffo, porém, como o processador atuaria primariamente como uma máquina de calcular, o tempo de execução das operações não seria essencial, uma vez que a entrada dos números através de sua digitação é um processo lento. A adoção da ideia de *serie* permitia, ainda, o aumento da capacidade de operação do sistema sempre que necessário, pois novos componentes poderiam ser facilmente acrescentados aos antigos e postos para trabalhar em conjunto. A única desvantagem estaria no processo de armazenamento. Nos equipamentos existentes, armazenar números decimais ocupava 20% a mais de espaço utilizado para o armazenamento de algarismos binários. Porém, de acordo com Zuffo, a técnica por ele desenvolvida permitia aumentar a eficiência de armazenamento e, assim, contornar esse problema⁹⁰.

Já um sistema *microprogramado*⁹¹ permitia o armazenamento de instruções em memórias de apenas leitura (MAL⁹²) que, quando necessário, poderiam ser substituídas, possibilitando a troca do repertório de instruções sem a necessidade de um novo projeto. Essa opção elevou o preço para o desenvolvimento do processador, porém, por se tratar de um trabalho acadêmico havia a primazia da pesquisa sob a possibilidade de industrialização, fazendo com que Zuffo adotasse a ideia apesar de seus custos. O autor argumentava que

Quando se procede desta maneira, é natural que a evolução tecnológica mostre a inviabilidade ou a inutilidade de muitas ideias aqui apresentadas. *Entretanto este é o preço a pagar por todos aqueles que tentam descortinar algumas aplicações futuras em todos os campos da ciência*. Todavia, a experiência mostra que, de modo geral, as expectativas e previsões formuladas em

89 ZUFFO, 1974, p. 1.1.

90 Trata-se de indicar com um número hexadecimal o começo e o término de cada palavra armazenada. Assim, as palavras podem ser armazenadas sequencialmente, não deixando nenhum “espaço em branco” que outrora ficaria reservado para números maiores. Eram, portanto, palavras de comprimento variável.

91 João Antônio Zuffo define a microprogramação como “uma maneira sistemática de projetar a unidade de controle de um sistema digital genérico. A ideia básica consiste em programar, através de uma disposição sequencial bem definida, as micro-operações a serem executadas pela unidade controle, estabelecendo assim uma ordem de precedência a ser executada no tempo. [...] O encadeamento das micro-instruções entre si é denominado de micro-programa” (ZUFFO, 1974, p. 1.4-1.6).

92 Em inglês, *read-only memory* (ROM), terminologia comumente aceita até os dias atuais. Zuffo, conforme apontamos anteriormente, optava por traduzir os termos do inglês para o português como uma estratégia de *descolonização* do conhecimento técnico. Como estamos apresentando a tese de Zuffo, optamos por manter suas traduções em respeito a sua historicidade.

bases rigorosas sobre a evolução da tecnologia, tem sido não só realizadas como amplamente superadas⁹³.

Abordaremos a seguir a ideia de “preço a ser pago” por aqueles que procuram caminhos alternativos aos já padronizados pela rede sociotécnica em que estão inseridos. Todavia, neste trecho, cabe notar que o autor orientou sua tese acadêmica no sentido de criar uma possibilidade de geração de tecnologia original, tecnologia esta que é obviamente brasileira. Esta ideia dialoga com o de Leopoldo e Silva explorado no capítulo 1 acerca da necessidade da pesquisa básica (LEOPOLDO E SILVA, 2001, p. 301) e reafirma a importância da universidade de manter certo distanciamento do mercado. Caso a pesquisa de Zuffo fosse orientada para fins comerciais, aspectos inovadores de sua proposta precisariam ser deixados de lado.

A preocupação em produzir uma tecnologia original levou Zuffo a adaptar ou remover características comuns aos sistemas microprogramados convencionais, como por exemplo o conceito de ciclo básico de tempo da máquina, constituído por um número fixo de ciclos de relógio, característica que foi eliminada⁹⁴. Outra inovação foi o emprego de subsistemas autônomos cuja ideia, apesar de já conhecida pelas comunidades de engenheiros em geral, foi utilizada de maneira ampla neste projeto. Houve, também, uma alteração na maneira como a vírgula decimal era armazenada no sistema, sendo desenvolvido um esquema que permitia o seu deslocamento em relação ao número (para a esquerda ou para a direita), fazendo com que a precisão dos valores calculados fossem adequadas ao resultado que se esperava obter da calculadora. Assim, caso o processador fosse preparado para realização de cálculos financeiros, seria necessária a utilização de apenas duas casas decimais; caso o processador necessitasse realizar cálculos matemáticos complexos, cuja acuracidade dos resultados fosse essencial, apenas pequenas mudanças seriam necessárias para que a resposta apresentada fosse satisfatória, característica que mostrava a versatilidade do projeto.

Por fim, cabe salientar a principal particularidade do processador projetado por Zuffo. Ele foi dividido em duas partes, a Unidade de Processamento e Fluxo de Dados (UCPDF), que continha “a unidade aritmética e lógica, os registradores de deslocamento especiais denominados de A, B e C, a memória principal e a maior parte dos fios condutores de informação” e a Unidade de Controle Central (UCC), “onde se concentram predominantemente os elementos que geram as variáveis de controle das matrizes distribuidoras, seletoras e as variáveis de controle de transferência de controle dos subsistemas”⁹⁵, que, dada a complexidade de cada

93 ZUFFO, 1974, pag. 1.3. *Grifos nossos*.

94 *Ibidem*, p. 1.8.

95 *Ibidem*, p. 1.11.

uma das partes, foram consideradas por Zuffo como independentes. A UCPFD foi delineada de modo a satisfazer interligações entre diversos subsistemas para assim apresentar

sempre que possível características modulares e sub-modulares, de modo que suas partes possam progressivamente serem integradas em um único componente. Outrossim, tendo em conta que o processador é micro-programado, modular e de operação serial, vamos a partir dele, gerar uma família de outros sistemas, cuja complexidade pode variar desde simples máquinas de calcular até processadores complexos de informação⁹⁶.

Esses subsistemas capazes de ampliar a capacidade do processador eram memórias MAL que poderiam ser adquiridos no mercado, sem a necessidade de produzi-los especialmente para este fim. Zuffo preferiu utilizar em seu projeto memórias feitas a partir de semicondutores no lugar das memórias de núcleo de ferrite utilizadas na época, uma vez que as memórias baseadas em semicondutores eram mais rápidas. Contudo, naquele momento, a informação armazenada pelas memórias de semicondutores era volátil, ou seja, caso a energia elétrica fosse interrompida no processador, a informação armazenada se perderia. Zuffo aceitou o problema *apostando* na tendência de progressiva substituição das memórias de núcleo de ferrite, pois o aperfeiçoamento das memórias em semicondutores diminuiria o seu valor e tornaria possível o armazenamento confiável de mais informações.

Porém, o processador apresentava um problema ao utilizar as memórias MAL (ROM) disponíveis no mercado. A maioria delas era desenvolvida para armazenamento de variáveis binárias, o que tornava necessária a produção de adaptações baseadas em pequenos circuitos combinatórios adicionais às suas entradas⁹⁷. No momento da produção da tese de livre-docência, ou seja, no momento de pesquisa acadêmica básica, a adaptação apresentava um custo aceitável.

Um subsistema presente no processador, considerado pelo autor o mais importante e sofisticado, que, ao contrário das memórias MAL (ROM), não poderia ser adquirido no mercado nacional, era a Memória Principal (MP), onde se encontrava uma Unidade de Controle Local (UCL) que atuava como auxiliar da UCC na localização, retirada, e armazenamento de informações. Assim como o processador, a MP era microprogramada e poderia operar em conjunto com a UCC, através de variáveis de transferência de controle, dando versatilidade no endereçamento e localização de endereços⁹⁸. A tese de Zuffo combinava, portanto, componentes padronizados disponíveis no mercado e adaptados no LSI com a produção de componentes exclusivos para o seu funcionamento.

⁹⁶ *Ibidem*, p. 3.4.

⁹⁷ *Ibidem*, pag. 3.31-3.32.

⁹⁸ *Ibidem*, pag. 3.31.

A base do LSI e do I Projeto de Subsistemas foi a ideia de produção do processador serial-*decimal* elucidado acima. Em 1981, a ideia reaparece em um documento do II Projeto de Subsistemas que apresenta em conjunto das atividades desenvolvidas por Zuffo no Laboratório. O objetivo do documento era convencer a chefia da Poli a aceitar o pedido de suplementação salarial que Zuffo havia solicitado para o desenvolvimento de seu projeto. Para este fim, Zuffo afirmou que pretendia “projetar e construir uma máquina serial decimal com programas armazenados. Esta máquina [seria] inicialmente montada com circuitos integrados em pequena escala para testes de operacionalidade e sua operação [seria] também simulada em um computador”⁹⁹. Contudo, quando observamos os projetos desenvolvidos pelo DESENVOLVA, conforme apontado anteriormente, a ideia de serial-*decimal* desaparece e dá lugar a ideia de serial-*binário*, conforme veremos adiante na dissertação de La Neve. Essa mudança, ocorrida cerca de cinco anos depois da publicação da tese de Zuffo, pode indicar que as adaptações realizadas nos circuitos das memórias ROM (MAL) não eram interessantes para o desenvolvimento de projetos futuros. Em cinco anos, o preço pago pela originalidade do projeto tornou-se mais alto.

Quando questionado a respeito da efetividade da criação de uma *família* de processadores, tal qual enunciado em sua tese, Zuffo afirmou que a proposta não foi desenvolvida devido ao surgimento de *chips* mais complexos e o desenvolvimento da tecnologia *bit slicing* pela empresa de microprocessadores norte-americana Advanced Micro Devices, Inc. (AMD) em 1975. De acordo com o autor, “as coisas [tecnológicas] evoluíram mais”¹⁰⁰ e obrigaram os pesquisadores brasileiros a seguir por novos caminhos. Em entrevista¹⁰¹, Zuffo explicou que a ideia da AMD era interligar diversos segmentos para assim produzir um computador muito maior. Outra característica do *bit slicing* era a possibilidade dada ao projetista do hardware de programar seu próprio conjunto de instruções. Ou seja, essa tecnologia fora desenvolvida através das ideias de modularidade, serialização e microprogramação, tal qual o processador desenvolvido por Zuffo no Brasil.

Observamos aqui uma tensão entre o desenvolvimento tecnológico realizado em países periféricos, como é o caso da Poli, na USP, uma universidade localizada no Brasil, e o desenvolvimento tecnológico realizado em países centrais, como a poderosa e influente empresa norte-americana AMD. A princípio, ambas as propostas para o desenvolvimento de processadores modulares são viáveis. Ambas dão abertura para a crescente complexificação dos proje-

99 II Projeto de Subsistemas, p. 149.

100 Entrevista concedida ao autor em 29 de agosto de 2018.

101 *Ibidem*.

tos através do emprego de uma quantidade variável de módulos seriados ao mesmo tempo que torna o *hardware* versátil através do emprego de microprogramação. No entanto, Zuffo e os demais pesquisadores do LSI abandonam suas ideias e aderiram ao *bit slicing*. Abandonam também o emprego do endereçamento e localização das palavras decimais e aderiram às palavras escritas com códigos binários.

A ANT nos ajuda a compreender as possíveis causas que levaram o LSI a descartar algumas ideias originais e a aceitar as ideias desenvolvidas pela AMD. Trata-se de uma questão relacionada às redes sociotécnicas, mais especificamente à estabilidade e a coordenação que estas redes possuem. De acordo com a socióloga das ciências Susan Star, a vantagem de se aderir a uma rede já estabilizada é a possibilidade de usufruir das externalidades que essa mesma rede possui (STAR, 1991, p. 40). A afirmação fica particularmente clara quando notamos a opção realizada por Zuffo em abandonar a ideia de *serial-decimal* em detrimento da ideia de *serial-binário*, uma vez que o emprego do armazenamento através da linguagem binária era universalmente aceito para a produção de componentes de computadores e, portanto, já estão padronizadas/normatizadas pelos (e nos) dispositivos disponíveis no mercado. Para fins acadêmicos, postular uma tecnologia diferente da *padronizada* por empresas estrangeiras, pode ser interessante, pois está adequada a ideia de “avançar as fronteiras do conhecimento” presente na Reforma Universitária de 1968, mesmo que questionada por autores da revista *Dados & Ideias*, conforme discutido no capítulo 1. Também é compatível com a ideia que Zuffo apresentou em sua dissertação ao afirmar que sair do padrão “*é o preço a pagar por todos aqueles que tentam descortinar algumas aplicações futuras em todos os campos da ciência*”¹⁰². No entanto, na hora de aplicar essas ideias para a formação de profissionais que, uma vez no mercado de trabalho, precisarão atuar com a tecnologia disponível fora da universidade, a inovação acadêmica não padronizada torna-se um problema, pois o conhecimento adquirido a partir da construção de um determinado objeto sociotécnico não estaria de todo adequado à *rede sociotécnica* que normatizava as tecnologias digitais ao redor do mundo.

No já citado artigo *Techno-economic networks and irreversibility*, Michel Callon discutiu os mecanismos que permitem a uma rede tornar-se altamente co-ordenada, conferindo-lhe a capacidade de padronizar determinadas práticas e tornando muito difícil, para não dizer impossível, a incorporação de novos atores ou intermediários que não atuem de acordo com o padrão estabelecido. Quanto maior o alinhamento entre atores, ou seja, quanto mais o trabalho individual de um ator contribui, através das translações/traduições discutidas na introdução,

102 ZUFFO, 1974, pag. 1.3. *Grifos nossos*.

para que o trabalho de outro ator possa ser realizado com eficiência, mais co-ordenada é a rede e, portanto, maior a sua capacidade para criar padrões que, por sua vez, serão adotados no futuro para que outros atores o utilizem. Nestes casos, há o que Callon chama de forte convergência. Redes totalmente convergentes, ou seja, redes cujos diversos atores heterogêneos que a compõe atuam de maneira independente e complementar, são semelhantes a uma Torre de Babel: todos falam suas próprias línguas, porém todos se entendem (CALLON, 1991, p. 148) através de inúmeras traduções/translações. Esse tipo específico de rede só se consolida depois de um longo período de investimento e de um esforço intenso para sua manutenção e coordenação.

A rede sociotécnica que padronizou determinadas práticas na informática se assemelha a essa Torre descrita por Callon. Memórias ROM, utilizadas para armazenamento de informações, só conseguem atuar se receberem dados que consigam processar (no caso, dados binários). Caso sejam armazenados outros tipos de caracteres, como os números decimais, uma nova tradução é necessária (no caso, o circuito construído por Zuffo em seu laboratório). Para Callon, além dos trabalhos (ações) realizadas pelos atores e intermediários de maneira complementar uns dos outros, o grau de co-ordenação da rede é dado também pela quantidade de atores e intermediários heterogêneos que dela fazem parte. Quanto maior for este número, maior o seu grau de co-ordenação e maior a probabilidade de resistir a traduções alternativas (*Ibidem*, p. 150). Neste mesmo sentido, Star afirma que, a partir do momento em que determinados arranjos e disposições se tornam padronizados, a criação de padrões alternativos tornam-se ou impossíveis ou muito custosos (STAR, 1991, p. 40-41). No momento das inovações tecnológicas não padronizadas propostas na tese de livre-docência de Zuffo, determinadas práticas para informática já estavam consolidadas internacionalmente. Essa rede, robusta e de longa data, já encontrava-se em um estágio descrito por Callon como de irreversibilidade. Perante esta realidade, qual a força que teria uma tecnologia desenvolvida nas universidades de um país periférico como o Brasil, principalmente porque esse conhecimento aqui desenvolvido não estava facilmente acessível para atores internacionais¹⁰³?

Bruno Latour afirmou que a construção de fatos e máquinas é um processo coletivo (LATOUR, 2000, p. 53). Esta afirmação, à luz da análise a respeito das redes sociotécnicas

103 Quando questionado, em entrevista, a respeito da possibilidade da AMD ter sido influenciada pela ideia de serialização do processador desenvolvido no LSI, João Antônio Zuffo, afirmou que não, pois sua tese de livre-docência escrita em 1974 não circulara internacionalmente. Seu processador nasceu no Brasil e ficou restrito a ele, sem a possibilidade de ser lido, discutido e modificado por atores internacionais que, naquele momento, influenciavam o mercado mundial com os padrões tecnológicos que desenvolviam em redes altamente convergentes.

proposta por Callon, nos permite compreender que a consolidação de um artefato tecnológico (ou um fato científico) só acontece no interior de uma rede e essa rede só existe a partir da mobilização de intermediários (textos científicos, artefatos tecnológicos, pessoas qualificadas e recursos financeiros) que lhe conferem solidez. Um laboratório universitário, como o LSI, ou qualquer instituições, pública ou privada, que esteja *sozinha* comprometida com inovações, sem acesso a artefatos tecnológicos de ponta, com a informação técnica e científica produzida internacionalmente circulando de maneira limitada, com poucos profissionais disponíveis e com escassos recursos financeiros, tem, de antemão, seu espaço de inovação tecnológica bastante limitado.

A análise de Callon nos permite afirmar que, sem uma co-ordenação capaz de agregar diferentes atores e intermediários em uma rede sociotécnica comprometida com a inovação tecnológica nacional, dificilmente esse projeto se concretizará. Para Latour, se fatos e máquinas são construções coletivas, indivíduos sozinhos constroem sonhos. Nas entrevistas que realizamos, alguns atores envolvidos com o processo de desenvolvimento tecnológico nacional classificaram seus esforços como “heroicos”¹⁰⁴. Acreditamos que essa ideia dialoga diretamente com a de Latour. Com poucos intermediários à disposição e incapaz de criar um novo padrão frente a uma rede altamente co-ordenada como a da informática, inovações originais do LSI (e talvez de diversas outras instituições de países periféricos que poderiam ser estudadas em outros trabalhos) precisaram ser abandonadas em prol da formação profissional e da viabilidade de desenvolvimento de novos projetos.

Desta forma, aceitando os padrões que já estavam postos nas redes sociotécnicas ligadas à informática, o II Projeto de Subsistemas, através do DESENVOLVA, iniciou a produção de quinze artefatos tecnológicos, que concomitantemente geraram dissertações de mestrado ou teses de doutorado, mostrando como o ensino de engenharia estava diretamente associado à produção tecnológica já padronizada e não necessariamente ligado à inovação. Muitos desses trabalhos não foram concluídos no intervalo do II Projeto de Subsistemas, tendo em vista sua duração relativamente curta (de 01/09/1980 até 31/05/81). Contudo, todas as teses e dissertações foram concluídos durante os quatro convênios entre LSI e FINEP que discutiremos neste trabalho. Apenas para citar algumas teses e dissertações publicadas diretamente através do II Projeto de Subsistemas, a máquina de calcular com programas armazenados foi tema da dissertação de mestrado de Alessandro La Neve; os amplificadores BIFET foram ob-

¹⁰⁴ Encontramos o emprego deste termo nas entrevistas de Antônio Zuffo e Edith Ranzini. Além disso, a ideia é recorrente em diversas obras bibliográficas do período.

jetos de Sergio Grinberg; André Luiz Battaiola¹⁰⁵ descreveu e analisou a implementação de interfaces gráficas; o terminal gráfico inteligente foi pesquisado por Fábio Gonçalves Jota; e Armando Laganá desenvolveu uma fonte de auto-polarização, além de estudar a tecnologia NMOS com carga em depleção. No momento em que o II Projeto de Subsistemas era desenvolvido, Zuffo orientava 12 teses ou dissertações¹⁰⁶, além de ministrar para a graduação a disciplina de “Dispositivos Eletrônicos” e para a pós-graduação as disciplinas “Fundamentos da Arquitetura e Organização dos Microprocessadores” e “Técnicas de Interface e Protocolos dos Microprocessadores”.

Por sua vez, o LIVRE foi descrito como “a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas que permitam executar circuitos integrados em alto nível de integração”¹⁰⁷. Aqui, foram desenvolvidos apenas três projetos: “análise e definição do conjunto mínimo de dispositivos e elementos constituintes da rede básica”; “análise, definição e implementação de suporte CAD para otimização de interligações metálicas e simulação de circuitos”; e “implantação de facilidades para metalização e testes de camadas metalizadas”. Não localizamos teses ou dissertações na Biblioteca do Departamento de Elétrica da Poli cujos títulos remetessem a essas atividades.

A dissertação de La Neve a respeito das máquinas de calcular seriais-*binárias* foi apresentada como uma “tentativa de estabelecer uma máquina de calcular que permitisse executar funções algébricas e trigonométricas (...) e que fossem tão simples quanto possível”¹⁰⁸. A escolha pelo sistema serial-binário, motivado, de acordo com o texto da dissertação, “pela simplicidade com que permite a implementação dos circuitos”, tornava a máquina mais lenta, sendo que essa característica não seria “uma desvantagem pela aplicação à qual ela se destina, onde a interação entre o operador e a mesma [calculadora] é muito mais lenta que seu tempo de processamento interno”¹⁰⁹. Outra razão para não se priorizar a velocidade do processamento foi a opção do autor pela utilização de circuitos eletrônicos mais simples. Diferentemente

105 A dissertação de Battaiola intitulada *Descrição e análise do desenvolvimento e da implementação de interfaces gráficas de um núcleo gráfico “GKS”*, apresentada em 1985, consta como sendo orientada por João Antônio Zuffo em um documento que apresenta seus trabalhos acadêmicos em andamento em 1981, durante a realização do II Projeto de Subsistemas (II Projeto de Subsistemas, p. 70). O tema de pesquisa coincide com aqueles desenvolvidos por este projeto, porém o nome de Battaiola não consta na lista de “pessoal científico” que recebeu financiamento da FINEP. Por conta disso, apesar de utilizar-se dos recursos disponibilizados pela Financiadora, sua dissertação referencia apenas que o trabalho contou com bolsa FAPESP. Esta informação é relevante, pois demonstra que a FINEP contribuía indiretamente para trabalhos acadêmicos que inicialmente não se dispôs a financiar.

106 II Projeto de Subsistemas, p. 70.

107 *Ibidem*, p. 99.

108 LA NEVE, 1980, p. 1.

109 *Ibidem*.

da máquina proposta por Zuffo em sua tese de livre-docência, a máquina desenvolvida por La Neve utilizava um circuito que convertia os códigos decimais para binários (e vice-versa) apenas nas operações de entrada e saída, ou seja, o usuário digitava os números decimais, um circuito convertia-os para números binários, a máquina realizava as operações matemáticas necessárias, armazenando e operando os valores ainda com a numeração binária e, na hora de exibir os resultados dos cálculos, convertia a numeração binária obtida e a exibia como numeração decimal em um mostrador, não sendo necessário, portanto, armazenar os números decimais em memórias ROM.

Assim como o sistema de armazenamento e operações adotados por La Neve estava de acordo com o padrão estabelecido para a informática digital, a divisão entre os elementos internos que compunham a máquina de calcular e que foram desenvolvidas pelo LSI também estava. Em sua máquina, Zuffo criou a Unidade de Processamento e Fluxo de Dados (UCPDF), que continha a unidade aritmética e lógica, além da memória principal, e a Unidade de Controle Central (UCC). Já La Neve adotou a divisão consolidada de um processador entre Unidade de Controle (UC) e Unidade Lógica Aritmética (ULA)¹¹⁰, além da entrada e saída e memórias. Nota-se, portanto, que entre a tese de Zuffo e a dissertação de La Neve, ambas sobre basicamente o mesmo assunto, há uma aceitação dos padrões estabelecidos que se refletiram inclusive nos nomes dos componentes desenvolvidos, tendo em vista que La Neve adotou a nomenclatura já consolidada internacionalmente (como UC no lugar de UCC).

Há, também, a preocupação em permitir que o objeto sociotécnico desenvolvido possa ser facilmente empregado em aplicações futuras que ainda não foram planejadas. Os botões da calculadora de La Neve, dispostos em três linhas e oito colunas, podem ter suas funções alteradas com o deslocamento de uma chave, semelhante a função que a tecla SHIFT possui nos teclados de hoje. Podem, também, ter o número de linhas ampliadas para oito. Naquele momento, não havia necessidade de tantas teclas, ou de uma mesma tecla possuir duas funções diferentes, porém o recurso já estava implementado. Da mesma forma, La Neve teve o cuidado de colocar as operações matemáticas realizadas por sua calculadora em programas armazenados em memórias ROM. Seu projeto previa, além das quatro operações matemáticas básicas (soma, subtração, multiplicação e divisão), operações com funções complexas como raiz

110 Em inglês, respectivamente: Control Unit (CU) e Arithmetic Logic Unit (ALU). Além desses dois componentes, o processador padronizado conta com os registradores e o clock. MONSERRAT NETO, J. Introdução à Arquitetura de Computadores. Disponível em <<http://professores.dcc.ufla.br/~monserrat/icc/Capitulo2.html>>. Acesso em 9 de abril de 2019.

quadrada, x^2 e $1/x$. Por se tratarem de microprogramas, essas operações poderiam, caso necessário, ser substituídos por outras¹¹¹.

O trabalho de La Neve refletia, ainda, a interferência direta no meio acadêmico da reserva de mercado para a informática. Para a construção da UC, La Neve, assim como Zuffo, optou pela utilização da microprogramação, porém esta era uma “microprogramação vertical”, que, de acordo com La Neve, apresentava “basicamente dois setores: o primeiro, onde são armazenados os microprogramas, com as ‘micro’ codificadas, e o segundo onde são armazenadas as ‘micros’ propriamente ditas, que por sua vez dão o valor das variáveis de controle”¹¹². Esse arranjo gerou 112 variáveis de controle, tornando necessário o planejamento de uma “maneira cômoda” de armazenar os valores dessas variáveis e conectá-las ao sistema. A melhor solução para esta questão era a utilização de uma memória de poucos endereços, mas com muitas saídas, ou a utilização de arranjos lógicos programáveis, porém ambos não estavam disponíveis no mercado nacional¹¹³. Em entrevista, João Antônio Zuffo contou que a reserva de mercado, apesar de fornecer todo um contexto propício para o desenvolvimento tecnológico nacional, interferiu diretamente no desenvolvimento dos trabalhos realizados na Poli, uma vez que diversos computadores ou componentes não podiam ser adquiridos para pesquisa¹¹⁴. No mesmo sentido, Lucas Moscato afirmou que

As vezes o que a gente tinha que comprar não era o que a gente queria. Não era o melhor. Era algo possível, mas não era aquilo que precisava. Quando você fala de desenvolvimento tecnológico, de trabalhos acadêmicos, trabalhos mestrado, doutorado, trabalhos científicos, a gente muitas vezes está precisando daquilo que não está disponível aqui no Brasil, porque não é comercial. (...) Existia sempre a possibilidade da gente conseguir amostras que as empresas podiam nos fornecer, mas é sempre um processo (...) dificultoso de você caminhar em uma velocidade adequada para o desenvolvimento da tecnologia no país. (...) Para ter uma situação desse tipo [importar componentes] você precisava justificar muito, você precisava apresentar muitos dados (...). Esses casos não eram tratados com prioridade [pelos órgãos de controle de importação]¹¹⁵.

Tendo sua atuação limitada pelas dificuldades em conseguir componentes que não estavam disponíveis no mercado interno, La Neve adotou um “sistema polifásico, para a busca e execução das instruções, e a divisão das variáveis de controle em campos, que são modificadas individualmente de acordo com as necessidades do processamento”¹¹⁶. As memórias

111 LA NEVE, 1980, p. 11-12.

112 *Ibidem*, p. 30.

113 *Ibidem*.

114 Entrevista concedida em 13 de novembro de 2018.

115 Entrevista concedida em 05 de setembro de 2018.

116 LA NEVE, 1980, p. 30.

MAL utilizadas, por sua vez, foram as de tipo 2708, organizadas internamente com 1024 endereços com 8 bits de informação cada um. A justificativa foi a facilidade de encontrá-la no mercado nacional¹¹⁷.

Outro trabalho que surgiu a partir dos projetos de subsistemas foi a dissertação de mestrado de André Luiz Battaiola, onde o autor apresentou a “descrição e análise do processo de desenvolvimento de interfaces gráficas que permitirão o controle e a troca de dados entre um núcleo gráfico padrão GKS e os dispositivos gráficos”¹¹⁸. Por sua vez, a computação gráfica é conceitualizada pelo autor como

uma área das ciências da computação que envolve a criação, a representação, a manipulação, o processamento e a avaliação de elementos gráficos por um computador, bem como a sua associação com informações não gráficas. Os elementos gráficos podem ser formados por imagens fotográficas ou figuras criadas por computador com o uso de caracteres alfanuméricos, símbolos especiais, linhas ou áreas preenchidas por diferentes tons¹¹⁹.

A computação gráfica era dividida em três subáreas principais, a geração de imagens gráficas, o processamento e a análise de imagens e a análise de cenas¹²⁰. A dissertação de Battaiola concentrou-se apenas na geração de imagens através de dispositivos de terminais gráficos inteligentes e traçadores gráficos¹²¹. Seu trabalho apresentou-se como um diálogo entre os componentes disponíveis e popularizados no mercado nacional e os padrões internacionais instituídos, visando assim a compatibilidade entre diferentes artefatos de informática, independente de suas nacionalidades.

Battaiola explicou que existem dois tipos de dispositivos capazes de exibir imagens produzidas por um computador. O primeiro deles, chamado de “Terminal Vetorial ou Caligráfico” (chamado em inglês de CRT, Cathode Ray Tube), era produzido com tubos de raios catódicos com deflexão eletrostática em vídeo, assim como funcionavam os osciloscópios. Neste artefato, o computador selecionava os pontos da figura que seria exibida e enviava as informações digitalizadas sobre estes pontos para um conversor analógico/digital que, por sua vez, gerava diferenças de potencial que criavam deflexões horizontais (x) e verticais (y) em um feixe eletrônico.

O terminal de “Rasterização” (Raster terminals) era outro artefato capaz de exibir imagens. Era um monitor do tipo dos televisores, que possuíam um feixe de elétrons que rastream continuamente a tela e exibiam imagens numa sequência fixa, normalmente de cima

¹¹⁷ *Ibidem*, p. 72.

¹¹⁸ BATTAIOLA, 1985, *Sumário*.

¹¹⁹ *Ibidem*, p. 1.1.

¹²⁰ *Ibidem*, p. 1.1.

¹²¹ *Ibidem*, p. 1.2.

para baixo e da esquerda para direita. O monitor funcionava através do mapeamento de uma matriz de colunas “C” e linhas “L” para a composição de uma imagem. As matrizes ficavam armazenadas na memória do computador e, dependendo da imagem, exigia maior capacidade de processamento e armazenamento de informações. Esse tipo de terminal era composto por três partes: a memória digital (chamada de Frame Buffer – Memória de Pontos), um monitor de televisão e uma interface denominada Controlador de Vídeo, que transforma as matrizes armazenadas do Frame Buffer para o monitor¹²².

Os componentes de memória existentes a baixo custo no mercado brasileiro, bem como a popularidades das televisões nos anos 1980, fez com que Battaiola direcionasse o seu trabalho para os terminais de Rasterização, opção que, nos anos 1970, não poderia ser feita.

Este terminal gráfico operava com pacotes gráficos e núcleos gráficos disponíveis no mercado. Enquanto o primeiro foi conceitualizado como um “conjunto de sub-rotinas ou funções utilizadas por um programa de aplicação para gerar imagens e dispositivos de exibição”¹²³, o segundo foi considerado um “conjunto de rotinas gráficas básicas [...] estruturadas de forma a permitir a sua utilização no maior número possível de ambientes de computação gráfica”¹²⁴.

Em outras palavras, para que as imagens geradas pelo computador pudessem ser traduzidas de forma que o monitor as compreendesse, era necessária a utilização de diversas rotinas e sub-rotinas, ou seja, blocos de programação que intermediassem a comunicação entre ambos. Era possível para o LSI, ou para qualquer outra instituição empenhada na construção de um terminal gráfico, que essa tradução fosse inteiramente desenvolvida localmente. Contudo, ela ficaria restrita àquela pequena espacialidade, não podendo ser empregada na construção de outros artefatos, uma vez que só poderia realizar a tradução de um determinado computador para um determinado monitor. Seria conveniente que existissem pacotes e núcleos gráficos capazes de traduzir informações de uma infinidade de computadores para uma infinidade de terminais gráficos, tornando os artefatos desenvolvidos mais versáteis. Para que essa comunicação fosse possível, seria necessário que os engenheiros empenhados na construção de computadores “combinassem” linguagens em comum, disponíveis através dos núcleos e dos pacotes gráficos. O GTK, especificado no título da dissertação de Battaiola é essa linguagem padronizada capaz de ampliar as traduções.

122 *Ibidem*, p 1.4-1.5.

123 *Ibidem*, p. 1.10.

124 *Ibidem*, p. 1.11.

A questão da padronização é importante para o desenvolvimento da informática. Anteriormente, falamos da padronização e dos benefícios de se produzir artefatos pertencentes a um determinado padrão (ou dos custos de se propor um padrão novo). De acordo com os pesquisadores da UFRJ Ivan da Costa Marques, Márcia de Oliveira Cardoso e Vitor Andrade Barcellos,

Alguns agentes verão a padronização de todos os componentes de um sistema como funcionalmente necessária, ao passo que outros argumentarão que a padronização reduz a variedade, prejudica a inovação e facilita a criação e permanência incontrolável de sistemas tecnológicos obsoletos (MARQUES *et al*, 2009, p. 3)¹²⁵.

Os autores, apoiados no livro de Raymund Werle e Susanne K Schmidt intitulado *Coordinating technology: studies in the international standardization of telecommunications*, afirmaram ainda que o desenvolvimento tecnológico depende do esforço de coordenação estabelecido pelos padrões (MARQUES *et al*, 2009, p. 3), de forma que não é possível pensar em desenvolvimento tecnológico sem passar por esse debate. No caso da padronização gráfica, seu padrão foi definido nos EUA a partir da criação do Graphics Standard Planning Committee (GSPC) em 1975, comitê encarregado de discutir o assunto. O cientista da computação Andries van Dam, afirmou que a padronização é um “mal necessário”, pois permite a portabilidade de programas (e de programadores), a interoperabilidade e a redução do tempo necessário para se criar uma aplicação. Para o autor, uma padronização é o resultado de um consenso construído coletivamente durante vários anos, normalmente a partir do “compromisso tecno-político” de grandes comitês, que, como a “experiência mostra”, escolhem o produto desenvolvido por uma pequena elite de engenheiros e, a partir dele, criam uma série de especificações e implementações que, como consequência, “atrasam o estado da arte” (VAN DAM, 1998, p. 34). Battaiola afirmou que o GSPC analisou, para seus estudos, oito softwares gráficos que estavam em uso na época. A partir daí, em 1977, foi proposta a primeira versão do Core Graphics System, sendo a segunda versão lançada em 1979¹²⁶. O objetivo do Core era, obviamente, padronizar a comunicação entre os dispositivos que trabalhavam na reprodução de imagens.

Movimento semelhante ocorreu na Alemanha, em 1975, quando o Instituto Alemão de Padronização (em alemão: Deutsches Institut für Normung – DIN) encarregou um grupo

125 MARQUES, I. C. et al. **SOX: controvérsias "padrão X produto" nos sistemas operacionais na década de 1980**. VIII Congresso Brasileiro de História Econômica e 9ª Conferência Internacional de História de Empresas, Campinas, 2009. Disponível em <http://www.abphe.org.br/arquivos/ivan-da-costa-marques_marcia-de-oliveira-cardoso_vitor-andrade-barcellos.pdf>. Acesso em 1 de maio de 2019.

126 BATTAIOLA, 1985, p. 1.16.

para projetar um sistema gráfico, o que resultou em diversas versões do Graphical Kernel System (GKS). Para Battaiola, a principal diferença conceitual entre o CORE e o GKS estava no fato de o primeiro ser um sistema tridimensional e o segundo bidimensional. Ademais, o GKS possuía a vantagem de padronizar nomes e parâmetros de suas funções para algumas linguagens de programação, como o FORTRAN e o C¹²⁷. A própria implementação do núcleo descrita na dissertação de Battaiola foi realizada através do Fortran-77, uma vez que, de acordo com o autor, esta era uma linguagem utilizada com frequência em ambientes de trabalho, além de ser estruturada e estar disponível para várias máquinas¹²⁸.

Através da apresentação da padronização no sistema CORE e no sistema GKS realizadas por Battaiola e van Dam, observamos como esses padrões são fixados. Primeiramente cabe ressaltar que quando um padrão surge, ele disputa espaço com os modelos já existentes. Muitas vezes, esses padrões surgem como um modelo nacional (CORE nos EUA; GKS na Alemanha) possivelmente como uma maneira de destacar a produção em engenharia local. Conforme veremos no capítulo 3, um dos primeiros trabalhos da equipe do LSD foi fixar um novo padrão brasileiro para transmissão de sinais de TV.

Andries van Dam afirmou que o padrão é determinado por uma pequena elite de engenheiros (no sentido de serem profissionais altamente capacitados) que geram produtos que se sobrepõem aos demais por suas qualidades técnicas. No entanto, os exemplos da padronização gráfica mostram que a escolha feita por um determinado comitê é muitas vezes circunscrita aos artefatos desenvolvidos localmente. Talvez esta seja a razão de van Dam chamar de “compromisso tecno-político” a “eleição” de um determinado padrão que, uma vez fixado, acaba se impondo não apenas no país que o fixou, mas também nos países tidos como periféricos. Obviamente, um padrão não é estanque ou imune a transformações. Mas, como mostrou Star, há um custo em propor um novo. No caso da terminal gráfico, Battaiola orientou seu trabalho para descrever e implementar um sistema através de um padrão existente, uma vez que seria impossível, para uma dissertação de mestrado, angariar atores e intermediários suficientes para se fazer frente a rede proposta pelo Instituto Alemão de Padronização. A padronização está sempre aberta, desde que aqueles que a propõe possuam uma rede suficientemente co-ordenada para este fim. Voltaremos a questão das instituições que buscam firmar padrões quando discutirmos a questão do sistema operacional UNIX.

Enquanto Battaiola ocupou-se de escrever sobre a implementação do GKS, Fábio Gonçalves Jota, em 1982, apresentou seu trabalho a respeito do terminal gráfico retiforme

¹²⁷ *Ibidem*, p. 1.21.

¹²⁸ *Ibidem*, p. 3.12

(TGR), cuja principal característica, para o autor, era a sua “modularidade, flexibilidade, média resolução e baixo custo”¹²⁹. Conforme explicado no texto do II Projeto de Subsistemas, tratava-se de um terminal *interativo*. Isso se dava devido à possibilidade do usuário interagir com o terminal gráfico, uma vez que o terminal possibilitava através da exibição de imagens que um determinado parâmetro fosse confirmado antes de ser executado. Era, portanto, um passo importante para a popularização dos artefatos de informática, pois diminuía o nível de *expertise* necessário para se operar um computador. Diferentemente dos outros trabalhos que apresentamos, Jota utilizou-se de pastilhas de circuitos em integração em escala muito alta (VLSI), para assim não ficar restrito às arquiteturas ou às aplicações definidas por outros fabricantes¹³⁰. A compatibilidade de seu sistema com outros disponíveis no mercado seria apenas parcial, conforme veremos adiante. Este terminal, ligado entre suas unidades por um duto padrão S-100, foi composto por:

Unidade de Processamento (CPU-8085), uma Memória de Apenas Leitura Reprogramável (EPROM – 16K bytes), uma Memória de Acesso Direto (RAM – 16K bytes), uma Interface Serial e Paralela para manutenção da comunicação com o meio externo, uma Unidade de Controle da Varredura e uma outra auxiliar para a busca dos dados nas memórias para refrescamento da imagem na tela. Usou-se como monitor um aparelho de T.V. comercial no qual foram feitas pequenas modificações¹³¹.

Outra diferença significativa presente no trabalho de Jota consistia na sua tentativa de produção de um artefato tecnológico voltado para atender as demandas do mercado do período. A orientação mercadológica estaria mais presente apenas no IV Projeto de Subsistemas. No caso de sua dissertação, Jota argumentava que o atendimento ao mercado estava nos planos da LSI e do Departamento de Física da UFMG, instituição que atuava. A partir dessa premissa, o terminal gráfico foi projetado de tal maneira que pudesse receber pequenas modificações visando o seu aperfeiçoamento, assim como a calculadora serial-binário. Inicialmente, o terminal foi projetado como um monitor monocromático, sendo possível pequenas modificações que gerariam a expansão da operação para até 2^3 cores ou níveis de cinza, além do acréscimo de uma nova unidade de processamento de 16 bits e a ampliação de sua resolução de 256x640 para 516x640 pontos através de modificações no Circuito de Controle de Varredura¹³². Devida a necessidade de criação de um sistema de baixo custo, o TGR não seria capaz de criar imagens contendo arcos, o que restringiria o monitor a exibir “apenas linhas”. O autor

129 JOTA, 1982, *Resumo*.

130 *Ibidem*, *Preâmbulo*.

131 *Ibidem*, *Resumo*.

132 *Ibidem*, *Preâmbulo*.

fez esta escolha devido ao fato de que a implementação do tipo de rotina capaz de criar arcos exigia uma linguagem de alto nível como o BASIC, o que elevava os custos do sistema¹³³.

A escolha do duto S-100 se deu devido à necessidade de existir certa compatibilidade com outros sistemas já existentes. De acordo com Jota, o S-100 já estava consagrado no mercado mundial e atendia às exigências dos laboratórios de pesquisa brasileiros, pois era flexível e, sobretudo, capaz de trabalhar com até 16 processadores de 8 e/ou 16 bits em um mesmo sistema. O duto utilizado possuía 24 linhas de endereço, 16 linhas para dados e duas linhas adicionais para a troca de informações, o que possibilitava a convivência de cartões de memória de 8 e 16 bits. O S-100 definia dimensões físicas e elétricas dos componentes, bem como todo o protocolo de comunicação entre os vários subsistemas que o compunha¹³⁴.

Além disso, o autor cita como principais objetivos para se empregar um duto padronizado:

- a) definir um sistema de interface racional de aplicação geral que atenda às necessidades dos projetos com novos cartões e componentes, devendo assegurar, também, compatibilidade entre os sistemas atuais e os futuros que venham utilizar o padrão estabelecido;
- b) definir um sistema de utilização fácil e que seja do conhecimento de grande número de usuários;
- c) promover o usuário de sistemas de microprocessadores com famílias de dispositivos (cartões) compatíveis que se comunicarão entre si de forma não-ambígua, possibilitando a expansão de sistemas de computação através da modularidade;
- d) definir um sistema de baixo custo que permita interconexão de dispositivos de baixo custo;
- e) especificar uma terminologia de termos e sinais relacionados com o sistema;
- f) permitir que cartões de diversas origens e fabricantes sejam colocados, de forma simples, em um único sistema;
- g) definir um sistema de interface que estabeleça um número de restrições mínimo nas características de performance dos dispositivos nele conectados¹³⁵.

De acordo com Jota, esses fatores possibilitariam a construção de um terminal em um curto prazo e com um baixo custo. Anteriormente afirmamos, pautados nas análises de Star, que o custo de se propor um novo padrão era elevado, fazendo com que muitos atores abandonassem caminhos alternativos. A afirmação de Jota é um excelente exemplo desse custo. Novos padrões, além de dificultar o acesso aos artefatos já disponíveis no mercado, bem como formar profissionais não completamente adequados ao mercado existente, eleva os custos e o tempo necessário para a construção de um novo artefato, uma vez que novos componentes

¹³³ *Ibidem*, p. 2.7

¹³⁴ *Ibidem*, p. 1.15.

¹³⁵ *Ibidem*, p. 1.15-1.16

precisarão ser desenvolvidos. Mais do que possibilitar a compatibilidade de diversos artefatos entre si, aceitar a padronização possibilita que as demandas de mercado sejam atendidas, o que era particularmente sensível no contexto de reserva de mercado brasileiro.

No âmbito do II Projeto de Subsistemas, o TGR se enquadrava no conceito de PAC (Projeto Auxiliado por Computador), uma modalidade voltada para o desenvolvimento de artefatos que possibilitavam que projetos, como por exemplo os de engenharia, fossem realizados em computadores. Assim, se na década de 1970, os projeto de construção de um componente era feito manualmente, conforme veremos no capítulo 3 a partir do exemplo das memórias de núcleo de ferrite, com o PAC esse mesmo artefato poderia ser inteiramente projetado em um computador, sendo, portanto, mais preciso, tanto pelo poder de cálculo disponível nestes equipamentos, o que diminuía ou até mesmo eliminava as possibilidades de erros, quanto pela possibilidade de simulação de testes, o que dava maior confiabilidade ao produto final.

Neste sentido, um terminal gráfico comercialmente viável deveria fazer muito mais que exibir caracteres alfanuméricos em uma tela. Ela precisava receber (e processar corretamente) diferentes dispositivos de entrada, como estiletes óticos ou “joysticks”, diferentes tons de escala em cinza (ou diferentes cores) e conseguir responder a varreduras com ou sem entrelaçamento¹³⁶. Como não existia no Brasil um controlador de vídeo que atendesse a essas especificidades, Jota valeu-se de um controlador padrão, muito utilizado em monitores apenas alfanuméricos, associado a um circuito auxiliar denominado Unidade Auxiliar de Varredura¹³⁷.

A ausência da construção de arcos também precisava ser contornada. A solução encontrada foi a utilização de caracteres especiais que, combinados em um plano cartesiano de 4x8 (chamado de célula), seriam capazes de formar principalmente gráficos, conforme mostrado na figura 2.2.

¹³⁶ De acordo com o jornalista especializado em tecnologia Gabriel Torres, “na varredura entrelaçada, cada quadro é dividido em dois campos: o campo ímpar, onde são varridas somente as linhas ímpares, e o campo par, onde são varridas somente as linhas pares. Ou seja, cada campo possui metade das linhas de um quadro. A varredura é feita de tal modo que campos ímpares e pares são intercalados. Como a varredura é feita rapidamente, o usuário não percebe que, na verdade, cada campo é formado por apenas metade da imagem”. TORRES, G. Monitores de Vídeo - Varredura entrelaçada. 1997. Disponível em <<https://www.clubedohardware.com.br/artigos/video/monitores-de-video-r33715/?nbcpage=7>> em Acesso em 19 de abril de 2019.

¹³⁷ JOTA, 1985, p. 2.4.

Figura 2.2 – Células e caracteres para composição de imagem

Fonte: JOTA, 1982, p. 3.17 e 3.18

Enquanto a figura superior mostra maneiras de variação em torno dos caracteres, a figura inferior apresenta alguns dos caracteres cuja combinação era capaz de formar determinados tipos de imagens. Nota-se, portanto, que a ausência de arcos, impossibilitada pela escolha em não se utilizar no projeto linguagens de alto nível, foi resolvida através da utilização de caracteres que, aplicados e alinhados dentro de um plano cartesiano, eram capazes de produzir curvas através das retas. O próprio conjunto de caracteres foi escolhido pela facilidade de ser armazenado nas memórias não voláteis reprogramáveis (EPROM) de 8 bits disponíveis no mercado brasileiro.

Conforme afirmamos anteriormente, a existência da reserva de mercado, por mais que tenha possibilitado o desenvolvimento de uma indústria nacional de informática considerável para o período, também atuou como um fator que limitava as possibilidades de desenvolvimento na universidade, obrigando os atores brasileiros a buscar alternativas, seja criando circuitos que promoviam adaptações nos já existentes, seja usando recursos de *software* para simular efeitos que poderiam ser alcançados caso existissem alternativas no mercado.

A análise das teses e dissertações apresentadas na Escola Politécnica mostra, ainda, que os artefatos construídos a partir de outros trabalhos acadêmicos apresentados anteriormente eram reprojatados à luz de novas técnicas ou equipamentos que ficaram disponíveis no país após a conclusão do projeto inicial. Foi o caso da dissertação de Armando Antonio Maria Laganá, apresentada em 1984, que modificou o trabalho do professor de engenharia elétrica Dr. Joel Pereira Souza. Laganá apresentou seu trabalho como a tentativa de contribuir

para o melhoramento de uma tecnologia N-MOS com carga em depleção com porta metálica, desenvolvida pelo professor Dr. Joel Pereira Souza, modificando a sequência de fabricação, introduzindo novos processos disponíveis e aplicando polarização negativa no substrato. Para tanto desenvolve-

mos dois tipos de fontes de autopolarização, sendo que uma utiliza oscilador com disparador Schmitt e outro oscilador RC¹³⁸.

Para que o LSI fosse capaz de desenvolver esses e outros projetos, seria necessária a aquisição de equipamentos nacionais e importados visando a ampliação da infraestrutura do laboratório, fornecendo, assim, possibilidades para que novos artefatos fossem criados. Os Cr\$ 400.000,00 (R\$ 45.025,33) referidos anteriormente e destinados para a importação de material permanente seriam destinados à compra de um evaporador VARIAN, osciloscópios com acessórios, voltímetros de precisão, gerador de palavras, kit para o processador z-8000, analisador lógico, entre outros equipamentos voltados para a produção de circuitos integrados que não estavam disponíveis no mercado nacional.

Em julho de 1983 apareceram os primeiros documentos que mostravam o interesse no desenvolvimento de um III Projeto de Subsistemas por parte do LSI. Tratou-se de uma carta encaminhada ao Reitor da Universidade de São Paulo Waldir Muniz Oliva (1978-1982) por José Augusto Martins, então diretor da Escola Politécnica (1976-1980 e 1982-1986). Nela, o Projeto foi considerado como um “termo aditivo” e encaminhado ao reitor de forma *ad referendum* do Conselho do Departamento. O LSI solicitou um total de Cr\$ 105.481.000,00 (R\$ 1.729.730,68), que teria vigência a partir de 19 de julho de 1983 e seria necessário para que se pagasse a folha de pagamento dos pesquisadores do LSI para o mês de agosto, além de arcar com outros compromissos financeiros não especificados¹³⁹. Diferentemente do contrato firmado entre FINEP e USP para o II Projeto de Subsistemas, esse termo aditivo não solicitava nenhuma contrapartida da Universidade.

Do valor solicitado, Cr\$ 80.581.000,00 (R\$ 1.321.407,91), ou seja, cerca de 76% do total, seria destinado para “despesas de custeio”, enquanto Cr\$ 24.900.000,00 (R\$ 408.322,77), cerca de 24%, em investimentos de infraestrutura. Em despesas de custeio, encontramos Cr\$ 19.470.000,00 (R\$ 319.278,89) para o pessoal científico, Cr\$ 10.490.000,00 (R\$ 172.020,31) para os técnicos, Cr\$ 6.780.000,00 (R\$ 111.181,86) para o pessoal administrativo, totalizando Cr\$ 48.701.000,00 (R\$ 798.623,58) para o pagamento dos atores envolvidos com o projeto, ou seja, cerca de 46% do total da verba solicitada. Para os investimentos em infraestrutura, Cr\$ 3.100.000,00 (R\$ 50.835,36) seria destinada a reformas das instalações (0,2% do total) e Cr\$ 21.800.000,00 (R\$ 357.487,40 – 20% do total) para aquisição de materiais permanentes ou equipamentos nacionais¹⁴⁰. Assim como as verbas destinadas para o II

138 LAGANÁ, 1984, Resumo.

139 II Projeto de Subsistemas, p. 163.

140 *Ibidem*, p. 168.

Projeto de Subsistemas, o pagamento das folhas salariais representou quase metade dos investimentos realizados pela FINEP na Escola Politécnica. Ao mesmo tempo, observamos que os valores destinados à infraestrutura se repetem tanto na verba inicial quanto no termo aditivo, representando 24% do total em ambos os casos. Na próxima seção, buscaremos compreender a primazia dos valores pagos aos atores envolvidos no projeto em relação à infraestrutura.

2.4.3 Aproximações com a iniciativa privada

Em 05 de março de 1984 a Congregação da Escola Politécnica aprovou o IV Projeto de Subsistemas¹⁴¹, o FINEPÃO, conforme indicam os documentos anexados ainda ao II Projeto de Subsistemas. Nele, foi cedido a fundo perdido para a Poli o valor de Cr\$ 850.000.000,00 (R\$ 5.278.016,35). Se levarmos em conta os valores em cruzeiros, aparentemente o IV Projeto de Subsistemas recebeu uma quantia 7 vezes maior aos valores somados do II e III Projeto de Subsistemas. Contudo, precisamos levar em conta o descontrole inflacionário existente no Brasil durante os anos 1980, conforme veremos adiante. Levando em conta a correção dos valores, o IV Projeto de Subsistemas recebeu um pouco mais que o dobro do que os outros dois projetos somados. Desta vez, o prazo previsto para o término das atividades seria de dois anos. Desta quantia, cerca de 62% (Cr\$ 526.300.000,00 – R\$ 3.268.023,53) seria destinado para despesas de custeio, enquanto 38% (Cr\$ 323.700.000,00 – R\$ 2.009.992,81) iria para investimentos em infraestrutura, sendo 5% para instalações e reformas (Cr\$ 50.000.000,00 – R\$ 310.471,55) e 27% (Cr\$ 232.700.000,00 – R\$ 1.444.934,59) para compra de material permanente. O valor pago para o pessoal envolvido no projeto foi de Cr\$ 131.100.000,00 (R\$ 814.056,40), ou seja, cerca de 15%. O montante, em valores atualizados, é semelhante ao pago através do II e III Projetos de Subsistemas (respectivamente R\$ 281.408,34 e R\$ 602.481,06, totalizando R\$ 883.889,40). O restante seria destinado ao material de consumo (Cr\$ 252.9000,00 – R\$ 15.703,65) e serviços de terceiros e encargos (Cr\$ 142.300.000,00 – R\$ 883.602,03). Apesar dos valores em cruzeiro serem visivelmente muito maiores que os investidos nos projetos anteriores, quando comparamos os valores atualizados para 2019 notamos que o IV Projeto de Subsistemas não possui muitas discrepâncias com o anterior, principalmente em relação aos valores repassados para os atores envolvidos na construção de artefatos tecnológicos (que receberiam um salário real menor que aquele pago anteriormente). O grande aumento dos valores expressos em cruzeiro no contrato são apenas o reflexo do quadro

¹⁴¹ *Ibidem*, p. 191.

econômico brasileiro na metade da década de 1980, não apresentando ganhos muito significativos para o LSI quando comparado com os anteriores.

De acordo com os economistas Antonio Barros de Castro e Francisco Eduardo Pires de Souza¹⁴², entre 1984 e 1985, a inflação oficial brasileira estava em torno de 220% ao ano, motivada principalmente por alterações bruscas nos preços básicos, entendidos como os valores das taxas de câmbio, do petróleo e dos alimentos (CASTRO E SOUZA, 1985, p. 213-214). Conforme apontamos anteriormente, o país passou pelo segundo choque do petróleo em 1979, contraindo a partir daí uma crescente dívida externa. Essa combinação agravou a situação da economia nacional, que apresentava baixos indicadores em todo este período. Para Castro e Souza, os fatores que aceleravam a inflação foram as

- taxas de inflação excepcionalmente elevadas[, que] implicam em aumento do risco associado a erros de previsão. Para compensá-lo, as empresas tenderiam a reguardar-se, elevando sua margem de lucro [...];
- taxas de inflação excepcionalmente elevadas implicam [...] [na] volatilidade de preços. Isto, por sua vez, atuando sobre uma economia basicamente indexada, torna provável a ocorrência de movimentos de aceleração do ritmo de inflação (CASTRO E SOUZA, 1985, p. 215).

Os autores afirmaram ainda que as medidas adotadas pelo governo para contenção da inflação eram repetidamente violadas pelo próprio governo, principalmente através da subindexação dos salários. As análises de Castro e Souza ajudam a compreender porque inicialmente encontramos, no IV Projeto de Subsistemas, honorários menores pagos aos participantes do projeto, ao mesmo tempo em que encontramos o aumento dos valores destinados aos materiais de consumo adquiridos pela Poli. As razões econômicas do país explicam, ainda, a existência de diversos documentos ao longo do projeto que apontam as dificuldades financeiras com a condução das pesquisas.

Uma carta, datada de 25 de junho de 1985, e enviada ao Dr. Luiz Mauricio Wanderley de Souza da FINEP, solicitava suplementação orçamentária, tendo em vista as dificuldades em se trabalhar com os valores inicialmente liberados em um cenário onde os “índices inflacionários (...) [foram] extremamente maiores do que os originalmente previstos”¹⁴³. A suplementação seria necessária para “manter a equipe de pesquisadores inalterada”, bem como adquirir novos materiais para consumo. Ao todo, foram solicitados Cr\$ 254.400.000,00 (R\$ 355.742,08), sendo que Cr\$ 171.400.000,00 (R\$ 239.678,43 – 67% do total) seria utilizado para o pagamento da equipe do Laboratório.

142 CASTRO, A. B.; SOUZA, F. E. P. *A Economia Brasileira em Marcha Forçada*. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1985.

143 IV Projeto de Subsistemas, 1985, LSI-089/85, p. 2.

Em carta de 16 de dezembro de 1985 enviada para Cláudio Meirelles Romeiro, chefe do Departamento Financeiro da FINEP, Zuffo informou que precisou utilizar verbas da FINEP destinada para outros fins para conseguir realizar o pagamento das folhas de pagamento, visando assim “conservar as equipes dos projetos”, uma vez que as verbas enviadas ao LSI através do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT)¹⁴⁴ sofreram “enormes atrasos”¹⁴⁵.

O LSI passou a receber suplementação orçamentária do PADCT em 01 de fevereiro de 1985, ou seja, cerca de um ano após o início do IV Projeto de Subsistemas. O objetivo era desenvolver uma Família de Analisadores Lógicos, trabalho executado de maneira concomitante ao projeto financiado pela FINEP. Daí a necessidade de remanejamento de recursos, uma vez que os trabalhos realizados através do PADCT estavam em andamento no momento em que os recursos do mesmo fundo começaram a atrasar. Após o pagamento do PADCT, os valores foram devidamente estornados para a FINEP, porém o cronograma precisou ser reelaborado, o que aconteceu oficialmente em 18 de dezembro de 1985¹⁴⁶. O documento, enviado para Marília Rosa Milan, Chefe do Departamento de Extensão Tecnológica II (DET-II) da FINEP, aponta a necessidade de cobrir as despesas suplementares nos itens de Obrigações Patronais e Remuneração de Serviços Pessoais.

Além das verbas solicitadas para o projeto, uma carta enviada pelo professor da Poli Luiz de Queiroz Orsini em 28 de janeiro de 1986 para Evandro Barreiras Milet, matemático que trabalhava então na FINEP, apontou a existência de um entendimento entre o professor Zuffo e a FINEP para a liberação de verba suplementar visando a contratação de três novos professores para o departamento de Engenharia Elétrica (Cr\$ 520.000.000,00 por ano, o equivalente a R\$ 353.154,35), bem como a compra de materiais permanentes e a equipamentos para o laboratório (Cr\$ 250.000.000,00 – R\$ 169.785,74) e a compra de materiais de consumo e projetos de formatura (Cr\$ 100.000.000,00 por ano – R\$ 67.914,30), o que possibilitaria a abertura de 30 novas vagas para o curso de Engenharia Elétrica com opção em Eletrônica. De acordo com o artigo de Amílcar Figueira Ferrari (2002) citado no capítulo 1, não seria possível compreender a implementação dos cursos de pós-graduação (em engenharia e em tecnologia) no Brasil sem levarmos em conta o papel de fomento desenvolvido pela FINEP no final

144 De acordo com o especialista em Gestão de Inovação Tecnológica Alzerina Reis Barrella, o PADCT foi lançado em 1985 como instrumento da Política Nacional de Ciência e Tecnologia (PCT) e era “desenvolvido com recursos do Tesouro Nacional estalecidos na rubrica de Ciência e Tecnologia e um mecanismo de contrapartida externa, disponibilizada nos termos do acordo de empréstimo assinado entre o Governo Brasileiro e o Banco Mundial” (BARELLA, 1998, p. iii).

145 IV Projeto de Subsistemas, 1985, LSI-210/85, p. 1.

146 IV Projeto de Subsistemas, 1986, No. Prot. 216.

dos anos 1960 e durante todo os anos 1970. Pelo menos no caso da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, encontramos indícios que o papel de protagonismo da FINEP se estendeu também para a graduação nos anos 1980, uma vez que foram os seus recursos que possibilitaram a expansão do LSI em um momento de grave descontrolado inflacionário vivido no Brasil.

Sobre a estrutura do IV Projeto de Subsistemas, observamos uma ampliação considerável em relação aos trabalhos desenvolvidos nos projetos anteriores. O IV Projeto possuía dez blocos, subdivididos em *Áreas de Projetos Digitais e Instrumentação* e *Área de PAC – Projetos Auxiliados por Computador*. Na primeira área, previa-se a continuação da construção de um processador de transformada rápida de Fourier, além de um sistema de desenvolvimento para microprocessadores. A presença do processador de Fourier, que já figurava anteriormente no II Projeto de Subsistemas, é explicada pela continuidade das atividades de um projeto para outro. Normalmente, somavam-se a construção de novos artefatos aos antigos, que muitas vezes eram aprimorados ou, quando o artefato projetado necessitava de maior tempo ou complexidade dos trabalhos, suas atividades se estendiam para o contrato seguinte. A segunda área, previa a modelagem de dispositivos TEC-MOS pelo método de elementos finitos, estudos na lógica integrada variável em redes programáveis por metalização, análise e definição de um conjunto mínimo de dispositivos e elementos constitutivos por rede básica, aperfeiçoamento do sistema PAC para otimização de interligações metálicas e simulação de circuitos, desenvolvimento de pacotes gráficos para figuras em 2D e 3D, criação de um programa de configurações de máscara para CI IEMA e linguagem simbólica, estudos sobre deposição e caracterização de filmes de silicetos, projeto e construção de um retentor de 8 bits metálica carga depleção e desenvolvimento de uma tecnologia MOS carga depleção com pontas de silício policristalino simples.

Diferente dos projetos anteriores, o IV Projeto de Subsistemas se aproximou da iniciativa privada e, de fato, chegou a produzir alguns artefatos que foram transferidos para ela. Durante este projeto, o Laboratório foi suficientemente equipado de forma que a produção de equipamentos adequados à realidade nacional tornou-se factível. As transformações foram tão grandes que, em carta enviada para o coronel Hélio Octavio Pinto Guedes da FINEP, em 04 de março de 1986, Zuffo assinalava as possibilidades de transformação do LSI em um centro de pesquisas reconhecido internacionalmente. O objetivo do documento era apresentar/angariar aliados para o V Projeto de Subsistemas. Apontando a emergência da quinta geração de computadores, “onde grande capacidade de processamento, tecnologias de Inteligência Artificial,

Reconhecimento de Imagens e Comunicação por Voz tornar-se-ão básicas”¹⁴⁷, Zuffo comunicou a Pinto Guedes que

Sem o suporte de um eficiente projeto de CIs para o desenvolvimento de CIs próprios necessários ao processamento paralelo, não conseguiremos também dispor da flexibilidade necessária para desenvolver as novas opções de arquitetura que se façam necessárias. (...) Acreditamos que estamos no limiar de transformarmos o LSI num projeto de tecnologias competitivo em termos mundiais. Para tanto necessitamos de algum auxílio ainda por algum tempo (...) O LSI tem se esforçado a par dos desenvolvimentos tecnológicos na formação de recursos humanos de alta qualidade, tanto na área de graduação, como na área de pós-graduação, sendo que grande parte de nossos desenvolvimentos tem sido feitos por alunos estagiários de graduação num esquema aprenda-fazendo¹⁴⁸.

Este documento mostra a importância das verbas oriundas da FINEP para os trabalhos desenvolvidos no LSI, uma vez que foram elas que criaram a infraestrutura necessária para que o processo “aprenda-fazendo” se desenvolvesse. Também observamos o esforço por parte dos profissionais ligados ao Laboratório em acompanhar a tecnologia desenvolvida no exterior. Para a realidade nacional, desde que houvesse, por parte das agências de fomento, um *auxílio por algum tempo*, seria possível o desenvolvimento de artefatos que empregassem uma “tecnologia de primeira linha mundial”¹⁴⁹, como circuitos MOS porta silicetos, previstos para serem “alcançados” em um prazo de dois anos.

Era justamente desenvolvimento e posterior emprego dessas novas tecnologias que possibilitariam ao LSI desenvolver artefatos tecnológicos próximos daqueles desenvolvidos no exterior. A documentação do projeto informou que, em conjunto com trabalhos acadêmicos, diversos artefatos produzidos foram utilizados de maneira corrente no Laboratório, como o Microcomputador Z-80, MP 32k bytes com BASIC, Microcomputador 8080-02 – 4k bytes de RAM, Microcomputador 8080-01 com monitor – 1k byte de ROM, 1k byte de RAM, Programador de EPROMs, Programador de MICROS 8748, Apagador de EPROMs e Terminal Gráfico em Cores Retiforme 256 x 640 4 x 8, 7,5MHz¹⁵⁰. Além disso, os constantes trabalhos desenvolvidos pela equipe em processamento gráfico e roteamento permitiram avanços nas áreas de Processamento Digital e Projetos Auxiliados por Computadores (PAC), que, por sua vez, resultaram em projetos de CIs realizados em terminais interativos, o que significava maior complexidade dos circuitos e, conseqüentemente, sistemas integráveis mais elaborados. Essas informações demonstram como os trabalhos realizados foram “cumulativos”, sendo que os

147 IV Projeto de Subsistemas, 1986, LSI-027/86, p. 3.

148 *Ibidem*, p. 2-3.

149 *Ibidem*.

150 *Ibidem*, p. 6-9.

mais antigos alimentavam os mais novos. Demonstra também que, além das verbas destinadas a compra de equipamentos para o LSI, verbas estas que foram devidamente estabelecidas nos contratos, a atuação da FINEP permitiu que trabalhos acadêmicos contribuísem para a existência de um laboratório de engenharia mais completo, capaz, portanto, de atender parte da demanda nacional por tecnologia.

Daí, possivelmente, a maior aproximação do LSI com a iniciativa privada. Uma vez que o Laboratório, no momento do IV Projeto, contava com mais artefatos capazes de responder às necessidades privadas, os projetos acadêmicos realizados na universidade seriam capazes de *inter-essar* os empresários nacionais.

Em entrevista, Zuffo contou que durante os anos 1980, o LSI desenvolveu um terminal gráfico e um osciloscópio digital que foram passados via licitação para a empresa de tecnologia Daruma¹⁵¹. Ao longo da referida carta endereçada a Pinto Guedes, Zuffo mostrou a necessidade de aproximação com setores privados em dois momentos: o primeiro ao ressaltar a importância do PAC (Projetos Auxiliados Por Computador) e a necessidade de associação com empresas para concluir projetos na área; e o segundo ao destacar o desenvolvimento de um Processador Científico de grande Porte derivado do supermicrocomputador de 32 bits produzido para a empresa brasileira Prológica.

Este supermicro foi desenvolvido com um sistema operacional UNIX, System V, Real Time, Monoprocessador Multitarefa. Durante os anos 1980 o Brasil chegou a projetar alguns sistemas operacionais com base ou compatíveis com o UNIX, sendo este sistema a principal contribuição do LSI para a Prológica, de acordo com uma entrevista realizada com Zuffo¹⁵².

Quando observamos a produção de software nacional (e internacional) nos anos 1980, vemos que o UNIX apresentou-se como centro das atenções. Sua história é um dos melhores exemplos a respeito da necessidade e da importância da existência de determinados padrões na informática. Sobre o UNIX, Ivan da Costa Marques, Márcia de Oliveira Cardoso e Vitor Andrade Barcellos afirmaram que

Grande parte do UNIX da AT&T estava escrita em C, uma “linguagem de alto nível,” ou seja, era um conjunto de expressões de sintaxe mais geral que podiam ser adaptadas e traduzidas quase automaticamente (compiladas) para as “linguagens de máquina” dos mais diversos fabricantes (MARQUES *et al*, 2009, p. 4).

151 Entrevista realizada em 29 de agosto de 2018.

152 Entrevista realizada em 29 de agosto de 2018.

De acordo com a cientista social Maria Caraméz Carlotto e o filósofo e colunista Pablo Ortellado¹⁵³, a história do UNIX remete a um processo judicial devido à violação da lei antitruste recebido pelas empresas estadunidenses AT&T e a Western Electric Company Inc. O processo, iniciado em 1949, terminou em 1956 com a determinação de que essas empresas não poderiam realizar atividades comerciais fora da área de telecomunicações, o que resultou em mudanças na maneira como os Bell Labs lidava com suas pesquisas na área de *software* (CARLOTTO; ORTELLADO, 2011, p. 79-80).

Em 1964, a empresa começou a desenvolver, em parceria com o MIT e a General Electric, o sistema operacional Multics (Multiplexed Information and Computing Service), projeto encerrado em 1969 por razões de ordem técnica. Entre os pesquisadores envolvidos estavam Ken Thompson e Dennis Ritchie, que em 1973 apresentaram em um congresso acadêmico chamado Symposium on Operating Systems Principles o UNIX, um sistema operacional de propósito geral, multiusuário e interativo, para o DEC/PDP-11/40 (*Ibidem*, p. 80).

O sistema chamou a atenção dos pesquisadores presentes e, como a AT&T não poderia explorá-lo comercialmente, o UNIX foi licenciado para fins de pesquisa e em 1975 ele já era utilizado por mais de quarenta universidades norte-americanas. Como não existia nenhum tipo de suporte ou manutenção para os usuários do UNIX, as universidades e centro de pesquisas passaram a compartilhar entre si informações, soluções de problemas e atualizações do sistema (*Ibidem*, p. 80). Marques *et al.* afirmou que o interesse dos produtores, integradores e usuários de computador em definir como um padrão as características básicas do UNIX veio da capacidade do sistema em compilar para linguagem de máquina de diferentes fabricantes um conjunto de expressões e sínteses (MARQUES *et al.*, 2009, p. 4).

O Boletim do PLURIX¹⁵⁴, publicado pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NCE/UFRJ), afirmava que o relacionamento da UFRJ com o UNIX havia começado em 1976, quando diversos pesquisadores que lá atuavam realizavam os seus doutoramentos sobretudo na Europa e nos EUA. Naquele ano, o UNIX começou a ser instalado nos computadores das universidades e diversas teses e dissertações foram

153 CAMEZ CARLOTTO, Maria; ORTELLADO, Pablo. Activist-driven innovation: uma história interpretativa do software livre. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, vol. 26, núm. 76, jun, 2011, pp. 77-102 Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ciências Sociais. São Paulo, Brasil

154 PLURIX foi um sistema operacional multiprocessado que foi desenvolvido com base na filosofia UNIX pelo NCE/UFRJ concluído em 1987 (os primeiros trabalhos neste sentido iniciaram-se em 1982). O objetivo do Boletim, de acordo com o seu editorial, que foi assinado pelo professor Newton Faller, era disseminar o conhecimento adquirido no processo de criação do PLURIX. Com isso, os autores esperavam “influenciar e [...] [serem] influenciados pelas outras experiências brasileiras no desenvolvimento de Sistemas Operacionais com filosofia UNIX”, chamados de SOFIX (FALLER, N. Editorial, *Boletim do PLURIX*, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 1, 1987).

produzidas a este respeito¹⁵⁵. Como os profissionais pós-graduados no exterior que retornaram ao Brasil atuaram em diversas universidades nacionais, podemos supor que o UNIX rapidamente influenciou cursos de engenharia brasileiros, tal qual influenciou a UFRJ.

Em 1982, um novo processo judicial obrigou a AT&T separar-se dos Bell Labs e da Western Electric. Concomitantemente, o surgimento dos computadores pessoais modificou o mercado de softwares e em 1983 a AT&T fundou o Unix System Labs, o que encareceu a distribuição e o licenciamento do UNIX (CARTOLLO; ORTELLADO, 2011, p. 80-81).

Ivan da Costa Marques *et al.*, ao discutir o movimento geral em prol da padronização de determinadas tecnologias que iniciou-se no começo dos anos 1980 afirmou que o surgimento do *International Organization for Standardization* (“ISO”) e do *Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique* (CCITT) estava fundamentado na ideia de combate dos efeitos considerados desintegradores que resultavam de padronizações que aconteciam sem coordenação. Na Europa, formou-se o X/Open que, ao discutir questões relativas aos padrões a serem firmados/adotados pelas empresas europeias, defendia no mercado a participação dos fabricantes do continente (Bull, ICL, Nixdorf, Olivetti, Philips e Siemens) frente à IBM, cujos padrões proprietários dominavam a maior parte do mundo. O objetivo declarado do X/Open era apoiar e/ou criar padrões abertos (ou seja, sem que exista um proprietário) que sejam, pelo menos, não discriminatórios (MARQUES *et al*, 2009, p. 5).

As questões da padronização também foram discutidas no Brasil. Em artigo publicado na revista *Dados & Ideias*, o engenheiro Lucas Tofolo de Macedo¹⁵⁶ defendeu a padronização como um assunto pertinente ao interesse nacional. O autor definiu as normas técnicas apoiado na definição da agência de normatização francesa como a “síntese mais simples” que surge como resultado da escolha coletiva de um dado de referência, que deve servir de base para soluções de problemas repetitivos. No Brasil, a normatização era (e é) realizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através de seus Estatutos, formulados a partir dos trabalhos de Comitês Brasileiro de Normatização (CBs), as principais unidades operacionais da ABNT, sendo cada CB voltado para um setor científico ou tecnológico específico. Um CB é formado pelos sócios da ABNT que nele se inscreveram, e tem funções de planejamento, coordenação e controle das atividades exercidas por um grupo de Comissões Técnicas especializadas, que coordenam e controlam os trabalhos de Comissões de Estudo responsáveis pela elaboração das normas técnicas.

¹⁵⁵ *Boletim do PLURIX*, v.1, n.1, 1987, p. 2.

¹⁵⁶ MACEDO, L. T. Quando normatização quer dizer interesse nacional, **Dados e Ideias**, Rio de Janeiro, v.4, n.4, p. 2-8, 1979.

No caso dos sistemas operacionais, Macedo afirmou que existiam inúmeros exemplos de instalações que eram obrigadas a continuar comprando equipamento de um único fabricante, devido aos elevados custos de conversão dos *softwares* utilizados. Assim, os usuários estavam condenados a permanecer com o mesmo fabricante ou a arcar com os elevados custos financeiros de trocar seu sistema (e consequentemente trocar sua *rede sociotécnica*, como diria Susan Star).

A proposta de Macedo, assim como a do X/Open, era mostrar que a padronização é um importante instrumento para que haja comunicações entre dispositivos de diferentes fabricantes. O que os construtores de artefatos deveriam utilizar, principalmente se estiverem inseridos em uma rede que visa a autonomia tecnológica nacional, era a utilização de padrões que não fossem proprietários e que portanto não pertenceriam a uma única empresa multinacional, como a IBM. A disputa por diferentes padrões era, portanto, uma disputa pela autonomia tecnológica.

De acordo com Marques *et al.*, na década de 1980, a AT&T colocou o seu UNIX disponível para qualquer instituição interessada em licenciá-lo e desenvolver um sistema próprio baseado em seu padrão (*Ibidem*, p. 4). Conforme apontado por Carlotto e Ortellado, inicialmente a um custo baixo e, posteriormente, cobrando um valor tido como comercial. A partir de um ambiente onde havia a busca por padronizações, tal qual buscamos delinear, o UNIX difundiu-se tanto entre aqueles que de fato pagavam o seu licenciamento para a AT&T quanto entre aqueles que desenvolviam inteiramente os chamados “UNIX-compatíveis”, sistemas operacionais que não eram propriamente o UNIX, mas que utilizavam os padrões estabelecidos por ele. Neste último caso, a X/Open atuava como a instituição que certificava a compatibilidade desses novos sistemas com o UNIX em si e, consequentemente, entre todos os sistemas UNIX-compatíveis certificados. Essa característica era fundamental tanto para os usuários quanto para os desenvolvedores de *software*, que poderiam oferecer seus produtos a uma grande quantidade de sistemas diferentes.

Durante os anos 1980, diversos fabricantes de computadores brasileiros desenvolveram ou licenciaram os seus sistemas UNIX ou UNIX-compatíveis. Alguns sistemas operacionais desenvolvidos com base no UNIX da AT&T foram o EDIX, pela Edisa, o DIGIX, pela Digirrede e o SIDIX, pela SID. Marques *et al.* trouxe uma citação do periódico Mundo UNIX de maio de 1986 onde a Edisa afirmou explicitamente que, em seu caso, era mais vantajoso pagar o valor do licenciamento para a AT&T do que participar de esforços para manter um sistema operacional propriamente brasileiro (MARQUES *et al.*, 2009, p. 20-21). Apesar de

apontar a sua preferência por pagar pelo licenciamento da AT&T, o EDIX foi desenvolvido com base em uma cópia do UNIX licenciada de maneira irregular.

Por outro lado, foram produzidos no Brasil algumas versões de UNIX-compatíveis, como o PLURIX da UFRJ. A Cobra, Computadores S.A., desenvolveu o SOX, um sistema operacional UNIX-compatível que chegou a ser certificado pela X/Open. Seu sucesso levou a Cobra a desvincular-se do SOX e a se juntar à Itautech, à Scopus e outras empresas privadas para formar o SOX S.A., uma cooperativa voltada para licenciar e manter sistemas operacionais brasileiros, em especial o próprio SOX e o Sisne, um sistema compatível com o MS DOS da Microsoft e que fora desenvolvido pela Scopus. Tanto o SOX quanto o Sisne não utilizaram os códigos dos sistemas que os influenciaram, não sendo portanto considerados uma cópia e, portanto, não precisando pagar uma licença para a AT&T ou para a Microsoft (MARQUES *et al*, 2009, p. 19).

Esses dados indicam que, no caso brasileiro, o desenvolvimento de sistemas UNIX-compatíveis estavam mais ligados aos atores envolvidos diretamente com o nacionalismo tecnológico, como universidades, empresas *spin-off* de universidades (como é o caso da Scopus, fundada pelo engenheiro Edson Fregni, da Escola Politécnica) e a Cobra, empresa estatal diretamente ligada aos nacionalistas tecnológicos. As empresas que forneciam equipamentos de informática para o mercado brasileiro preferiam ou pagar os devidos licenciamentos ou simplesmente desenvolver um novo sistema tendo como base um *software* adquirido de maneira irregular, o popularmente chamado *software pirata*.

Como o sistema da AT&T se difundiu inicialmente nas universidades e acabou influenciando os seus pesquisadores e paulatinamente transformou-se em um padrão comercial, é compreensível a escolha do LSI em desenvolver seu próprio sistema UNIX. Notamos que, diferente da Cobra, por exemplo, o sistema operacional desenvolvido pelo LSI, o UNIX, System V, Real Time, Monoprocessador Multitarefa, não se tratava de um UNIX-compatível e sim de uma versão licenciada pela AT&T, o System V. Em entrevista, Zuffo indicou de maneira indireta que o System V fora devidamente licenciado da AT&T, embora esta prática nem sempre tenha sido respeitada. De acordo com Marques *et al.*, além do EDIX, o SIDIX e o DIGIX tratavam-se de sistemas operacionais licenciados ilegalmente, pois havia urgência em oferecê-los para o mercado brasileiro. De fato, de acordo com os autores,

Estavam em cena junto com o SOX uma série de novos comportamentos, diferenciados (ética e esteticamente) daqueles que haviam predominado para a construção do parque de minicomputadores. Entre eles, a intensificação e a tolerância a um jogo de “faz de conta” – apresentar à SEI um sistema operacional licenciado ilegalmente no estrangeiro com sendo resultado de “desen-

volvimento local” (software categoria A) e a SEI “acreditar” sem maiores averiguações, legitimando-o como software brasileiro, ou seja, o contrabando (legalizado ou não, mas tolerado) de sistemas operacionais (MARQUES *et al.*, 2009, p. 17-18).

Além das mudanças anunciadas por Marques, podemos acrescentar, conforme discutido no capítulo 1, que a rede sociotécnica construída ao redor da política de informática agregava diferentes interesses, que foram transladados/traduzidos para atuarem em conjunto. Desta forma, interesses voltados à autonomia tecnológica enquanto ideologia política e social conviviam com interesses mercadológicos, o que explica as diferentes atitudes dos agentes envolvidos com a produção ou utilização do UNIX. Discutiremos o assunto em detalhes na seção 5 do capítulo 3.

Em relação ao IV Projeto de Subsistemas, no que diz respeito aos trabalhos desenvolvidos para a Prológica, Zuffo afirmou que o desenvolvimento do sistema UNIX foi a principal atividade realizada pela equipe do LSI. Contudo, a Prológica nem ao menos chegou a utilizá-lo, uma vez que optou por utilizar uma versão UNIX adquirida de maneira ilegal¹⁵⁷.

Da mesma forma, a Prológica abandonou a ideia de computador de grande porte com base em um processador científico, como anunciou Zuffo em carta para o coronel Hélio Octávio Pinto Guedes da FINEP, e concentrou-se apenas no supermicrocomputador desenvolvido pelo LSI. Da mesma forma, a Daruma que, conforme apontamos anteriormente, havia adquirido por licitação o direito de produzir industrialmente equipamentos desenvolvidos pelo LSI, faliu antes de colocá-los no mercado. A história de produção tecnológica em informática desenvolvida pelos Laboratórios da Escola Politécnica é marcada por diversos sucessos acadêmicos, mas, pelo menos nos anos 1980, alguns fracassos na transposição universidade-indústria. Trataremos dessas dificuldades quando discutirmos a questão da industrialização do G-10 no capítulo 3.

Além da Prológica e da Daruma, o LSI estabeleceu relações com outras empresas privadas, algumas delas capazes de lançar seus equipamentos comercialmente. Na documentação, encontramos, em 1984, novos equipamentos que estavam em processo de transferência para indústrias. São eles o TVI-02 – Terminal Alfanumérico, passado para a EBC; o Sistema Controlador Braille-II, desenvolvido para a Fundação para o Livro do Cego no Brasil; e, por fim, um Controlador Estatístico, transferido para a Master Controle Dimensional. Em entrevista, Zuffo afirmou que seu trabalho com sistemas em braille desenvolveu-se a partir de adaptações realizadas em uma máquina de escrever elétrica IBM Seletic para que ela passas-

157 Entrevista concedida em 29 de agosto de 2018.

se a imprimir códigos braille. Esse trabalho rendeu a ele um diploma conferido pela Fundação para o Livro do Cego¹⁵⁸. Não encontramos informações referentes à EBC e a Master Controle Dimensional, mas, de acordo com informações nos cadastros da Receita Federal, a Master Controle Dimensional teve oficialmente seus trabalhos encerrados em 2008, vinte e quatro anos depois do LSI transferir o Controlador Estatístico para a mesma. É possível, portanto, que, diferente da Daruma, esse instrumento tenha sido produzido em escala industrial.

Em entrevistas, Antônio Zuffo e Lucas Moscato afirmaram que entre universidade e indústria existe um fosso que ambos chamaram de *death valley*, o vale da morte, que representa as dificuldades da transposição do artefato produzido na universidade para o artefato produzido em larga escala pela indústria. Zuffo afirmou, através de uma analogia, que esse é um problema de escala de custo: enquanto a produção de tecnologias digitais em um laboratório universitário custaria “um”, em nível de centro de pesquisa custaria “dez”. Em nível empresarial, custaria “cem” ou “mil” “na época”. O empresariado não queria, ou não podia, investir na infraestrutura necessária para essa produção. Conforme veremos no capítulo 3, os valores estimados para a criação de protótipos e industrialização do G-10 exemplificam concretamente este problema.

As dificuldades de industrialização dos artefatos desenvolvidos no LSI não impediu seu crescimento. Durante os anos 1980, sua produção de artefatos tecnológicos foi intensa, como mostra a análise dos títulos dos relatórios técnicos enviados em carta para Astor Modesto de Souza, da FINEP, em 17 de dezembro de 1985.¹⁵⁹ No documento, encontramos a produção de vinte e um artefatos tecnológicos diferentes¹⁶⁰, além de dezoito estudos realizados em equipamentos ou bibliografias disponíveis no laboratório¹⁶¹, quatro manuais ou especificações

¹⁵⁸ Entrevista concedida em 13 de novembro de 2018.

¹⁵⁹ IV Projeto de Subsistemas, 1985, LSI-216/85.

¹⁶⁰ São eles: Controlador 2001 do Sistema Pirani-Penning, Equipamento de Duplo Sputtering RF, Filtro Elíptico Passa-Baixas, Hardware do AL-03, Hardware do AL-03B, Interface Digitalizadora de Vídeo, MC68000, Microcomputador VME S-850, Microprocessador NS16000 National, Microprocessador VME – Software – Sistema Operacional Real, Placa CPU 68K/I, Placa de UCP – Padrão S-100, Projeto Braille, SINDE – Hardware, Sistema de Análise de Voz, Sistema de Aquisição de Dados, Sistema de Vácuo, Sistema Gráfico Z-Buffer, Sistema Programacional TVI-02B, Sistema VME S-851 e Supermicrocomputador de 32 Bits.

¹⁶¹ Aceitabilidade de Placas de Circuito Impresso, Analisadores Lógicos – Características e Utilização, Análise de Sinais, Análise Nodal Modificada de Redes Resistivas Lineares, Análise Transitória Linear, CMOS: Tecnologia do Futuro, Estudo de Modelamento de Dispositivo Semicondutores pelo Método de Elementos Finitos, Introdução ao Estudo de Microprocessadores e Dispositivos Periféricos em Instrumentação, Introdução ao Estudo de Válvulas como Elementos de Amplificação para RF, Medidas Experimentais e Extração de Parâmetros NMOS Carga em Deplação Porta de Silício Policristalino, Oxidação de Silicetos, Primitivas de Saída, Problemas de Visibilidade em Software Gráfico Tridimensional, Processo de Fabricação de Circuitos Impressos Profissionais, Processos de Corrosão a Seco, Separador de Sincronismo, Stress em Filmes Finos e Uma Implementação Sistólica de Algoritmo Paralelo de Filas de Prioridades

para usuários desenvolvidos a partir de artefatos criados pelo LSI¹⁶², cinco estudos para projetos futuros¹⁶³ e finalmente quatro relatórios de atividades ou relatório de atores envolvidos com os projetos¹⁶⁴.

Especificamente no ano de 1985, o Laboratório passou a receber fundos de outras instituições voltadas para o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro. Uma delas foi o já citado PADCT, cujos atrasos nos repasses levou à reorganização do cronograma de desembolsos da FINEP. Outra fonte que mostrou-se importante para a construção de equipamentos para o LSI foi o Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico-Científica do Banco do Brasil (FIPEC). A pesquisa por informações bibliográficas a respeito do FIPEC não logrou resultados. Localizamos, contudo, uma entrevista¹⁶⁵ de um funcionário aposentado do Banco do Brasil (BB) chamado José Honório da Silva. Apesar de não ter atuado em conjunto com o LSI, Silva forneceu informações relevantes a respeito do funcionamento do FIPEC. De acordo com Silva, o BB, dentro de suas funções “tradicionalmente” conhecidas de fomento à produção nacional, criou um fundo de 2% do lucro líquido de suas balanças para apoiar pesquisas aplicadas em universidades, fundações, instituições de pesquisa e associações de empresas que buscavam soluções para problemas que pudessem refletir no desenvolvimento tecnológico nacional, principalmente em casos onde os artefatos criados pudessem ser industrializados. José Honório da Silva afirmou que o Banco do Brasil, percebendo a dificuldade na consolidação de um elo entre universidade e iniciativa privada, resolveu estimular a transferência de tecnologia para empresas pequenas.

Para conseguir a financiamento do Banco, as instituições de pesquisa deveriam preencher formulários padronizados disponíveis nas agências do BB e apresentar suas propostas para análise de um comitê composto por agências de fomento à produção científica brasileira, como o CNPq e a própria FINEP.

162 Manual de Operação Analisador Lógico AL-03B, Terminal TVI-02B – Especificações do Ponto de Vista do Usuário, Sistema Controlador Braille 01 - Manual de Impressão de texto e Sistema Controlador Braille 02 - Manual de Instalação.

163 Primeira Análise de recursos necessários aos Projetos de Sistemas Gráficos, Projeto SINDE – projeto Preliminar Tabela de Conteúdo, Proposta de Constituição e Organização de Equipe de Software e Proposta de Cronograma de Desenvolvimento do Sistema Operacional LSI-1., Proposta de Projetos de um Sistema Automatizado para Análise de Gases residuais por Espectrometria de Massa e Proposta Geral do Projeto de Sistema Gráfico.

164 Relatório de Atividades da Área de Microeletrônica, Relatório de Atividades de José Carlos da Cunha Fidalgo, Relatório de Atividades do Eng.º Emilio D. M. Hernandez e Relatório de Estágio de Lino Mitsuo Nakada.

165 Entrevista concedida ao Museu da Pessoa em 04 de abril de 2009. MUSEU DA PESSOA. Desvendando o FIPEC – Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico-Científica. 2009. Disponível em <<http://www.museudapessoa.net/pt/conteudo/historia/-47177>>. Acesso em 05 de maio de 2019.

De acordo com a documentação do IV Projeto de Subsistemas¹⁶⁶, as verbas recebidas pelo LSI através do FIPEC no começo de 1985 possibilitaram o desenvolvimento de um equipamento para Corrosão por Plasma. Em novembro do mesmo ano, um novo financiamento do FIPEC foi disponibilizado para o Laboratório, desta vez para a construção de um equipamento específico para o tratamento de Filmes de Silicetos de Titânio. Na carta para Astor Modesto de Souza, Zuffo afirmou que

ainda muito falta fazer para que seja concluída a infraestrutura básica do Laboratório, porém acreditamos que no prazo de dois anos poderemos ter construídos pela primeira vez no País os primeiros dispositivos MOS porta silicetos e porta policeto. Embora ainda não colocada em forma de relatório na área de microeletrônica foi desenvolvido um equipamento para Recozimento Superficial de Lâminas de Silício em Vácuo. Tal equipamento encontra-se em fase de caracterização em nosso Laboratório, devendo estar operacional no início do próximo ano¹⁶⁷.

No final da subseção anterior ressaltamos a diferença entre os valores investidos em infraestrutura do Laboratório e os valores pagos aos atores envolvidos nos projetos. Se, a primeira vista, os valores destinados à compra de material permanente pareceu baixo, cerca de 25% do total em todos os Projetos de Subsistemas apresentados, isso se deu porque parte dos artefatos indicados para desenvolvimento nos Projetos de Subsistemas, seja para a realização de projetos auxiliados por computadores, aferições de medições diversas ou para a produção de CIs cada vez mais elaborados, foram de fato desenvolvidos e empregados nas próprias instalações do Laboratório. A partir das entrevistas que realizamos com João Antônio Zuffo podemos supor que essa opção foi realizada principalmente devido às dificuldades em realizar compras de equipamentos voltados para a produção de microeletrônica, uma vez que a grande maioria deles era importada e havia um controle rígido de importações no Brasil. Desta forma, alguns dos equipamentos adquiridos pelo LSI após observações e estudos acerca de seu funcionamento, foram recriados no Laboratório, o que ampliava a infraestrutura do mesmo. Foi o que aconteceu com o equipamento de Corrosão por Plasma¹⁶⁸ e, posteriormente, já nos anos 1990, com um sistema de realidade virtual da Silicon Graphics¹⁶⁹, líder do mercado no período.

A preferência pela montagem dos equipamentos permanentes do LSI fica particularmente evidenciada no TELEX enviado para o Cel. Hélio Octávio Pinto Guedes em 13 de janeiro de 1984, defendendo a necessidade de suplementação para o III Projeto de Subsistemas.

¹⁶⁶ IV Projeto de Subsistemas, 1985, LSI-211/85.

¹⁶⁷ *Ibidem*.

¹⁶⁸ De acordo com entrevista realizada em 13 de novembro de 2018.

¹⁶⁹ De acordo com entrevista realizada em 11 de setembro de 2018.

Comparando o valor solicitado à FINEP para a construção de equipamentos brasileiros com os custos de equipamentos similares no exterior, João Antônio Zuffo, autor do TELEX, afirma que o

(...) o auxílio solicitado [...] é uma quantia minimizada e é bem menor do que o custo de desenvolvimento no exterior. Isto foi possível graças aos seguintes fatores: a) salários muito menores no Brasil; b) A contrapartida da USP que garante uma infraestrutura mínima [...] Outrossim chamamos a atenção que no Brasil o custo de aquisição de componentes, equipamentos e infraestrutura é muito maior do que no exterior. Mesmo assim conseguimos manter o orçamento muito abaixo em relação aos custos de desenvolvimento no exterior, mantendo a qualidade profissional do desenvolvimento¹⁷⁰.

Conforme observado, a intensidade dos trabalhos fazia com que, no término de um projeto com a FINEP, outro se iniciasse quase imediatamente. Foi justamente por este motivo que optamos por analisar os projetos em seu conjunto, sem separá-los pela sua numeração (I Projeto, II Projeto, etc). Por fim, cabe a nós abordarmos brevemente as especificidades do V Projeto de Subsistemas, cujas discussões/angariações de atores apareceram na documentação a partir em novembro de 1985 (o IV Projeto se encerraria oficialmente em 31 de dezembro de 1985, ou seja, o planejamento do V iniciou-se antes mesmo do término do IV). Desta vez, o LSI apresentou para o Prof. Astor Modesto de Souza, então Coordenador da área tecnológica DET-II da FINEP, uma relação elaborada por Jacobus W. Swart, então coordenador da área de Microeletrônica da Escola Politécnica, pelo Prof. Joel Pereira de Souza e pelo Dr. Wilhelmus van Noije, do LSD, a respeito das áreas prioritárias a curto e médio prazo para se trabalhar em microeletrônica no Brasil. O documento estabeleceu em *Áreas de processos*, a necessidade de desenvolvimento do CMOS, de sensores diversos e de estudos de desempenho e limitação de dispositivos. O objetivo principal era alcançar o desenvolvimento de circuitos em *integração em escala muito larga* (VLSI). É preciso lembrar que, até o momento, os projetos de Subsistemas falavam sobretudo em integração em média e larga escala (MSI e LSI). A outra área prioritária era a de *CAD* (Computer Aided Design), principalmente para a projeção, simulação e geração de *layout* para circuitos integrados. A sugestão para desenvolvimento nesta área era a de circuitos cujas indústrias não estavam se dedicando no momento, a exemplo das “aplicações específicas como bioengenharia e outros” e “novas concepções de projetos de circuito”¹⁷¹. É visível a aproximação do LSI com a indústria. Anteriormente, existiam projetos gerais que poderiam ser industrializados, como o supermicrocomputador da Prológica, mas ago-

170 IV Projeto de Subsistemas, 1984, Form 034.

171 IV Projeto de Subsistemas, 1985, carta a Astor Modesto de Souza, s/n.

ra a sugestão era se trabalhar com tecnologias cuja indústria nacional ainda não havia demonstrado interesse/capacidade de produção.

Em 04 de dezembro de 1985 o V Projeto foi apresentado em carta para Fábio Celso de Macedo Soares Guimarães, então presidente da FINEP. Observamos que este projeto foi estruturado com base nas informações elaboradas por Swart, Souza e van Noije, uma vez que a ênfase recaiu na produção dos circuitos em integração muito larga. O V Projeto de Subsistemas foi dividido em três áreas, sendo a primeira voltada para projetos digitais, a segunda área para sistemas programacionais e projetos auxiliados por computador (como o CAD) e a terceira área voltada a processos avançados em microeletrônica¹⁷². Assim como o projeto anterior, este teria a duração de dois anos, encerrando-se, portando, no final do ano de 1987.

O documento “Parecer sobre o Projeto do Laboratório de Subsistemas Integráveis da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo de 1986” apresentou sucintamente os objetivos de cada uma das áreas do projeto. Nele, o papel de vanguarda da universidade na produção de tecnologia a nível industrial fica evidenciado, principalmente através da afirmação de que “a execução de projetos ambiciosos na área acadêmica é uma das poucas formas existentes para consolidação de tecnologias em novas áreas de pesquisa de ponta”, admitindo-se que os desenvolvimentos propostos pelo projeto deveria “a médio prazo apoiar o desenvolvimento industrial do setor”. De fato, o V Projeto de Subsistemas é bastante ousado em relação aos seus objetivos, chegando a propor a criação de um

processador de capacidade entre 500 MIPs [Millions of Instructions Per Second] e um GIP [billion instructions per second][, que] deverá ter seu projeto concluído no prazo de dois anos visando sua implementação em dois anos posteriores ao projeto [...]. Este desenvolvimento nos parece muito importantes por dois motivos: Em primeiro lugar não existem no país máquinas de capacidade de processamento equivalente a um GIP. Além disso o custo de aquisição de máquinas com capacidade de processamento na ordem de 50 MIPs pode atingir dezenas de milhões de dólares o que supera em muitas vezes o valor do pedido de auxílio total do projeto. Em segundo lugar *são muito poucos os grupos de pesquisa no País que têm competência para desenvolver projetos deste tipo. O LSI estando já trabalhando em desenvolvimento de computadores para empresas particulares poderá, sem dúvida, chegar a protótipos acadêmicos no prazo proposto*¹⁷³.

Para a equipe do LSI, não havia contradição nenhuma em atuar de maneira próxima da iniciativa privada. Ao contrário, o *know-how* adquirido com esses trabalhos possibilitava a criação de protótipos cada vez mais avançados, fazendo com que o emprego desses artefatos

172 IV Projeto de Subsistemas, 1985, LSI-206/85.

173 IV Projeto de Subsistemas, 1986, Parecer... *Grifos nossos*.

na universidade representasse uma economia de milhões de dólares. Além disso, o desenvolvimento de atividades avançadas criava mão-de-obra especializada que estaria apta para atender as necessidades futuras da informática nacional, como salientando na descrição do bloco “Análise e Recuperação de Sinais em Tempo Real¹⁷⁴” e “Desenvolvimento de Recursos Humanos¹⁷⁵”, o que estaria em pleno acordo com a Política Nacional de Informática em vigor.

A crescente aproximação do LSI com a iniciativa privada provocou críticas aos seus trabalhos por parte de outras universidades brasileiras. Em dezembro de 1986 uma Comissão chefiada pela Profa. Doris Ferraz de Aragão, da Universidade Federal de Minas Gerais, produziu um relatório analisando, em linhas gerais, os trabalhos desenvolvidos no Laboratório. É muito provável que essa Comissão fizesse parte de uma avaliação encomendada pela FINEP, uma vez que, de acordo com o contrato padrão firmado entre FINEP e seus beneficiários citando na subseção 4.3.1, a Financeira possuía a prerrogativa de solicitar avaliação técnica de outras instituições e centros de pesquisa para que os trabalhos desenvolvidos com os seus recursos fossem avaliados.

O documento analisou dezessete atividades de pesquisa e desenvolvimento, admitindo que, naquele momento, um grande número de projetos estava em desenvolvimento simultâneo envolvendo os mesmos pesquisadores. Os trabalhos que resultaram no documento não foram especificados no relatório, que os trata apenas por números (projeto um, projeto dois), cuja relação não consta na documentação consultada, o que nos impossibilitou de especificar quais subprojetos foram objetos das críticas. De qualquer forma, sua análise permite uma visão externa acerca dos trabalhos realizados no LSI.

A Comissão apontou que grande parte dos pesquisadores envolvidos no projeto nem sempre permanecia nas mesmas atividades até o seu final, o que resultava em um rendimento menor do que o esperado. Aponta, ainda, que em vários casos, o número de pesquisadores propostos no plano inicial era superior aos que efetivamente realizavam as pesquisas, o que na prática deixava alguns subprojetos na espera de pessoal para realizá-los. Houve uma preocupação, por parte do LSI, em reagrupar atividades para tentar conduzi-las de maneira adequada. Além disso, alguns subprojetos foram desativados.

174 “Cumprir salientar que estes desenvolvimentos já estão sendo realizados no exterior e que em breve nossas empresas terão necessidade de um número muito grande de recursos humanos treinados nesta área. Portanto consideramos o objeto de pesquisa deste bloco muito importante para atender as necessidades do desenvolvimento futuro da informática nacional” (IV Projeto de Subsistemas, 1986, Parecer...).

175 “Este bloco destina-se especificamente a formação de Recursos Humanos em nível de mestrado e em nível de doutorado para a área de Microeletrônica”. De acordo com o LSI, este bloco foi proposto para tentar “suaavizar a imensa carência de recursos humanos especializados em processos sendo portanto uma atividade muito importante no atendimento de uma de nossas maiores deficiências” (IV Projeto de Subsistemas, 1986, Parecer...).

Como recomendação, em linhas gerais, a Comissão apontava a possibilidade de agrupamento de alguns projetos, de interrupção de outros e a necessidade de se contratar pesquisadores ou para a supervisão ou para complementar os quadros de algumas atividades. Na impossibilidade de novas contratações, a recomendação era para o encerramento do projeto.

O relatório chama *especial atenção* da FINEP para o “deslocamento de atividades de pesquisa acadêmica para pesquisas de desenvolvimento de interesse de empresas conveniadas com a Universidade”¹⁷⁶. Sobre esse assunto, a conclusão da Comissão é que, embora hajam aspectos positivos no relacionamento empresa-universidade, a “falta de apoio efetivo e o atraso na liberação dos recursos governamentais previstos têm prejudicado muito o bom andamento dos projetos de pesquisa”¹⁷⁷.

Por fim, apontou-se a “falta de recursos computacionais, bibliográficos e o pouco atrativo para os alunos de pós-graduação”, características que prejudicaram ou até impediram a realização satisfatória de vários projetos. A conclusão é que, mesmo com essas limitações, vários grupos trabalhavam ativamente e os resultados obtidos eram bons.

Em 17 de dezembro de 1986, uma carta remetida pelo LSI a Dra. Mônica de Araujo Sertã, do DET II da FINEP, buscava esclarecer alguns pontos dessa avaliação. De maneira geral, o documento atribuiu as alterações realizadas em alguns projetos aos atrasos nos repasses de verbas, à falta de estrutura do laboratório ou a entrada de novos financiadores.

Há um entendimento mútuo, embora implícito, tanto na carta quanto no Relatório da Comissão, de que o atraso na liberação das verbas públicas levou o LSI a buscar verbas privadas e, como consequência, alguns pontos dos projetos, que não foram especificados, foram alterados para atender aos interesses da iniciativa privada. Neste caso, as críticas realizadas por autores ligados às ciências humanas apontadas no capítulo 1 estão corretas. A participação da iniciativa privada na universidade contribui para a desobrigação, por parte dos setores públicos, de arcar com os custos das pesquisas acadêmicas. Quando a iniciativa privada assume quase inteiramente este papel, há o direcionamento dos esforços para atendê-la e portando observamos um caso de privatização do saber.

Através dos documentos citados acima é possível notar, também, que alguns pesquisadores abandonaram as atividades acadêmicas enquanto estas ainda se desenvolviam, desfalando os trabalhos e obrigando diversos pesquisadores a atuarem em diferentes projetos. Ao longo dessa seção, aludimos algumas vezes às justificativas apresentadas na documentação para privilegiar o pagamento das folhas salariais dos pesquisadores envolvidos. Falava-se

¹⁷⁶ IV Projeto de Subsistemas, LSI-215/85, *Anexo*.

¹⁷⁷ *Ibidem*.

principalmente a respeito de *manter a equipe unida*. Para o desenvolvimento das dezenas de projetos realizados no LSI simultaneamente, muitos, como vimos, ambiciosos, era necessária a existência de uma equipe numerosa e disposta a permanecer nas atividades até a sua conclusão. As constantes citações à necessidade de remanejamento de custeio para o pagamento de salários também previa a contratação de novos pesquisadores ou estagiários, como o caso do Dr. Jacobus W. Swart, que em 1985 tinha concluído seu pós-doutoramento na Universidade de Leuven, na Bélgica. Observamos, em 25 de junho de 1985, uma carta enviada ao Dr. Luiz Mauricio Wanderley de Souza, da FINEP, solicitando a contratação de Swart em regime de CLT¹⁷⁸. Podemos supor, com base na documentação analisada, que para o desenvolvimento dos trabalhos no LSI era necessária uma equipe grande e altamente especializada e que atrasos nos salários desses pesquisadores poderiam acarretar em seus afastamentos dos trabalhos desenvolvidos, o que, na prática, causaria a paralisação de algumas atividades desenvolvidas no LSI. No já referido TELEX enviado para o Cel. Pinto Gudes¹⁷⁹, Zuffo alertou a FINEP a respeito dos atrasos de liberação de recursos que gerava, além da falta de matéria-prima para as atividades, uma insegurança para os pesquisadores do projeto. De acordo com o documento, a situação levou o LSI a perder “no final do ano passado [1983] e início do corrente ano [1984] 5 pesquisadores de primeira linha os quais foram ganhar no mercado de trabalho em São Paulo salários de cerca de Cr\$ 1,5 milhão”¹⁸⁰ (R\$ 24.597,76 em valores atualizados).

Diferente da situação do mercado de trabalho em meados dos anos 1960 e 1970 para engenheiros formados em cursos relacionados à informática, onde as atividades disponíveis eram basicamente como pesquisadores nas universidades ou como vendedores de empresas multinacionais, nos anos 1980 existia oferta para se atuar em pesquisa e desenvolvimento nas diversas empresas que surgiram sobre os auspícios da reserva de mercado. Os chamados profissionais de alto nível, caso se sentissem inseguros devido aos atrasos dos repasses públicos para os trabalhos realizados nas universidades, possuíam agora algumas opções atrativas para atuarem na iniciativa privada. Em uma situação de deterioração das contas públicas, os esforços e as preocupações com a manutenção da equipe de pesquisas do LSI significava, portanto, a garantia da continuidade dos trabalhos de excelência realizadas naquela instituição.

Tendo em vista as discussões realizadas no capítulo anterior acerca das políticas de educação, ciência, tecnologia e informática, podemos afirmar que os convênios realizados en-

178 IV Projeto de Subsistemas, 1985, LSI-088/85.

179 IV Projeto de Subsistemas, 1984, Form 034.

180 *Ibidem*.

tre a Poli, através do LSI, e a FINEP aprestaram os resultados esperados por estas políticas. Desde a Reforma Universitária de 1968, agentes públicos retratavam a necessidade da universidade atuar no sentido não apenas de garantidora de uma cultura estabelecida, mas também como aquela responsável por criar saberes a partir de um ensino integrado com a pesquisa. As políticas para ciência e tecnológica, embora *implícitas*, eram incisivas a respeito da necessidade de se desenvolver, no país, tecnologia própria, tendo em vista que a tecnologia importada nem sempre era adequada a realidade nacional. Esta concepção estava, também, na base da política de informática desenvolvida pela CAPRE na segunda metade dos anos 1970. Caso os agentes públicos brasileiros promovem uma política setorial estruturada para a microeletrônica, talvez os resultados alcançados fossem ainda mais expressivos.

O I PND, que vigorou até 1974 e apresentou algumas metas que estavam no cerne de outras políticas tecnológicas do período. Entre os objetivos estabelecidos pelo plano, estavam o “fortalecimento da infraestrutura tecnológica e a capacidade de inovação da empresa nacional, privada e pública”, a “aceleração da transferência de tecnologia” e a “integração entre indústria-pesquisa-universidade” (LIMA, 2009, p. 108). Dentro das possibilidades do LSI, algumas dessas metas foram de fato atingidas em 1985.

A partir dos financiamentos da FINEP, uma agência pública de fomento a pesquisa, foi possível ao LSI adquirir e construir uma infraestrutura que o habilitou a produzir circuitos integrados em escala muito larga que eram impossíveis de ser produzidos em 1980, ano em que o II Projeto de Subsistemas se iniciou. A partir das transformações produzidas pelos contratos com a Financeira, foi possível a aproximação da universidade tanto da pesquisa de ponta quanto da indústria.

Além de assinalar a bem-sucedida parceria entre a FINEP e o LSI como a grande responsável pela produção tecnológica ocorrida na área de sistemas integrados na USP, tendo como plano de fundo as dissertações e teses produzidas a partir do financiamento da FINEP, procuramos discutir, utilizando a Teoria do Ator-Rede, questões fundamentais para o processo de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Foram objetos de nossa análise as possibilidades de construção redes fortemente co-ordenadas e as possibilidades de inovação tecnológica para os atores inseridos em redes sociotécnicas que possuem determinados padrões consolidados, bem como os custos envolvidos com a proposta de novos padrões. Buscamos, ainda, compreender as formas pelas quais novos padrões são criados, observando que as qualidades técnicas intrínseca dos artefatos não podem ser usadas para explicar a existência de determinados

tipos de padrão, uma vez que diferentes países estabelecem padrões diferentes para os mesmos fins.

No próximo capítulo, exploraremos outro arranjo institucional capaz de promover a inovação tecnológica na universidade. Diferente do LSI, o Laboratório de Sistemas Digitais (LSD), não realizou contratos significativos com agências públicas de fomento à pesquisa. A inovação tecnológica ocorrida no local contou com a maior proximidade de agentes públicos e privados que procuravam o LSD buscando soluções para questões que poderiam ser resolvidas com o auxílio de sistemas digitais, mas que, contudo, devido à reserva de mercado, não poderiam ser adquiridas no mercado estrangeiro. Enquanto o LSI contava com a FINEP para o desenvolvimento de suas atividades, o LSD possuía a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) como a sua maior aliada.

3 LABORATÓRIO DE SISTEMAS DIGITAIS E SUA ATUAÇÃO COM A FDTE

3.1 Introdução

Para discutirmos as formas pelas quais o Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) da Escola Politécnica (Poli) da Universidade de São Paulo (USP) inseriu-se na política nacional de informática, estruturamos este capítulo em cinco seções. A primeira, a título introdutório, fará um breve levantamento acerca do emprego de computadores no Brasil, uma vez que foi o aumento da popularidade e do uso destes equipamentos que criaram a demanda pelos artefatos tecnológicos produzidos no LSD. A segunda discutirá, a partir do levantamento de todas as teses e dissertações publicadas, a inserção dos pesquisadores formados pela Poli no mercado nacional. O objetivo é discutir as oportunidades abertas pela política de informática a partir da realidade local da Escola Politécnica. Analisaremos, ainda, as interconexões entre produção acadêmica e trabalhos desenvolvidos para instituições públicas e privadas através da Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE). Na terceira seção, utilizaremos os detalhes acerca do cotidiano dos trabalhos no LSD e os detalhes da construção da memória de núcleo de ferrite para compreendermos a importância dos artefatos tecnológicos desenvolvidos no Laboratório para a constituição do próprio LSD bem como para a formação dos profissionais que dele participavam. Argumentaremos que, a despeito do efetivo uso de artefato produzido nos cotidianos de trabalho, seu processo de construção permitiu a acumulação de *expertise* que foram futuramente empregadas na produção de outros equipamentos ou desenvolvimento de projetos importantes para a FDTE e LSD. A quarta seção apresentará os artefatos mais significativos dos primeiros anos de existência do LSD: os minicomputadores Patinho Feio e seu sucessor, de certa forma, o G-10. Exploraremos principalmente as dificuldades ocorridas no processo de industrialização do G-10 como um exemplo do *death valley* apresentado no capítulo anterior. Por fim, à guisa de conclusões, discutiremos as possíveis razões para o sucesso ou fracasso da política de informática nacional, uma vez que, como explorado nesta dissertação, a Escola Politécnica em específico (mas não apenas ela) conseguiu gerar tecnologia nacional, atendendo, portanto, aos princípios da existência desta política.

3.2 Uso dos computadores no Brasil

Nos capítulos anteriores discutimos as políticas voltadas para ciência, tecnologia e educação, bem como as fontes de financiamento necessárias para o desenvolvimento dessas áreas. Deixamos de lado, contudo, as mudanças sociais provocadas pelo uso de computadores

na realização de atividades cotidianas, principalmente nas áreas da administração pública, das transações bancárias e das universidades públicas e privadas brasileiras. Optamos por discutir esse assunto no último capítulo desta dissertação devido ao fato do Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) atuar diretamente no atendimento imediato dessas transformações, fornecendo equipamentos que auxiliaram na execução de tarefas que, a partir dos anos 1970, passaram a ser realizadas por computadores. Sua atuação era, portanto, distinta daquela desempenhada pelo Laboratório de Sistemas Integráveis, que, no período, dedicava-se mais ao desenvolvimento de artefatos ou de estudos focados em microeletrônica.

De acordo com o trabalho publicado pelo historiador Shozo Motoyama, o jornalista especializado em ciências exatas Cássio Leite Vieira e o pesquisador Paulo Q. Marques, a informática era

Mais do que um simples modismo, ela entra substancialmente na pauta dos setores de produção, de serviços e mesmo no entretenimento. Ao que tudo indica, ela é protagonista de uma revolução ruidosa e bem orquestrada no processo histórico em curso. Entendida como “resultado da conjugação de dois processos: a digitalização de informações e a fusão das técnicas de comunicação, registro e computação destas informações” a informática tornou-se instrumento imprescindível da ação humana e da atividade social nos dias conturbados de hoje. Sem o concurso dela, o homem perder-se-ia no emaranhado de dados infindáveis produzidos, especialmente, pela Ciência e Tecnologia (C&T). A capacidade de tratar rápida e adequadamente esses dados e informações é vital para a sobrevivência da sociedade contemporânea, dentro da complexidade atingida pelo estágio atual do capitalismo e do socialismo. No embate contraditório desses dois grandes sistemas, a produção de conhecimento adquiriu uma aceleração a partir do momento em que se constatou a importância da C&T como duas das variáveis fundamentais do processo produtivo (MOTOYAMA *et al.*, 1994, p. 419-420).

Ao longo dessa subseção, buscaremos explorar alguns dos aspectos que possibilitaram que a revolução descrita por Motoyama *et al.*, atingisse setores da produção, da administração e das pesquisas brasileiras, contribuindo para que os computadores fossem conhecidos em território nacional e vistos como não-humanos capazes de modificar determinadas redes sociotécnicas no sentido de adequá-las àquilo que os atores do período identificavam como “moderno” ou de “primeiro mundo”. Defenderemos que a opção pelo uso dos computadores não foi apenas uma opção técnica pautada nas possibilidades de ampliação da eficácia na realização de determinadas atividades, uma vez que os mesmos apresentavam diversos problemas no início de sua utilização.

Em *Prelúdio para uma história: ciência e tecnologia no Brasil*, Motoyama afirmou que a inserção das ciências e tecnologias no setor produtivo modificou a dinâmica socioeconômica do processo histórico em curso, o que gerou uma revolução tecnocientífica (MO-

TOYAMA *et al.*, 2004, p. 371) que também modificou as relações estabelecidas na sociedade brasileira. Nos anos 1970 e 1980, devido ao contexto de controle de importações e reserva de mercado que exploramos anteriormente, setores da administração pública e da iniciativa privada procuravam na Escola Politécnica, soluções para questões que poderiam ser resolvidas através do uso de computadores. Em entrevista¹, a professora aposentada da Escola Politécnica Edith Ranzini, que neste período atuava no LSD como pesquisadora e professora do curso de Engenharia Elétrica, afirmou que a impossibilidade de importação de determinados artefatos deu aos engenheiros ligados ao LSD (através da Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia – FDTE) a possibilidade de desenvolver pesquisas e artefatos digitais que, de outra forma, seria desenvolvido em países estrangeiros. Como exemplo desses artefatos, podemos citar o já referido computador G-10, desenvolvido a partir de um contrato firmado com a Marinha Brasileira, e o sistema de controle dos trens suburbanos, desenvolvido para a Ferrovia Paulista S/A (Fepasa).

Na segunda metade do século XX, a informática e os computadores foram as ferramentas tecnológicas² por excelência na resolução dos impasses e problemas da vida, ao passo que, hoje, o termo “tecnologia” é empregado cotidianamente basicamente como sinônimo de “tecnologia digital”, como se esta fosse a única tecnologia realmente importante disponível para o ser humano. No Brasil, as aquisições dos primeiros computadores datam do final dos anos 1950. Daremos ênfase na exploração das relações com a informática estabelecidas pela administração pública, pelas universidades e pelos bancos, uma vez que estes foram os setores pioneiros na importação de computadores e também aqueles que estão melhores documentadas pela bibliografia disponível.

No caso da administração pública, Lucas de Almeida Pereira, pesquisador da história da informática no Brasil, afirmou que o primeiro computador importado pelo país, um UNIVAC 40, foi adquirido por US\$ 240.000,00 (o equivalente, hoje, a US\$ 2.227.330,43 ou R\$ 8.550.053,32³) pela Prefeitura de São Paulo para a emissão de contas do Departamento de Águas e Esgotos (DAE) em 1957. Este é considerado o primeiro computador adquirido no Brasil. Até a sua aquisição, os cálculos do consumo mensal de cerca de 240 mil contas de

¹ Entrevista concedida ao autor em 28 de agosto de 2018.

² Motoyama classifica a tecnologia como um expediente capaz de solucionar impasses e problema da vida (MOTOYAMA, 2004, p. 17)

³ O cálculo da inflação sob o dólar foi realizado utilizando o Consumer Price Index (CPI) através do site <https://data.bls.gov/cgi-bin/cpicalc.pl>. CPI Inflation Calculator. Disponível em <<https://data.bls.gov/cgi-bin/cpicalc.pl>>. Acesso em 2 de agosto de 2019. A conversação para reais foi feita pelo site Exchange Rate a partir do valor atualizado obtido pelo CPI. Conversão de Dólares Americanos (USD) para Reais Brasileiros (BRL) - Taxas de Câmbio. Disponível em <<https://pt.exchange-rates.org/Rate/USD/BRL>>. Acesso em 2 de agosto de 2019.

água, somadas aos 200 mil avisos de atraso de pagamento, eram realizados em máquinas antiquadas alugadas pelo governo por altos valores e operadas por cerca de 135 profissionais (PEREIRA, 2014, p. 415). Em 1960, o IBGE adquiriu um UNIVAC 1105 para a realização do Censo de 1960, assunto que detalharemos adiante. Em 1962, a Secretaria da Fazenda Municipal de São Paulo, adquiriu um IBM 1401 com o objetivo de modernizar a emissão de tributos. Neste momento, de acordo com Pereira, o emprego de computadores não era visto pela administração pública como estratégico (pelo menos para o caso dos computadores instalados em solo paulista), uma vez que a capacidade de previsões através de análises estatísticas que os computadores possuíam não foram utilizadas por nenhuma instituição (PEREIRA, 2014, p. 417).

Discutindo, entre outros assuntos, a mesma temática, Marcelo Vianna, historiador da informática no Brasil, explorou o início do processo de automatização da burocracia federal através da informática no período em que Juscelino Kubitschek (JK) era presidente do Brasil (1956-1961). A partir da implementação do Plano de Metas, programa de industrialização e modernização do país que apresentamos brevemente no capítulo 1, Kubitschek buscou estabelecer uma estrutura burocrática para fomentar, propagar e absorver a tecnologia de informática, projeto que necessitaria de planejamento para ser executado. Para solucionar estas questões, Roberto Campos, secretário-executivo do Conselho de Desenvolvimento, encaminhou para Kubitschek em 1958 uma proposta para a criação de um grupo de trabalho. Resumidamente, o objetivo do Grupo era discutir a aplicabilidade de computadores para a solução de problemas da administração pública, bem como definir quais computadores seriam os mais indicados para serem utilizados, como o governo incentivaria a formação de pessoal técnico e qual seria o local de instalação de um Centro de Processamento de Dados capaz de atender o maior número possível de entidades públicas. Essas ideias foram a base para a criação do Grupo de Trabalho sobre Aplicação de Computadores (GTAC) que, por sua vez, recomendou a criação do Grupo Executivo para Aplicação de Computadores Eletrônicos (GEACE), implementado oficialmente em 1959. Os objetivos do GEACE eram basicamente incentivar a instalação de Centros de Processamento de Dados e a montagem e fabricação de computadores e seus componentes no país, além de promover o intercâmbio e a troca de informações com entidades estrangeiras (VIANNA, 2016, p. 74-75).

Uma das primeiras atuações do GEACE foi a análise e aprovação do projeto para aquisição de um UNIVAC 1105 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 1959. O objetivo da aquisição que estava especificado no projeto era o atendimento do próximo Re-

censeamento Geral, que aconteceria em 1960, porém haviam algumas controvérsias em relação a sua aplicação, conforme veremos adiante. Como justificativa para a compra, o IBGE alegava razões ligadas à economia, à confiabilidade e à agilidade no processamento dos dados para o censo: através do UNIVAC, seria possível concluir a pesquisa em um prazo de 180 dias; também haveria a diminuição do número de funcionários encarregados do processamento de dados para 18 no lugar dos 2.000 que realizavam essa atividade anteriormente; argumentava-se também que o custo de aquisição da máquina, apesar de elevado, representaria uma economia quando comparado ao aluguel de equipamentos mecânicos que até então eram empregados; por fim, a utilização de um computador possibilitaria separar os dados coletados e, posteriormente, checá-los em busca de eventuais inconsistências (VIANNA, 2016, p. 140-141), aumentando a confiabilidade do censo.

Não entramos em detalhes acerca da falta de consenso dentro do GEACE em relação a compra do UNIVAC. O computador foi adquirido em 1960 e apresentou diversos problemas tanto para GEACE quanto para o IBGE, uma vez que o equipamento não funcionava de maneira que se esperava, além de receber diversos questionamentos a respeito do contrato firmado com o fornecedor, havendo inclusive acusações de corrupção dos agentes públicos envolvidos com a compra, supostamente superfaturada.

Henrique Cukierman, historiador das ciências no Brasil, em seu artigo *Um automóvel de corrida sem pneumáticos* (2017) mostrou que a aquisição do UNIVAC 1105 pelo IBGE significou mais que a sua simples (tentativa de) utilização no censo de 1960. O autor afirmou que a análise feita pelo Núcleo de Planejamento Censitário (NPC), órgão vinculado ao IBGE, acreditava que um computador de médio porte seria o suficiente para a realização desta tarefa, não sendo necessário, portanto, a aquisição do UNIVAC, uma máquina de grande porte. Porém, de acordo com as memórias de Jurandyr Pires Ferreira, então presidente do IBGE (1956-1961) e que foram citadas por Cukierman, o objetivo maior para esta compra foi introduzir no Brasil a computação de grande porte (CUKIERMAN, 2017, p. 59).

Ao longo da bibliografia consultada, ficou claro que o emprego de computadores, principalmente no período anterior ao da implementação do controle das importações realizadas pela CAPRE, não se deu apenas pelas suas vantagens técnicas, como o caso do UNIVAC. Quando esta vantagem era citada, era apontada normalmente para salientar a maximização a confiança das tarefas realizadas ao mesmo tempo em que se diminuía a quantidade de funcionários necessários para a atividade (como as justificativas apresentadas pelo IBGE e citadas por Marcelo Vianna). O UNIVAC foi adquirido de maneira apressada, uma vez que o início

das pesquisas para o Censo de 1960 se aproximava, bem como o término do mandato do então presidente Juscelino Kubitschek. A necessidade na agilização da compra do computador para o IBGE parece indicar que Kubitschek buscava vincular essa compra a sua imagem como presidente, possivelmente por conta do discurso que adotou acerca da modernização do país. Nesta perspectiva, os “cérebros eletrônicos” apresentavam-se como máquinas capazes de garantir o avanço brasileiro frente as nações desenvolvidas. O Boletim da Superintendência do Computador Eletrônico de 1962, analisado em Cukierman (2015, p. 70), afirmou que se o Brasil possuísse um UNIVAC completo estaria em “pé de igualdade” com os países desenvolvidos. Também foi no governo de Kubitschek que foram instituídos o GTAC e o GEACE. Havia, portanto, uma espécie de entusiasmo acrítico com relação ao uso dos computadores, uma vez que ele era visto como símbolo de progresso ao mesmo tempo em que os agentes envolvidos com a aquisição e instalação desses equipamentos no Brasil não sabiam (ainda) como explorar todos os potenciais estratégicos que ele oferecia, como afirmou Lucas Pereira.

Esse entusiasmo se refletia nas apresentações espetaculosas destes equipamentos eletrônicos. De acordo com as historiadoras da PUC-Rio Margarida de Souza Neves e Sílvia Ilg Byington, em conjunto com Arndt von Staa, professor do Departamento de Informática da mesma instituição⁴, na ocasião da primeira demonstração pública do computador Burroughs Datatron 205 adquirido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), em 1960, foi realizada uma cerimônia em que o próprio presidente da república Juscelino Kubitschek estava presente. Como parte da exibição, JK deveria “perguntar” ao computador que evento da história brasileira, ocorrido entre 1889 e 1960, aconteceu em um determinado ano, que deveria ser indicado pelo presidente. O ano escolhido foi o de 1960 e o computador deu prontamente como “resposta” a “inauguração de Brasília”, acontecimento ligado diretamente a Kubitschek. Neves *et al* afirmaram que essa pequena demonstração demorou seis meses para ser programada (NEVES *et al*, 2015, p. 74).

Da mesma forma, Vera Dantas retrata a apresentação do Patinho Feio, primeiro computador desenvolvido no Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) da Poli:

A festa de inauguração foi programada com pompa e estilo. Presentes altas autoridades do Estado, entre elas o governador Laudo Natel. Acorre toda a imprensa. E no lufa-lufa para documentar o preciso momento em que o governador apertaria um botão acionando a máquina, um dos fotógrafos esbarrou no fio de alimentação, soltando-o da tomada. A memória descarregou-se.

⁴ Luis germán rodríguez LEAL, L. G. R. (org); CARNOTA, R. (org). *Historias de las TIC en America Latina y el Caribe: Inicios, desarrollos y rupturas*. Barcelona: Editorial Ariel, Madrid: Fundación Telefónica, 2015. Trata-se de um livro que reuniu os trabalhos apresentados no I e no II Simposios de Historia de la Informática en América Latina y el Caribe (SHIALC), realizados respectivamente em Asunción (2010) e Medellín (2012).

Não daria para esperar meia hora, tempo necessário para recarregá-la. Mas o Patinho Feio foi inaugurado assim mesmo (DANTAS, 1988, p. 32).

Essas apresentações, contendo demonstrações da “inteligência” dos computadores, onde estavam presentes figuras importantes ligadas ao Estado demonstram o papel simbólico que o computador possuía no imaginário das pessoas da década de 1960 e 1970. Seu uso, portanto, estava além do simples ganho de desempenho na execução de determinadas ações. Possuir um computador era, também, sinal de avanço e modernidade, o que nos ajuda a compreender porque as instituições insistiam em utilizá-lo apesar de suas dificuldades.

De acordo com Cukierman, o UNIVAC do IBGE necessitava de quatro horas por dia de manutenção preventiva, ou seja, para que seus trabalhos fossem desenvolvidos sem problemas técnicos. Mesmo assim, válvulas queimavam com frequência e diversos problemas surgiam, dificultando sua utilização (CUKIERMAN, 2017, p. 62). Apesar de a solução mais óbvia ser a de devolver o equipamento ao fornecedor, uma vez que ele nunca funcionou corretamente, o governo brasileiro optou por adquirir peças adicionais (o USS-80) para completar o computador (*Ibidem*, p. 64). Cukierman apontou que havia a suspeita de que, além do censo, o UNIVAC seria utilizado para o projeto de energia nuclear brasileiro. Dado o seu alto custo e o tempo ocioso que possuiria após o processamento do censo (levando em conta que esse era o seu objetivo declarado, apesar de não conseguir realizá-lo a contento), era natural que o computador fosse utilizado para outros fins. Embora não haja documentação que comprove a ideia de utilização do UNIVAC no programa nuclear brasileiro, seu uso chegou a ser compartilhado com a comunidade acadêmica, em especial pelos físicos do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Através dele, pesquisadores puderam realizar cálculos cuja complexidade atrasaria ou até mesmo inviabilizaria seus trabalhos, caso fossem realizados através dos instrumentos de cálculos tidos como convencionais no período (*Ibidem*, p. 68-69). A prática de compartilhar (ou alugar) tempo de processamento de computadores era comum nos anos iniciais da informática, uma vez que esta era uma alternativa econômica, tendo em vista os altos custos para a sua aquisição. Alguns bancos, conforme veremos adiante, também fizeram uso dessa prática.

No caso das universidades, os computadores começaram a chegar no início dos anos de 1960, sendo o primeiro adquirido pela PUC-Rio, conforme citamos anteriormente. Seu valor era tão elevado que a PUC precisou comprá-lo através de um consórcio entre CNPq, Ministério da Guerra, Companhia Siderúrgica Nacional e Universidade Católica (MOTOYAMA *et al.*, 2004, p. 371). A próxima instituição de ensino superior a possuir um computador foi a

Universidade de São Paulo através da Poli, em 1962. A instituição adquiriu um IBM 1620 (MOTOYAMA *et al.*, 1994, p. 444). A terceira a comprar um computador no período foi o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) (*Ibidem*, p. 371).

De acordo com Margarida de Souza Neves *et al.*, a aquisição do computador realizado pela PUC, um Burroughs Datatron B-205, pode ser vista como a expressão de uma universidade inovadora, capaz de promover uma articulação efetiva entre setores públicos e privados, além de mostrar que a PUC era uma instituição comprometida com as ciências e com a tecnologia de ponta (NEVES *et al.*, 2015, p. 74), o que reafirma a ideia de que computadores não eram empregados *apenas* pelos seus aspectos técnicos.

A partir do momento em que as universidades passaram a adquirir computadores, formaram-se os primeiros grupos de pesquisa relacionados à informática, principalmente (mas não exclusivamente) em relação a aplicabilidade desta nova tecnologia nos cursos de engenharia. Uma iniciativa da época que merece destaque foi a do Departamento de Física da USP, onde um grupo liderado por Trentino Polga e do qual fazia parte José Rubens Dória Porto, Cláudio Mammana e Ketuchi Techima, desenvolveram no departamento de física nuclear um projeto de criação de um computador que visava ajudar na operação do acelerador de partículas *Pelletron*, que estava em construção no departamento sob a orientação do Prof. Oscar Sala (MOTOYAMA *et al.*, 1994, p. 444).

No caso do UNIVAC adquirido pelo IBGE, Cukierman afirmou que, apesar do seu fracasso no processamento do Censo de 1960, este computador deixou um legado de conhecimento e *expertise* que não é nem um pouco desprezível, uma vez que possibilitou que diversos técnicos e engenheiros tivessem pela primeira vez contato com um computador. Para o autor, a equipe inicial do Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) foi de profissionais que estiveram próximos ao UNIVAC do IBGE (CUKIERMAN, 2017, p. 70). Da mesma forma, o pioneirismo na aquisição de computadores por parte da PUC-Rio, da USP e do ITA ajudam a compreender as razões pelas quais essas mesmas instituições mostraram-se importantes para o processo de desenvolvimento tecnológico brasileiro na área de informática. Enquanto a PUC-Rio e a USP (através do LSD) desenvolveram, nos anos 1970, o protótipo do G-10 para a Marinha, alguns alunos do ITA desenvolveram, entre 1961 e 1962, o protótipo do computador apelidado de Zezinho, um equipamento criado com fins didáticos por José Ellis Ripper, Fernando Vieira de Souza, Alfred Wolkmer e Andras Vásárhelyi, sob orientação de Richard Wallauschek, chefe da Divisão de Eletrônica do ITA (MOTOYAMA *et al.*, 2004, p. 371).

O uso de computadores nas universidades implicou não apenas na possibilidade de construção desses artefatos, mas em desenvolvimentos de áreas de pesquisa ligadas, por exemplo, à matemática e à física. Analisando a formação do Departamento de Matemática Aplicada (DAP) do Instituto de Matemática e Estatística (IME) da USP, Gabriel Soares Bádue, doutor em ensino, filosofia e história das ciências, atribuiu a origem do DAP em 1970 à aquisição do computador realizado pela Poli em 1962. Por sua vez, este Departamento gerou o Departamento de Ciências da Computação (MAC) em 1987, rompendo, de acordo com o autor, as relações da Matemática Aplicada da USP com a informática, presentes desde o início do departamento. Bádue concluiu que a informática foi um conhecimento de vital importância para a consolidação da matemática aplicada enquanto campo de pesquisa na USP (BÁDUE, 2017, P. 52-53).

Durante os anos 1950 e, principalmente, 1960, os elevados custos dos computadores tornavam sua aquisição um privilégio de poucos grupos que possuíam abundantes recursos financeiros, como os bancos. Pereira afirmou que o Banco Francês-Italiano (posteriormente o Sudameris) foi a primeira instituição bancária a adquirir um computador em 1958, também da marca UNIVAC (PEREIRA, 2014, p. 416). No livro *Tecnologia bancária no Brasil: uma história de conquistas, uma visão de futuro*⁵, Antonio Geraldo Toledo de Moraes⁶ falou sobre sua experiência no Banco Federal de Crédito, hoje Banco Itaú. A primeira experiência deste banco com computadores, de acordo com Moraes, foi através de um IBM 1401 localizado no birô da IBM, em São Paulo. O equipamento estava disponível para os bancos através de um contrato de *block time*, ou seja, os bancos contratavam uma determinada quantidade de horas para utilizar o computador, de maneira semelhante ao uso do UNIVAC da IBGE pelas comunidades acadêmicas. No caso do Banco Federal de Crédito, o computador da IBM era empregado para o processamento do sistema de conta-corrente todos os dias das 20h às 22h. Moraes carregava as informações dos clientes no computador através de cartões perfurados que armazenavam esses dados. O sistema de cálculos ainda era impreciso neste momento e os funcionários dos bancos precisavam conferir manualmente as listagens de lançamentos e saldos todos os dias. Para Moraes,

⁵ Livro publicado em comemoração aos vinte anos do Congresso e Exposição de Tecnologia da Informação das Instituições Financeiras (CIAB FEBRABAN) e que traz a memória de alguns atores ligados aos bancos que vivenciaram as transformações que as tecnologias digitais promoveram nos bancos brasileiros. Foi escrito por Carlos Eduardo Corrêa da Fonseca, engenheiro que atuou na automação bancária, Fernando de Souza Meirelles, professor da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, e Eduardo Henrique Diniz, Ph.D. em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas.

⁶ No Banco Federal de Crédito, Antonio Geraldo Toledo de Moraes atuou como responsável pela área de tecnologia.

Isso tudo fez parte do grande sofrimento que foi o início do sistema de processamento de dados. O fornecedor não sabia operar as máquinas, os usuários também não, muitas pessoas do banco eram contra, com medo de perder o emprego. Esse início de processamento de dados do sistema bancário foi uma loucura (FONSECA *et al*, 2010, p. 32).

Assim como o UNIVAC do IBGE, as dificuldades enfrentadas pelo Banco Federal de Crédito não os impediram de insistir no uso dos computadores. A nosso ver, a tarefa de preparar os cartões perfurados, carregá-los no sistema IBM, aguardar a devolutiva dos dados e conferi-los manualmente a partir dos dados que se possuía anteriormente parece mais custosa do que a realização manual dos cálculos acerca dos saldos em conta-corrente dos clientes. Há indicações, portanto, de que mesmo as qualidades técnicas do computador geravam resultados bastante questionáveis.

A partir da década de 1960, diversos bancos passaram a adquirir computadores. Em 1962 foi o Bradesco, seguido pelo Banco Nacional, Banco Itaú e Bamerindus. O Banco Nacional de Crédito adquiriu, em 1967, um IBM /360, com memória de 64 Kilobytes (Kb) e capacidade de *multiprocessamento*, ou seja, de processar mais de uma rotina ao mesmo tempo (até então, o computador terminava uma operação para só depois começar outra). Nesta época, o banco adotou a linguagem de programação COBOL para o desenvolvimento de suas aplicações, algo revolucionário, pois até então era necessária a utilização de programas gravados em cartões perfurados (*Ibidem*, p. 32).

Oficialmente, o emprego de computadores nos bancos se justificava pela necessidade de automatizar as operações de retaguarda, chamadas de *back-office*, que eram sobretudo, relacionadas ao computo dos saldos disponíveis nas contas dos clientes. Como não existia uma rede de computadores interligando as agências, para que os bancos pudessem operar normalmente durante o dia, profissionais com conhecimentos técnicos na área de informática precisavam trabalhar durante a noite em centrais preparando os chamados batches, arquivos com informações sobre as movimentações das contas que seriam enviados para as agências na manhã seguinte (*Ibidem*, p. 65).

A implementação de computadores em diversos setores administrativos não aconteceu, contudo, sem contradições e resistências. A desconfiança dos funcionários dos bancos que viam nessas máquinas (e seus técnicos) certa desconfiança, conforme apontou Antonio Geraldo Toledo de Moraes, também foi percebida por Pereira na análise das reivindicações dos funcionários do Jôquei Clube de São Paulo durante as greves realizadas em 1959 e 1960. Pereira afirmou que, na ocasião da greve, a associação de bancários lançou as bases de um

contrato coletivo que buscava condicionar o uso de qualquer computador eletrônico nas empresas a uma anuência prévia dos órgãos sindicais de seus empregados, que deveria analisar as consequências de tal uso para a carreira profissionais destes trabalhadores. Essa base, contudo, nunca foi respeitada, mas tornou-se a bandeira do sindicato dos bancários em todo o país. O autor conclui que “independentemente dos resultados dessas manifestações, percebemos já em 1959 a crítica ao modo puramente administrativo e mercadológico da ação dos computadores. O que era visto como economia para alguns representava a precarização do trabalho de outros.” (PEREIRA, 2014, p. 418).

Outro grupo que se mostrou descontente com a utilização da informática foram os contribuintes. Antes mesmo de ser instalado na Secretaria da Fazenda Municipal de São Paulo, o IBM 1401 foi utilizado ainda na loja da IBM para calcular um aumento de 14% no imposto sobre veículos. A preferência pela modernização na arrecadação dos tributos no lugar da melhoria dos serviços foi ironizada pelo jornal Folha de São Paulo que, em 17 de fevereiro de 1964, que propôs um uso social e mais direto para os cálculos realizados pelos equipamentos eletrônicos (*Ibidem*, p. 418-419).

De acordo com Motoyama, a década de 1970 apresentou para o Brasil a “grande expansão do mercado de computadores” (MOTOYAMA *et al.*, 1994, p. 431), não apenas devido a reserva de mercado da CAPRE. Fonseca afirma que, no caso dos bancos, o chamado “milagre econômico” aumentou a necessidade de automação do processamento, estimulando, portanto, o seu investimento em desenvolvimento tecnológico.

Na mesma época há, ainda, o lançamento de um documento realizado pela Marinha acerca do projeto de construção de um minicomputador nacional, projeto este que deveria incluir os centros de pesquisas acadêmicos (*Ibidem*, p. 431). Foi o principal gatilho para a criação da FDTE, que acabou recebendo a incumbência da construção desse computador, assunto que trataremos na seção 3.4.

Durante os anos 1950 e 1960 o uso dos computadores começou a se popularizar no Brasil. Seus altos custos e dificuldades operacionais técnicas demonstraram que, neste período, além das qualidades técnicas que possuía, algumas das quais bastante questionáveis, o computador representava *status* e um símbolo da modernização pretendida para o país. De qualquer forma, seu uso criou tanto um insipiente mercado de trabalho para engenheiros e técnicos que conheciam a nova tecnologia, bem como certa demanda para o consumo destes equipamentos. Nos anos 1970, esse mercado cresceu. Paralelamente, profissionais ligados à área passaram a buscar colocações profissionais mais adequadas às suas formações, burocratas dos bancos pú-

blicos passaram a enxergar nos computadores possibilidades de investimento e militares começaram a temer pela dependência tecnológica e seus impactos na segurança nacional. Com a crise econômica e o surgimento da CAPRE, a relação entre computadores e sociedade brasileira mudou. Havia uma demanda à ser atendida e a Escola Politécnica da USP possuía algumas condições que possibilitaram sua atuação neste novo contexto que se delimitava.

3.3 Análise quantitativa do acervo de dissertações e teses da Escola Politécnica

A importância da informática e das tecnologias digitais impactaram à universidade não apenas em relação ao emprego direto de computadores em pesquisas acadêmicas, mas influenciando também, conforme apontamos anteriormente, na criação de grupos e programas de pesquisas específicos sobre o assunto. O LSD e o LSI, em conjunto com o LME, foram responsáveis pela produção de dezenas de teses e dissertações acadêmicas na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Com o intuito de mostrar a importância da área nos estudos acadêmicos, propomos, nesta seção, uma análise que parte dos dados quantitativos da produção acadêmica da pós-graduação entre 1974 e 1985⁷. Ao todo, foram apresentadas cento e cinquenta e quatro dissertações de mestrado neste período, bem como quarenta e seis teses de doutorado, totalizando duzentos trabalhos. Agrupamos essas teses em pesquisas relacionadas a sistemas digitais e microeletrônica (oitenta e oito⁸ ao todo), pesquisas com relação indireta a essas áreas (onze) e pesquisas não relacionadas (cento e uma).

Inicialmente, analisaremos a produção do LSD, LSI e do LME em comparação com o total de dissertações e teses apresentadas na Poli-Engenharia. O objetivo é compreender a importância destes laboratórios para a produção acadêmica da Escola Politécnica. Em seguida, analisaremos as principais áreas de conhecimento relacionadas à informática que foram pesquisadas exclusivamente nos Laboratórios, relacionado-as com momentos específicos vivenciados pelos pesquisadores da Poli-Engenharia. Por fim, proporemos uma leitura acerca da trajetória acadêmica seguida por estes pesquisadores, observando especialmente as instituições pelas quais passaram e o tempo dedicado por eles a suas formações. Com base nestas in-

⁷ As informações foram retiradas diretamente do Dedalus, sistema online de bibliotecas da Universidade de São Paulo. A tabela criada encontra-se disponível no Anexo I, com todas as informações responsáveis pela geração dos dados e das afirmações que se seguem no capítulo.

⁸ A partir do nome dos orientadores, as pesquisas relacionadas à informática foram divididas por Laboratório: são 42 pertencentes ao LSD, 25 ao LME, 18 ao LSI e 3 que foram orientadas por professores cuja filiação com esses laboratórios não foi identificada.

formações, buscaremos compreender como a política nacional de informática influenciou na pós-graduação da Escola Politécnica.

3.3.1 O peso da produção em informática no Departamento de Engenharia da Poli

Quando observamos o montante de dissertações de mestrado apresentadas entre 1974 e 1985, sem discriminar as áreas de especialidade, verificamos que o programa de pós-graduação do Departamento de Engenharia da Escola Politécnica foi responsável pela apresentação de uma média de 12,83 dissertações por ano, conforme observado no gráfico 3.1.

Gráfico 3.1 – Dissertações de Mestrado

Fonte: Próprio autor

A partir da análise da série ano a ano, observamos que entre 1974 e 1976 houve o aumento constante no crescimento dos trabalhos apresentados. É preciso ter em mente que, apesar dos cursos de pós-graduação já existirem na USP, a Reforma Universitária de 1968 criou novas diretrizes que permitiram a expansão dos cursos em todo o país. No caso específico da USP, a primeira modificação na pós-graduação aparece no decreto nº 52.326 de 16 de dezembro de 1969, que estabelece o Estatuto da Universidade de São Paulo.

O Estatuto reorganizou a estrutura administrativa de toda a Universidade. Os cursos de pós-graduação foram estabelecidos nos onze artigos do Capítulo VII. O documento definiu o objetivo da pós-graduação como “a formação de docentes e pesquisadores em todas as áreas do saber e compreende dois níveis de formação, o mestrado e do doutorado, que levam, respectivamente, aos graus de Mestre e de Doutor⁹”. Além disso, estabeleceu os critérios necessários para a matrícula, o sistema de crédito exigido para progressão no curso e os critérios para aprovação e obtenção do grau pretendido. O Artigo 80, último do capítulo, concluiu a se-

⁹ UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Decreto nº 52.326, de 16 de Dezembro de 1969 | Normas USP. Disponível em <<http://www.leginf.usp.br/?historica=decreto-no-52-326-de-16-de-dezembro-de-1969>>. Acesso em 17 de julho de 2019.

ção afirmando que “O Regimento Geral estabelecerá os demais requisitos necessários ao funcionamento dos cursos de pós-graduação¹⁰”.

Em 27 de março de 1972, através do decreto nº 52.906, o Regimento Geral da Universidade de São Paulo é aprovado pelo então governador de São Paulo Laudo Natel (1971-1975)¹¹. Desta vez, a pós-graduação estabelecida pelo Capítulo IV é regulamentada em trinta artigos, definindo minuciosamente os critérios de ingresso, avaliação do desempenho do pesquisador, exames de qualificação, sistemas de créditos, critérios para as bancas de defesa de dissertações e teses, etc. Pelo Regimento, o curso de mestrado levava no mínimo um ano para ser concluído e no máximo cinco.

Apesar dos cursos de pós-graduação já existirem na USP anteriormente, a partir de sua reorganização, em 1972, o crescimento no número de trabalhos apresentados até 1976 pode ser compreendido como reflexo da nova regulamentação, uma vez que os alunos que ingressaram sob o novo Regimento estariam se formando naquele momento. A partir de 1977, a quantidade de trabalhos apresentados começa a oscilar entre 11 e 14 até 1984, atingindo 16 em 1985. Embora este número possa sinalizar o crescimento do programa de pós-graduação, quando observamos a regressão linear (linha vermelha no gráfico), verificamos que a tendência de crescimento é pouco significativa, uma vez que, durante os anos, há uma tendência de oscilação da quantidade de trabalhos apresentados.

Diferentemente das dissertações de mestrado, o gráfico das teses de doutorado apresentados na Poli mostram uma tendência geral ao crescimento no número de doutores formados pela instituição (Gráfico 3.2). Em 1974, apenas um trabalho foi concluído. Houve uma oscilação entre uma e duas teses apresentadas até 1977, quando os números começam a crescer. Em 1985, a Poli formou 9 doutores em engenharia elétrica. A regressão linear para os doutores formados pela Poli apresenta uma tendência considerável de crescimento no período estudado.

¹⁰ *Idem.*

¹¹ UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Decreto nº 52.906, de 27 de Março de 1972 | Normas USP. Disponível em <<http://www.leginf.usp.br/?historica=decreto-no-52-906-de-27-de-marco-de-1972>>. Acesso em 17 de julho de 2019.

Gráfico 3.2 – Teses de Doutorado

Fonte: Próprio autor

O aumento constante no número de doutores em engenharia elétrica se explica pelo tempo de existência da reorganização dos programas pós-graduação na USP somada à carreira acadêmica. Embora não existisse nenhuma exigência regimentar para que o aluno obtivesse o título de doutor sem obter o título de mestre¹², a análise da carreira destes pesquisadores mostra que a imensa maioria passou pelo mestrado antes do doutorado. Conforme veremos detalhadamente adiante, a média que um estudante de Engenharia Elétrica da Poli levava para concluir o seu doutorado, quando iniciava seus estudos imediatamente após seu mestrado, ou em um curto intervalo de tempo depois, foi de cinco anos.

Como nosso objeto de pesquisa é o campo das tecnologias digitais de informática produzida na Escola Politécnica, faz-se necessário diferenciar as dissertações e teses que são relacionadas a estes assuntos daquelas que não os são, ou o são indiretamente. Consideramos como “relações indiretas” os trabalhos que utilizaram computadores em suas pesquisas, mas não se propuseram a desenvolver nenhum artefato relacionados diretamente com esse tipo de tecnologia. Como exemplo, podemos citar algumas dissertações que empregavam softwares de computadores para a simulação de condições em sistemas de transmissão elétricos, ou teses que desenvolveram equipamentos relacionados à telefonia ou telecomunicações.

¹² De acordo com o Artigo 70, parágrafo único, do Estatuto da Universidade de São Paulo, “O grau de Mestre não constitui requisito para obtenção do grau de Doutor”.

Gráfico 3.3 – Dissertações de Mestrado (relacionadas com a área de informática)

Fonte: Próprio autor

O Gráfico 3.3, que compara a quantidade de dissertações de mestrados apresentadas na Engenharia Elétrica da Poli, mostra que a quantidade de mestres com formação não relacionada à informática foi superior em quase todos os anos da série analisada. Essa diferença pode ser explicada pela quantidade de professores-orientadores que atuavam especificamente com informática: dezoito¹³, enquanto aqueles que atuavam em outras áreas relacionadas à engenharia elétrica totalizavam vinte e cinco¹⁴.

Apesar do número de mestres formados na Poli em áreas não relacionadas com a informática ser superior àqueles com esta formação, observamos que a regressão linear para ambos os grupos apontam para a estabilidade. Da mesma forma que o gráfico 3.1 apontou um crescimento modesto nas dissertações apresentadas de maneira geral, quando os assuntos foram discriminados notamos a mesma tendência. Desta forma, é possível afirmar que, em rela-

¹³ São eles: Ademar Ferreira (ligado ao LME), Adnei Melges de Andrade (LME), Antonio Hélio Guerra Vieira (LSD), Antônio Marcos de Aguirra Massola (LSD), Bernard Waldman (LME), Carlos Américo Morato de Andrade (LME), Carlos Ignácio Zamitti Mammana (LME), Edgar Charry Rodriguez (LME), Francisco José de Oliveira Dias (LSD), João Antônio Zuffo (LSI), Joel Pereira de Souza (LSI), José Rubens Dória Porto (conforme discutido no capítulo anterior, José Rubens Dória Porto atuou no LSI durante alguns projetos de Subsistemas Integrados), Lucas Antonio Moscato (LSD), Roberto Marconato e Carlos José Pereira de Lucena (que, embora tenham sido professores do Departamento de Engenharia Elétrica, orientaram teses e dissertações voltadas para a microeletrônica ou sistemas digitais. Não localizamos, contudo, nenhum vínculo destes profissionais com laboratórios específicos), Tamio Shimizu (LSD), Walter Del Picchia (que orientou o trabalho de Claudio Mammana, uma importante contribuição para a informática nacional. Contudo, a maioria dos trabalhos que orientou não tinham relação direta com este assunto. Optamos por mantê-lo nesta lista em razão do trabalho de Mammana) e Wilson Vicente Ruggiero (LSD).

¹⁴ São eles: Atair Rios Neto, Aurio Gilberto Falcone, Décio Leal de Zagottis, Dimetri Ivanoff, Eduardo Mario Dias, Ernesto João Robba, Giorgio Gambirasio, Jacyntho José Angerami, Jair Candido Melo, José Kleber da Cunha Pinto, Jose Thomaz Senise, Lao Holland, Luiz Cláudio Ribeiro Galvão, Luiz de Queiroz Orsini, Normonds Alens, Orlando Silvio Lobosco, Paulo Antonio Mariotto, Plínio Benedicto de Lauro Castrucci, Rino Curti, Roberto Yoshiyuti Hukai, Romulo Ribeiro Pieroni, Rubens Guedes Jordão, Wagner Waneck Martins, Waldir Pó e Willem Jan Oosterkamp.

ção a quantidade de mestres formados na Poli-Engenharia, a área de informática não apresenta um diferencial, diferentemente do doutorado.

Gráfico 3.4 – Teses de Doutorado (Relacionadas com a área de informática)

Fonte: Próprio autor

Já o gráfico 3.4 apresenta a mesma comparação realizada pelo gráfico 3.3, porém com as teses de doutorado. Nele, observamos uma situação inversa à apresentada no gráfico anterior. A Poli formou mais doutores em informática do que em outras áreas ligadas à Engenharia Elétrica. Há, também, uma tendência maior no crescimento de teses relacionadas à informática do que em outras áreas, apesar da existência de uma quantidade maior de orientadores cujas especialidades não estavam ligadas a tecnologias digitais. Os dados indicam que havia um esforço maior, por parte dos Laboratórios ligados à informática, em garantir a formação de mais doutores, mostrando a necessidade de mão de obra especializada para o setor. Retomaremos esse assunto quando tratarmos da carreira acadêmica.

Quando comparamos as produções realizadas pelos Laboratórios relacionados com a informática que atuavam na Poli, obtemos os seguintes dados:

Tabela 3.1 – Número de teses e dissertações apresentadas por Laboratório

	LME	LSI	LSD	Outros
Número de orientadores	6	3	6	3
Número de doutorados	7	4	14	2
Número de mestrados	18	14	28	1

Fonte: Próprio autor

Gráfico 3.5 – Mestres formados pelo LME, LSI e LSD

Fonte: Próprio autor

Gráfico 3.6 – Doutores formados pelo LME, LSI e LSD

Fonte: Próprio autor

Em relação aos dados referentes aos mestres, observamos que se somarmos as dissertações produzidas no LME e LSI, teremos um número muito parecido com a quantidade de trabalhos produzido apenas pelo LSD: são trinta e dois trabalhos nos primeiros Laboratórios e vinte e oito no último¹⁵. No caso dos doutores, o LSD supera os outros dois Laboratórios em conjunto: são onze teses orientadas por ambos e quatorze orientadas apenas pelo LSD.

No capítulo anterior, ao discutirmos as modificações produzidas no Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) a partir do aporte financeiro concedido pela FINEP para o desenvolvimento dos Projetos de Subsistemas Integráveis, observamos como a aproximação entre LSI e FINEP resultou na modernização das instalações do LSI na Poli, bem como possibilitou o desenvolvimento de diversas pesquisas acadêmicas que resultaram em algumas das teses e dissertações que discutimos em detalhes no capítulo anterior e que figuraram nesta subseção, desta vez como dados quantitativos.

¹⁵ Exploraremos as áreas de estudo das teses adiante.

Discutimos como as sucessivas crises econômicas dos anos 1980 e os acordos firmados com bancos de créditos internacionais reduziram o orçamento da universidade, dando ainda mais importância para o papel da FINEP no desenvolvimento dos trabalhos do LSI. Sem o dinheiro público voltado para o desenvolvimento tecnológico nacional, a produção acadêmica do LSI certamente seria muito diferente, tanto em relação a quantidade de trabalhos apresentados quanto em relação aos objetos de estudo.

A análise da documentação dos projetos de Subsistemas Integráveis revelou as dificuldades financeiras enfrentadas pelo LSI, que necessitava constantemente redirecionar as verbas da FINEP para arcar com os custos dos projetos, principalmente para os engenheiros e técnicos envolvidos nas atividades. Mesmo assim, a documentação revelou casos em que o LSI perdia seus pesquisadores, que optaram por trabalhar na iniciativa privada.

No LSD, o arranjo encontrando para a garantia de desenvolvimento de pesquisas não foi, sobretudo, através de financiamento público por meio de bancos ou agências de fomento, como aconteceu no LSI. Conforme citamos no capítulo um, atuando em conjunto com o LSD existia a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), criada em 1972 com o objetivo declarado de

facilitar e incentivar (...) a prestação de serviços à comunidade e o desenvolvimento de pesquisas inovadoras no campo da engenharia (...) e para estabelecer parcerias com instituições públicas e privadas, promover cursos, publicar pesquisas, conceber bolsas de estudos e manter estágios (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 11).

Conforme discutimos no capítulo 1, o modelo de fundações recebeu muitas críticas da comunidade acadêmica, principalmente de grupos ligados às faculdades de ciências humanas. A quantidade de teses e dissertações apresentadas por estudantes ligados à FDTE indicam, contudo, que, pelo menos em um contexto de reserva de mercado, a existência de uma fundação capaz de agregar outras fontes de capital às pesquisas acadêmicas ligadas aos setores reservados, é capaz de impactar significativamente na produtividade e na geração de pesquisas universitárias.

Para situar o surgimento e atuação da FDTE, faremos um breve retrospecto das condições que levaram ao seu surgimento, bem como dos atores que participaram da sua criação. Devido à escassez bibliográfica a respeito do assunto, utilizaremos como base do relato que se segue o livro institucional *FDTE 43 anos: Integrando universidades, empresas e sociedade*, organizado pelos pesquisadores Mônica Musatti Cytrynowicz e Roney Cytrynowicz, ligados a

editora Narrativa-Um. Também utilizaremos como fonte as entrevistas realizadas com atores que participaram da fundação e da condução dos trabalhos desta Fundação.

De acordo com a entrevista de Edith Ranzini, após a criação do Patinho Feio e a possibilidade da Poli desenvolver um computador para a Marinha (que viria a ser o minicomputador G-10), como veremos em detalhes adiante, se consolidou, entre os pesquisadores ligados ao LSD, a percepção da necessidade de existência do que Ranzini chamou de *instrumento administrativo*¹⁶ para que se pudesse contratar pelas vias legais os serviços da Poli e de seus professores.

A necessidade de existência deste *instrumento* foi percebida inicialmente em 1965, quando o Conselho Nacional de Telecomunicações (CONTEL), agência que regulava o setor de telecomunicações no período, tentou contratar a Escola Politécnica da USP para que desenvolvessem um sistema para a TV em cores que seria implementada no país.

O professor de radialismo da Universidade Estadual Paulista Willians Cerozzi Balan, afirmou¹⁷ que, nos anos 1960, existiam principalmente três sistemas para transmissão de imagens em cores para a televisão: o estadunidense National Television System Committee (NTSC), criado em 1953, o alemão Phase Alternating Line (PAL), criado em 1957, e o francês Sequential Couleur Avec Memoire (SECAM), também em 1957. Existiam diferenças significativas entre eles. O primeiro, apresentando 525 linhas de resolução, baseado no tipo sistema elétrico norte-americano de 60 Hertz (Hz). O PAL e o SECAM possuíam 625 linhas de resolução e sistema elétrico de 50 Hertz (Hz). Além disso, o NTSC apresentava o problema frequente de inversão de cores no receptor, o que trocar, por exemplo, a cor de uma pele caucasiana para verde.

Quando o Brasil recebeu suas primeiras televisões, ainda em preto e branco, a transmissão do sinal era realizada pelas emissoras utilizando o sistema norte-americano Radio Manufacturers Association (RMA) ou simplesmente “M”, que, assim como o NTSC, operava com 525 linhas e 60Hz. As características do sistema “M” já existente no país tornava mais lógico que o sistema a cores adotado fosse o NTSC. Porém, de acordo com Hélio Guerra, a TV em preto e branco “era precaríssima, não havia definição nem linhas firmes e era tecnicamente muito caro fazer com qualidade melhor” (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 11).

¹⁶ Entrevista concedida em 28 de agosto de 2018.

¹⁷ BALAN, Willians Cerozzi. Um Breve Olhar pela Evolução da TV no Brasil, parte I - do início a cor. São Paulo: **Revista Produção Profissional**, Editora Bolina, abril 2012, p. 9 e 10.

O que o CONTEL precisava era justamente de uma equipe capacitada que pudesse encontrar a melhor maneira de se transmitir o sinal em cores no Brasil, levando em conta a estrutura já existente. Como não era possível contratar a Escola Politécnica, Hélio Guerra foi contratado como pessoa física para realizar a atividade. A pedido dele, o CONTEL contratou, no mesmo regime, o também professor da Poli Nelson Zuanella, que trabalhava na Philips, o engenheiro Edson Paladino Veiga, que trabalhava na Telefunken e o engenheiro Ovídio César Machado Barradas, que atuava na TELEBRÁS.

Avaliando todas os sistemas de transmissão disponíveis no mercado e que poderiam ser utilizados, a equipe formada por Hélio Guerra optou por utilizar o sistema PAL devido a sua estabilidade e qualidade do sinal. Porém, o PAL, além de possuir uma quantidade maior de linhas de resolução, ainda operava numa frequência elétrica diferente daquela brasileira. A solução foi criar um sistema que combinasse o PAL com o padrão “M” já existente no país, adaptando tanto a frequência da corrente quanto a quantidade de linhas da resolução. A equipe criou, assim, o sistema PAL-M, considerado um dos melhores sistemas de cor do mundo (BALAN, 2012, p. 10).

A partir do trabalho realizado para a CONTEL e a impossibilidade de contratar-se formalmente os professores da Poli para desenvolverem atividades de inovação tecnológica, surgiu a necessidade de se criar um arranjo institucional capaz de garantir que a universidade prestasse serviços para outras instituições. Com a conclusão do Patinho Feio o vislumbre da real possibilidade de convencimento da Marinha de que seria possível, para o LSD, desenvolver um minicomputador brasileiro, alguns professores e pesquisadores ligados ao Laboratório optaram por criar uma fundação privada.

Em dezembro de 1972, após a FDTE ter sido aprovada em todas as instâncias institucionais da Escola Politécnica e da USP, a escritura da instituição, bem com a sua Constituição, foi assinada por Antonio Hélio Gerra Vieira, Lucas Antonio Moscato, Antonio Marcos de Aguirra Massola, Edith Ranzini e Nelson Zuanella (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 27).

É importante notar que os signatários da Fundação, com exceção de Nelson Zuanella são todos da primeira equipe que atuou no LSD. Em entrevista, Edith Ranzini falou desses primeiros integrantes:

O chefe era o professor Hélio Guerra Vieira. O mais velho que era [...] o professor [contratado] Antônio Marcos de Aguirra Massola, que foi diretor da Poli. Depois tinha o professor Lucas [Antonio] Moscato, eu, o Paulo Wanderley Patullo, o Francisco José de Oliveira Dias, o

Oscar Serrate [...] Depois a turma que se formou no ano seguinte: que foi o Edson Fregni, o Célio Ikeda, Victor Mammana. Depois teve o João José Neto, a Selma Shin Shimizu, a Maria Alice [Grigas Varella Ferreira], a Stefania [Stiubiener] [...] Depois o grupo foi [...] crescendo. Depois veio Wilson [Vicente] Ruggiero... porque a turma que foi fazendo pós-graduação foi ficando, foi se envolvendo nos projetos¹⁸.

Os projetos dos quais Edith Ranzini se refere são os projetos da FDTE, uma vez que, em seu Regimento Interno, havia a determinação de que cada uma das atividades desenvolvidas pela Fundação fosse denominada de “Projeto”, seguido por um número crescente (por exemplo, o G-10 foi o Projeto 01). De acordo com o documento, um projeto, para ser aceito deveria

“explicitar um responsável ou grupo responsável pelo seu desenvolvimento, com qualificação compatível com a complexidade do trabalho, que assumirá, em relação à Fundação e em relação à eventual fonte externa de recursos, toda a responsabilidade quanto ao bom andamento do projeto e quanto à construção de seus objetivos. (...) Quando financiado por fonte externa de recursos, prever uma parcela do orçamento para a Fundação” (*Ibidem*, p. 29).

Para nossa análise, é importante, sobretudo, frisar três características da atuação da FDTE na Escola Politécnica da USP: primeiramente, a Fundação é extremamente ligada ao LSD, com seus “fundadores” atuando diretamente no Laboratório desde a sua criação. Contudo, dela participava professores de outros Departamentos da Escola Politécnica, como o de Metalurgia. A proximidade do LSD não significou exclusividade do LSD. Em segundo lugar, a FDTE possuía a prática de conceder bolsas de estudos para os estudantes que participavam de atividades de pesquisas e desenvolvimento tecnológico promovidas pela Fundação. Por fim, a complexidade dos Projetos exigia o emprego de diversos engenheiros e estagiários. Essas práticas davam aos estudantes e pesquisadores do LSD oportunidades profissionais para atuação direta no desenvolvimento tecnológico nacional, qualificando-os para atuar, inclusive, em diversas firmas nacionais ligadas à área, conforme veremos adiante.

3.3.2 Assuntos de interesse das teses e dissertações da Poli-Engenharia

Antes de analisarmos quantitativamente os assuntos debatidos nas teses e dissertações dos Laboratórios relacionados à informática, propomos algumas reflexões prévias em relação à nomenclatura que adotamos e às categorias que criamos para que os trabalhos pudessem ser agrupados, tornando nossa análise possível.

¹⁸ Entrevista concedida em 28 de agosto de 2018. Em relação a Zuanella, observamos que, na virada dos anos 1960 para 1970, este pesquisador trabalhava em áreas relacionadas com TV e Telecomunicações. Com o direcionamento do grupo ligado a Hélio Guerra para a Eletrônica Digital, Zuanella se aproximou deste mesmo grupo e participou da fundação do LSD em 1968 (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 14).

Primeiramente cabe frisar que discutiremos apenas as teses e dissertações que foram defendidas e que possuíam relação direta com a informática. Esses trabalhos foram divididos em “Microeletrônica” e “Sistemas Digitais”. A primeira divisão englobou as teses majoritariamente do LME e LSI (quarenta e quatro, ao todo, sendo vinte e cinco do LME, dezoito do LSI e uma orientada pelo Prof. Dr. Roberto Marconato¹⁹). Já a segunda divisão, levou em conta quarenta e quatro trabalhos, produzidos sobretudo no LSD (apenas dois deles foram orientados por professores que não possuíam relação direta com o Laboratório²⁰).

Como o intento de analisar individualmente as oitenta e oito dissertações e teses relacionadas com informática seria muito dispendioso para uma dissertação de mestrado, optamos por agrupá-las em temáticas comuns para assim compreendermos quais áreas eram as mais pesquisadas pela Escola Politécnica. A tarefa de agrupar trabalhos cujas discussões são amplas e perpassam várias especialidades mostrou-se incômoda, pois algum conteúdo, igualmente importante, foi deixado de lado em quase todos os casos. Tomemos como exemplo a tese de 1982 do engenheiro e professor da Escola Politécnica Moacyr Martucci Júnior, orientada por Lucas Moscato e intitulada *Especificação da arquitetura de um sistema distribuído para controle de processos*.

O trabalho trata da apresentação de uma “ferramenta poderosa para a implantação de algoritmos de supervisão, controle e automação de operações produtivas²¹”. Ela pode ser enquadrada como um *software*, pois apresenta a implementação de *algoritmos de supervisão*. Contudo, pode ser agrupada também em uma categoria genérica de *Sistemas Distribuídos* ou pode ser enquadrada como *Automação*. Neste caso, optamos por *Automação*, tendo em vista os rumos que algumas pesquisas do LSD tomaram no começo dos anos 1980.

De acordo com Cytrynowicz *et. al* (2011), em 1981 o LSD iniciou um projeto coordenado por Lucas Moscato que visava o desenvolvimento de um robô articulado, que seria pioneiro no Brasil. A partir deste marco, o “LSD expandiu sua atuação para áreas de automação de equipamentos e sistemas eletromecânicos controlados por computador, desenvolveu um robô industrial e propôs com insistência a modernização dos cursos de Mecânica” (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 84-85). As pesquisas iniciadas no LSD acabaram por criar, em 1988, um curso completo de Engenharia Mecatrônica, o primeiro do país. O coorde-

¹⁹ Roberto Marconato foi professor da Escola Politécnica, porém não localizamos uma relação dele com algum Laboratório específico da Poli. Contudo, ele orientou a dissertação de Paulo Cesar Pinto Calabria intitulada *Obtenção de uma técnica de fabricação de diodos retificadores*, cuja temática está relacionada com microeletrônica.

²⁰ São eles: Carlos José Pereira de Lucena e Walter Del Picchia.

²¹ MARTUCCI, 1980, *Resumo*.

nador do novo curso fui justamente Lucas Moscato, que havia se transferido para o Departamento de Mecânica da Escola Politécnica em 1987.

Embora a tese de Martucci não lide apenas com automação de processos, podemos relacioná-la com os trabalhos desenvolvidos na área de robótica e que foram importantes para os desdobramentos acadêmicos da Escola Politécnica, o que justifica a opção por considerar este trabalho como pertencente a categoria de *Automação*. Sempre que possível, a categorização que realizamos respondeu aos objetos de pesquisa que os laboratórios desenvolviam no momento em que o trabalho foi produzido.

Por sua vez, a categoria criada de *Automação* englobou tanto os trabalhos realizados com processos quanto os trabalhos realizados com projetos. Se, no primeiro caso, o objetivo é gerar artefatos capazes de gerenciar atividades relacionadas a processos de produção, o segundo diz respeito ao uso de ferramentas digitais, principalmente softwares, para projetar componentes que, de outra maneira, seriam impossíveis, ou muito custosos, para serem projetados manualmente, dada sua complexidade ou tamanho reduzido. Como ambos os casos utilizam sistemas digitais para automatizar uma determinada atividade, optamos por agrupá-los em uma única categoria.

Já *Software*, englobou todos os trabalhos relacionados com a programação, desde o desenvolvimento de bancos de dados para o armazenamento de informações digitadas em um mini ou microcomputador até o desenvolvimento de softwares básicos para a operação dos minicomputadores desenvolvidos pelo LSD. Em *Microprogramação*, enquadrámos teses que discutem sobre linguagens baseada em microprogramação e teses que propuseram a criação de componentes microprogramados para computadores, como os processadores. Em *Hardwares* agrupamos todos as teses que desenvolveram e equipamentos que foram utilizados para que computadores funcionassem, como as memórias, processadores e sistemas de entrada e saída (mas não os equipamentos *de* entrada e saída em si). Categoria semelhante a essa é a de *Periféricos*, que agrupa equipamentos como aqueles responsáveis para exibição de vídeo (como os monitores) ou que imprimem dados de saída dos computadores, como os plotters (equipamentos responsáveis por traçar gráficos). Ou seja, consideramos *periférico* qualquer equipamento capaz de inserir dados em um computador (entrada) ou exibir os dados gerados pelo computador em algum meio, como telas ou papel impresso (saída). Em *Redes*, agrupamos as teses ou dissertações que planejaram ou apresentaram estruturas físicas, equipamentos ou protocolos responsável pela transmissão ou monitoramento de diversos computadores interligados. Por fim, temos a categoria *Sistemas de Testes*, que foram equipamentos desenvol-

vidos pelo LSD para que hardwares projetados por eles pudessem ser testado de maneira apropriada, evitando falhas de funcionamento. Também incluímos nesta categoria, teses e dissertações que apresentaram métodos para se testar a confiabilidade de sistemas digitais.

Por nosso objetivo ser o de mapear as áreas de interesse destes laboratórios, optamos por não discriminar dissertações de mestrado de teses de doutorado, tratando todas as informações em uma única tabela. Outra opção que fizemos foi a de agrupar apenas os trabalhos relacionados com Sistemas Digitais. Os trabalhos apresentados em Microeletrônica mostraram-se muito variados, tornando seu agrupamento impossível. Embora em alguns casos foram apresentadas criações de hardwares (principalmente memórias) e periféricos (sobretudo monitores de vídeos, dissertações que tratamos no capítulo anterior), a grande maioria dos trabalhos retrataram técnicas muito variadas e específicas para criação de circuitos integrados. Foram teses e dissertações baseadas em tecnologia MOS, MOS Canal N, TECMOS, NMOS, CMOS, Transistores Bipolares, Diodos Schottky, Tripla difusão, Diodos Retificadores, Hall epitaxiais, Arsenosilicafilme, Transistores de Unijunção, Técnicas de Corrosão ou Difusão de Impurezas, ECL e calculadoras microprogramadas. Além disso, como já discutimos diversos casos relacionados à microeletrônica no capítulo anterior, optamos por excluir os dados referentes a esta área da análise quantitativa dos assuntos das teses e dissertações. Por fim, ressaltamos a opção por tratar as temáticas trabalhadas não como um gráfico, mas como uma tabela, exibindo os dados de produção por ano. Como a informática é uma área bastante dinâmica, agrupar trabalhos de uma década em um único gráfico impossibilitaria qualquer análise.

Tabela 3.2 – Principais Áreas de Pesquisas em Sistemas Digitais
no Departamento de Engenharia Elétrica da Poli

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	TOTAL
Arquitetura de Sistemas		1										2	3
Automação			1	1			1		1	1	1	2	8
Hardware		3			1	1	1					1	7
Microprogramação		1											1
Periféricos							1	1				1	3
Redes	1	1					1	2				1	6
Sistemas de Teste		1						1		1	1		4
Software	1	1	1		1	1		1	3	1		2	12
TOTAL	2	8	2	1	2	2	4	5	4	3	2	9	44

Fonte: Próprio autor

Inicialmente, é possível observar que a maior concentração de trabalhos voltados para hardware encontra-se em 1975, com três trabalhos sendo apresentados simultaneamente. Tratam-se de três trabalhos orientador pelo Prof. Dr. Antonio Hélio Guerra Vieira. Vale ressaltar que, conforme afirmamos no capítulo 1, de acordo com Cytrynowicz *et. al*, na ocasião da fundação do LSD, em 1968, houve o direcionamento, por parte de Hélio Guerra, de cada um

dos pós-graduandos que faziam parte do Laboratório para trabalharem com temáticas diferentes dentro da área de sistemas digitais. De acordo com os autores, “o objetivo da construção desses equipamentos, além do domínio da técnica e da aquisição do conhecimento, era oferecer possibilidade de equipar o Laboratório com opções mais econômicas que as importadas, então as únicas disponíveis no mercado” (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 19).

As teses e dissertações apresentadas em 1975, principalmente aqueles referentes aos hardwares, fazem parte deste esforço. Tratam-se dos trabalhos do engenheiro Stephan Kovach intitulado *Projeto de um sistema de entrada e saída de um minicomputador*; do engenheiro e professor da Poli Wilson Vicente Ruggiero, *Projeto de um processador central microprogramado*; e de Sérgio Gonçalves, *Incorporação de um display gráfico e de caracteres a um sistema de computação*. Outra importante contribuição deste ano para o enriquecimento do material disponível no Laboratório foi a dissertação de mestrado de Edith Ranzini, *Projeto e ensaio de memórias de núcleos de ferrite*, também orientada por Hélió Guerra e que discutiremos em detalhes adiante, uma vez que ele permite compreender o cotidiano dos trabalhos realizados no LSD.

O ano de 1975 apresentou uma quantidade de dissertações e teses que só será igualado em 1985, quando, conforme observamos anteriormente, há um crescimento significativo no número de doutorados produzidos pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Poli. O ano de 1976 também apresentou um número elevado de trabalhos quando comparado aos demais anos da década de 1970. Apenas a necessidade de equipar o LSD não é capaz de explicar esse resultado.

Analizando os trabalhos apresentados no Departamento entre este biênio, observamos que o projeto responsável pelo aumento das produções acadêmicas é o minicomputador G-10, que, de acordo com o periódico *Dados & Ideia*, teve seus trabalhos iniciados em 1973²². A partir das teses e dissertações levantadas, foi possível identificar de que forma os estudantes exploraram o Patinho Feio, minicomputador desenvolvido em 1971 pelo LSD, para compreender como seu projeto (de hardware e software) poderia contribuir para o desenvolvimento do G-10. São vários os trabalhos que abordam o Patinho Feio e/ou o G-10: *Procedimentos Microprogramados num Minicomputador* (de Edit Grassiani), *Aspetos do Projeto de Software de um Minicomputador* (de João José Neto), os já referidos *Projeto de um processador central microprogramado* (de Wilson Vicente Ruggiero) e *Projeto de um Sistema de Entrada e Saída de um Minicomputador* (de Stephan Kovach), *Software de um minicomputador*:

²² A difícil consolidação do G-10, o computador nacional. *Dados e Ideias*, Rio de Janeiro, v.1, n.4, p. 35-36, 1976.

sistema básico de controle (de Benício José de Souza) e *Automação de Projetos de Sistemas Digitais – Partição de Circuitos Lógicos* (de Nestor de Mattos Cunha Junior). Todos esses trabalhos foram orientados por Hélio Guerra, com exceção de *Software de um minicomputador: sistema básico de controle*, cuja orientação foi de Tamio Shimizu. Dada a importância do G-10 e do Patinho Feio para o LSD, discutiremos esses projetos com mais detalhes na seção 3.4.

De maneira geral, a análise dos assuntos das produções acadêmicas relacionados a sistemas digitais mostrou que a preocupação com *Hardware* está centrada mais na década de 1970, momento em que os esforços do LSD e parte dos projetos da FDTE estavam centrados na produção de minicomputadores. Vale ressaltar que, à FDTE, cabia a produção do *hardware* do G-10, sendo que o *software* ficou a cargo da PUC-Rio. Contudo, devido ao tempo levado pelo pesquisador para concluir os seus estudos, projetos relacionados ao G-10 foram publicados até pelo menos 1979. É o caso da tese de Lucas Moscato, concluída em 1978 e orientada por Hélio Guerra, cujo título é *Sistemas virtuais de computação: análise e projeto*. Há, ainda, a tese intitulada *Linguagem estruturada para processamento concorrente: definição e projeto*, de Maria Alice Grigas Varella Ferreira, concluída em 1979 e orientada por Tamio Shimizu.

Quando levamos em conta a cronologia dos Projetos desenvolvidos pela FDTE, conseguimos observar como a produção acadêmica relacionada ao LSD os acompanhava. Conseguimos, também, compreender os períodos onde o número de conclusões decaía. Conforme afirmamos anteriormente, o G-10 constitui-se como o Projeto 01 e iniciou-se em 1973. Parte significativa das publicações de 1975 são relacionadas a ele. Conforme o tempo foi passando os pesquisadores envolvidos com o projeto continuaram apresentando trabalhos a seu respeito, só que em menor quantidade.

O Projeto 02²³ tratou-se da implementação de um centro privado de pesquisas em Metalurgia para a Fundação Tupy. O projeto foi desenvolvido pelo FTDE e executado pelo Departamento de Engenharia Metalúrgica da Poli e, por esta razão, não gerou dissertações e teses para o Departamento de Engenharia. Porém, cabe salientar, diversos trabalhos acadêmicos foram produzidos pelo Departamento de Engenharia Metalúrgica, como por exemplo o *Formação de grafita no estado bruto de fundição em aços grafíticos ao alumínio*, do engenheiro Carlos Haydt Castello Branco, apresentado em 1979.

Já o Projeto 03 desenvolveu uma Central Telefônica de Comutação Temporal (chamada de Projeto Siscom) e realizou pesquisas acerca da telefonia rural²⁴. Os três projetos

²³ A descrição dos Projetos que se seguem foram retiradas de Cytrynowicz e Cytrynowicz (2011).

²⁴ O jornal *Folha de São Paulo*, em sua edição de 03 de março de 1974, apresentou os projetos desenvolvidos para a TELEBRÁS pela FDTE. Pela reportagem, o Sistema de Comutação Eletrônica tratava-se “da pesquisa

apresentados começaram, respectivamente, suas atividades entre 1973 e 1974. Da mesma forma que o Projeto 02 não foi desenvolvido pela equipe do LSD, o Projeto 03 foi executado pela equipe do professor Jacyntho José Angerami, definida por Edith Ranzini, em entrevista, como “o grupo lá no fundo”²⁵ do atual prédio do Departamento de Engenharia Elétrica. Era um grupo voltado para telecomunicações, porém sem vínculo direto com o LSD, apesar de também trabalharem com tecnologias digitais. Posteriormente, este grupo fundaria o Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle (PTC). Os trabalhos publicados pelo grupo do Prof. Angerami figuraram, em nosso levantamento acerca das publicações das teses e doutorados do Departamento de Engenharia Elétrica, como aqueles cujo objeto de pesquisa está indiretamente relacionado com a informática. O Projeto 03 gerou diversas teses e dissertações entre 1979 e 1985, todas orientadas por Angerami. Como exemplo direto do Projeto 03, podemos citar a dissertação intitulada *Desenvolvimento de um modulador delta, com compressão silábica controlada digitalmente, para a central de comutação temporal do projeto Siscom*, de Paul Jean Etienne Jeszensky, apresentada em 1981, e a tese de Aderbal Alves Borges, *Desenvolvimento de terminal de assinantes para sistema de comutação CPA temporal, em anel, com tecnologia digital*, concluída em 1979.

De acordo com a dissertação de mestrado de Fabricio Benedito de Souza Menardi, apresentada em 2000 na Universidade Estadual de Campinas²⁶, a partir da década de 1970 houve um esforço, por parte da TELEBRÁS, no desenvolvimento da capacidade científica, tecnológica e industrial das telecomunicações no Brasil (MENARDI, 2000, p. 70). A contratação da FDTE para o desenvolvimento do projeto Siscom certamente se enquadrou neste esforço.

Menardi afirmou que, como parte da estratégia do então presidente Ernesto Geisel (1974-1979) para o desenvolvimento industrial e tecnológico, havia a meta de criação de um Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em tecnologia digital. Inicialmente, esse Centro se da-

e de desenvolvimento de tecnologia original em sistemas de Comutação Eletrônica, a criação e a capacitação local para apoio à implantação no Brasil de Sistemas de Comutação SPC (stored program control), é a elaboração de documentação visando a fixação das implantações disponíveis em fontes dispersas, sobre sistema SPC, envolvendo estudos comparativos e dados de planejamento de redes utilizando tais sistemas”. Já o projeto de telefonia rural é compreendido como o “levantamento dos aspectos técnicos e institucionais do problema em escala nacional, visando estabelecer projetos pilotos para implantação por empresas telefônicas, bem como recomendações para modificações institucionais que contribuam para viabilizar a implantação de serviços telefônicos em regiões rurais”. TELECOMUNICAÇÕES BRASILEIRAS S/A. TELEBRÁS. Relatório da Diretoria. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 03 mar. 1974. Caderno de economia, p. 25.

²⁵ Entrevista concedida em 28 de agosto 2018.

²⁶ MENARDI, Fabricio Benedito de Souza. *O centro de pesquisa e desenvolvimento da Telebras frente a reforma no setor de telecomunicações no Brasil*. 2000. 148p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP.

ria através da inclusão de um departamento de pesquisa na estrutura da diretoria técnica da TELEBRÁS. Este departamento, por sua vez, mostrou-se como o embrião do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CPqD) de Campinas, criado em 31 de agosto de 1976 mediante deliberação da Diretoria da TELEBRÁS e de acordo com um despacho do Presidente Geisel (MENARDI, 2000, p. 71).

De acordo com Cytrynowicz e Cytrynowicz, a decisão da TELEBRÁS surpreendeu a equipe da FDTE, que trabalhava então no projeto Siscom. Como consequência direta, pesquisadores ligados ao desenvolvimento do Siscom foram contratados pelo CPqD. Foi o caso do engenheiro Aderbal Alves Borges, citado anteriormente, bem como de alguns outros profissionais ligados ao LSD e a FDTE, conforme veremos adiante.

As considerações acerca do Projeto 02 e do Projeto 03 contribuem para a compreensão de que, apesar de intimamente ligada ao LSD, a FDTE não impactou apenas este pequeno grupo da Escola Politécnica, mas sim refletiu nas atividades desenvolvidas em departamentos diversos, da Metalurgia à Telecomunicações. Fornece, também, a explicação das razões pelas quais as produções de teses e dissertações dos anos 1970 ligadas ao LSD versaram sobretudo sobre o G-10 e o Patinho Feio. Embora a FDTE atuasse em outros projetos no período, estes não estavam ligados diretamente ao LSD, não impactando em sua produção acadêmica. Influenciou, contudo, em outros departamentos da Escola Politécnica. A ausência de trabalhos relacionados diretamente a microcomputadores imediatamente após a produção do G-10 podem explicar a diminuição das publicações do Laboratório entre 1976 e 1979.

Para não nos alongarmos com a lista de projetos desenvolvidos pela FDTE, concluiremos essa seção citando os trabalhos realizados para o Metrô de São Paulo, iniciados em 1974, e para a Ferrovia Paulista S/A (Fepasa) (posteriormente, Companhia de Trens Metropolitanos – CPTM), iniciados em 1976. Os sistemas desenvolvidos para segurança sob trilhos foram eficientes a ponto de alguns funcionarem por aproximadamente vinte anos. Edith Ranzini classificou o artefato desenvolvido para a Fepasa como o “grande desenvolvimento” da FDTE²⁷. Lucas Moscato, também em entrevista, afirmou que os trabalhos desenvolvidos para o Metrô renderam muitos frutos para a FTDE e para a tecnologia nacional²⁸.

De acordo com Moscato, tratou-se do desenvolvimento de equipamentos e de uma metodologia capaz de analisar a segurança dos trens em circulação na Região Metropolitana de São Paulo sempre que uma linha do Metrô começava a funcionar. Esse trabalho, chamado *Análise de Confiabilidade e Segurança*, era realizado por empresas especializadas dos Estados

²⁷ Entrevista concedida em 28 de agosto de 2018.

²⁸ Entrevista concedida em 05 de setembro de 2018.

Unidos, especialmente, pelo Battelle Memorial Institute²⁹. Nos anos 1970, a Battelle possuía tecnologia de análise através de relês vitais e transistores simplificados. Porém, o Metrô já possuía minicomputadores processando o controle dos trens, tecnologia que não era acompanhada pela Battele (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2015, p. 68).

Lucas Moscato, em entrevista, afirmou que a Escola Politécnica firmou um convênio com a Bettele para que estes transferissem a tecnologia que possuíam. Posteriormente, essa tecnologia foi atualizada pela equipe da Poli para operar de maneira mais apropriada com os equipamentos disponíveis no Metrô. A partir de 1982, a Poli assumiu inteiramente a análise de confiabilidade do Metrô de São Paulo e, de acordo com Moscato, o grupo responsável por estas análises existe até os dias de hoje³⁰.

Os projetos desenvolvidos para o Metrô geraram trabalhos como a tese de 1985 do engenheiro e professor da Poli Benício José de Souza, orientada por Antônio Marcos de Aguirra Massola e intitulada *Análise de sistemas microcomputadores que desempenham funções de segurança*, e a dissertação de 1983 *Sistema confiável e seguro de parada de emergência*, orientada por Francisco José de Oliveira Dias e de autoria do engenheiro Paulo Silas de Oliveira Camargo.

Enquanto os serviços prestados para o Metrô de São Paulo referiam-se a análises de segurança e confiabilidade, para a Fepasa, a FDTE e o LSD desenvolveram um sistema de supervisão centralizado para o já adquirido Automatic Train Control (ATC), sistema responsável, como o próprio nome diz, pelo controle automático dos trens. De acordo com Cytrynowicz e Cytrynowicz, para este projeto, “os trabalhos de pesquisa, desenvolvimento e implementação foram organizados em quatro fases: estudos (problemas ferroviários em geral, sistemas adquiridos, especialização do sistema e definição das linhas de ataque para a realização de *software* e *hardware*), projeto, implementação e testes e avaliação” (*Ibidem*, p. 85 e 86).

De acordo com Edith Ranzini, em entrevista para Cytrynowicz e Cytrynowicz (2011), a construção da central para a Fepasa contou com uma tecnologia inovadora que, apesar de já descrita na bibliografia internacional, nunca fora desenvolvida no Brasil. Tratou-se de uma central com “arquitetura reconfigurável, constituída por 28 módulos processadores conectados através de um anel duplo” (*Ibidem*, p. 85), montado em seis grandes gabinetes de metal e vidro expostos atualmente em um dos corredores do Departamento de Engenharia Elétrica da Poli. Em entrevista concedida ao autor desta dissertação, Ranzini afirmou que toda a estrutura fora desenvolvida pela equipe do LSD e FDTE no período entre 1978 até 1988, ou

²⁹ Entrevista concedida em 05 de setembro de 2018.

³⁰ Entrevista concedida em 05 de setembro de 2018.

seja, em dez anos. Além dos gabinetes expostos, existiam ainda painéis e diversos monitores criados a partir de tubos de televisão coloridas, que ficavam dispostos em uma central de controle³¹.

O sistema ficou em funcionamento por vinte anos, o que, de acordo com Ranzini, surpreendeu toda a equipe envolvida. A primeira dissertação de mestrado gerada a partir dessas pesquisas foi concluída em 1980 pelo engenheiro Frank André Schaffa. O trabalho foi orientado por Lucas Antonio Moscato. Outro exemplo de trabalho é o intitulado *Aspectos do projeto de sistemas multimicroprocessadores*, do engenheiro Armando Santos Barbosa Junior, apresentado em 1985 e orientado também por Lucas Antonio Moscato.

A partir da descrição dos projetos desenvolvidos pela FDTE, conseguimos localizar parte considerável das dissertações e teses apresentadas no Laboratório de Sistemas Digitais entre 1974 e 1985 como fruto direto dos trabalhos realizados no âmbito universitário para a iniciativa privada e/ou administração pública. Os projetos desenvolvidos pela FDTE influenciaram também na produção de outros Departamentos da Escola Politécnica, como o de Metalurgia e o de Telecomunicações.

Por fim, cabe apontar que, de acordo com a tabela 3.2, a categoria *Software* mostrou-se como tema constante na série analisada. Independente do *hardware* utilizado, se desenvolvido pelo LSD ou adquirido através de outros fornecedores, o *Software* é fundamental para o desenvolvimento de qualquer atividade em computadores. Os assuntos estudados nas teses e dissertações desta categoria são variados, mas majoritariamente são dissertações de mestrado que descrevem os elementos básicos dos softwares desenvolvidos para os minicomputadores do LSD, ou tratam-se de teses de doutorado que propõem sistemas virtuais ou compiladores capazes de desenvolver softwares variados para diferentes sistemas. Não localizamos a produção de um *software* próprio para um projeto específico.

Já *Automação*, a terceira categoria com o maior número de trabalhos apresentados, ganhou força nos anos 1980, o que condiz com o movimento de criação do Curso de Mecatrônica que apontamos anteriormente.

3.3.3 Trajetória acadêmica dos pós-graduandos da Poli-Engenharia

Nesta subseção, consideramos todos os dados de teses e dissertações relacionados à informática, ou seja, as teses produzidas pelo LSD, LME, LSI e as três que foram orientadas por outros professores. Apesar de estarmos lidando com um montante de oitenta e oito traba-

³¹ Entrevista concedida em 28 de agosto de 2018.

lhos, a quantidade de pesquisadores diferentes que os produziram foram de setenta e cinco, uma vez que, neste intervalo, alguns estudantes publicaram suas dissertações de mestrados e suas teses de doutorados.

A partir da identificação dos autores, levantamos todos os seus currículos acadêmicos, buscando identificar as instituições nas quais se deram suas pesquisas, bem como o tempo dedicado por esses indivíduos em suas formações acadêmicas. Dos setenta e cinco pesquisadores procurados, não localizamos as informações de dezesseis deles, ou seja, 21,33% do total, sendo quatorze estudantes de mestrado e dois de doutorado. É muito provável que a maioria desses indivíduos (se não todos) não prosseguiram com carreiras acadêmicas, todavia, pela impossibilidade de confirmar a afirmação, optamos por deixar indicado a existência deste montante, porém excluindo-os da análise que se segue.

Considerando os cinquenta e nove pesquisadores restantes que atuaram com informática no Departamento de Engenharia da Poli no período estudado, observamos que apenas quatro deles não realizaram o doutoramento. No sentido inverso, apenas um concluiu o doutorado sem antes ter passado pelo mestrado.

Gráfico 3.7 – Pós-graduação entre os alunos da Poli-Elétrica

Fonte: Próprio autor

O gráfico 3.7 permite-nos verificar que 91,52% dos estudantes acompanhados fizeram a carreira acadêmica completa, ou seja, mestrado e doutorado. Se, por ventura, considerarmos os estudantes cujos currículos não foram localizados como aqueles que fizeram apenas o mestrado, o percentual de mestres e doutores cai para 73,97%, uma cifra que continua significativa. Podemos afirmar, portanto, que além da procura pela especialização acadêmica e, por conseguinte, profissional, existia grande interesse por parte dos estudantes em especializarem-se na área de informática. Essa necessidade indica que, no período, existia demanda profissional para uma mão-de-obra altamente especializada, o que aponta para o sucesso das políticas desenvolvidas pela CAPRE e, posteriormente, pela SEI.

Escrevendo em 1986 acerca da Política Nacional de Informática, Edson Fregni³², apresentou, no periódico *Contexto Internacional*³³, os principais resultados observados no setor de informática no Brasil. Especificamente em relação aos empregos de pessoal com ensino superior, o autor apresenta os seguintes dados:

Tabela 3.3 – Quadro comparativo de volume de empregos de nível superior no setor industrial de informática no Brasil (Edson Fregni)

Ano	1981		1982		1983	
Atividades	Ind. Nac.	Ind. Mult.	Ind. Nac.	Ind. Mult.	Ind. Nac.	Ind. Mult.
Produção	279	396	557	422	988	379
Vendas	312	1077	386	1130	684	1204
Desenvolvimento (software e hardware)	831	97	1083	107	1921	121
Manutenção	199	103	443	214	785	273
Administração	453	791	687	912	218	833
Total	2074	2464	3156	2785	4596	2810

Fonte: FREGNI, 1986, p. 139

Através da tabela, é possível observar um acentuado crescimento no número de empregos gerados pela indústria nacional em todos os setores analisados por Fregni, principalmente Desenvolvimento e Manutenção, que partem, respectivamente, de 831 e 199 empregados em 1981 para 1921 e 785 empregos em 1983, ou seja, crescimentos respectivos de 131,16% e 294,47%.

O aumento na oferta de empregos para especialistas em informática advinha das transformações ocorridas na indústria nacional de informática. Para Fregni, essas mudanças seriam resultados diretos da política nacional de informática, que, conforme vimos nos capítulos anteriores, foi inicialmente conduzida em 1975 pela CAPRE, assumida em 1979 pela SEI e, em 1984, promulgada pelo Congresso Federal através da Lei 7.232.

De acordo com os dados apresentados pelo autor, o mercado brasileiro seria o equivalente, em 1985, a US\$ 2.500 milhões (o equivalente a mais de US\$6 bilhões em valores atualizados ou mais de R\$ 23 bilhões). Deste valor, 50% era suprido pela indústria nacional que, de acordo com as estatísticas da SEI, em 1986 era formada por duzentas e setenta empresas genuinamente nacionais operando no mercado, produzindo micros, supermicros e minicompu-

³² A atuação de Edson Fregni com a informática nacional é extensa. Atualmente, ele é Colaborador Sênior do Departamento de Engenharia da Computação e Sistemas Digitais da Poli-USP. Sua formação é pela própria Poli: graduação em engenharia elétrica (1970), mestrado (1972) e doutorado (1997), sempre no Departamento de Engenharia Elétrica. Fregni também fundou a Scopus, uma importante empresa nacional que atuou no setor da informática. No momento em que escreveu o artigo do qual retiramos as informações acerca do emprego de profissionais de nível superior, Fregni atuava como presidente da Associação Brasileira da Indústria de Computadores e Periféricos (ABICOMP).

³³ FREGNI, Edson, A informática no Brasil. *Contexto Internacional*, Rio de Janeiro, ano 2, n. 3, p. 131-144, jan.-jun. 1986.

tadores, além de periféricos como impressoras, unidades de disco flexíveis e discos rígidos. Além disso, existiam três empresas nacionais de microeletrônica que encontravam-se em variados graus de implementação (FREGNI, 1984, p. 137). Em relação especificamente aos engenheiros, Fregni afirmou que estes deixaram de ser vendedores de multinacionais e passaram a exercer “o ofício de engenheiro: criando, definindo e projetando” (*Ibidem*, p. 139).

Embora Edson Fregni não cite a origem dos dados que apresentou, encontramos no artigo de Peter Evans, sociólogo da Universidade da Califórnia, a informação de que os dados referente a Tabela 3.3 teriam sido publicados pela Associação Brasileira da Indústria de Computadores e Periféricos, ABICOMP, uma sociedade formada por fabricantes nacionais de computadores, e pela Sociedade Brasileira de Computadores, SBC, em um estudo de 1984.

Os números fornecido por Evans são diferentes, conforme pode ser observado na Tabela 3.4³⁴.

Tabela 3.4 – Pessoal Universitário no Setor de Informática no Brasil
Firmas nacionais e Subsidiárias Estrangeiras – 1979-1983 (Peter Evans)

Tipo de Trabalho	1979				1983			
	Nacionais		Subsidiárias		Nacionais		Subsidiárias	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Marketing	413	27	1109	44	482	12	1204	43
P&D	475	31	76	3	1353	34	121	4
Outros*	643	42	1336	53	2107	53	1485	53
Total	1531	100	2521	100	3942	99	2810	100

Fonte: EVANS, 1986, p. 21

Uma das características das análises de Peter Evans é diminuir a efetividade da política nacional de informática, em especial aquela conduzida pela CAPRE. Tende, também, a tratar de maneira pejorativa os técnicos nacionalistas envolvidos com a informática nacional, fazendo constantes alusões ao caráter ideológico que possuíam. A maneira como Evans critica a atuação dos nacionalistas tecnológicos, indica que o emprego do termo *ideologia* se dá como tom pejorativo que, de acordo com Paul Ricoeur, é atribuído ao pensamento do outro, sendo este um pensamento impregnado por “verdadeiros interesses” camuflados na maneira como o outro compreende a realidade³⁵. Essa visão acerca da política nacional e dos técnicos e dos acadêmicos com ela envolvidos permite compreender as razões pelos quais os dados de Evans apresentam valores inferiores àqueles apresentados pela ABICOMP/SBC, pois é muito prová-

³⁴ Peter Evans não deixa claro as razões em que se deu a sua “escolha” por outros dados que não os publicados pela ABICOMP/SBC. Indica apenas que as informações foram retiradas de “Erber, 1985:302 (Tabela 6) e Dytz, 1984, quadro 15”. Como seu artigo não possui a seção de referências bibliográficas, não conseguimos localizar com precisão as origens dos dados que utilizou. EVANS, P. Informática: Metamorfose da Dependência. **Novos Estudos CEBRAP**, São Paulo n.º15, pp. 14-31, jul. 1986.

³⁵ RICOEUR, P. *Ideologia e utopia*, Lisboa, Edições 70, 1991.

vel que o autor considere suas fontes (não rastreáveis) livres da ideologia do nacionalismo tecnológico. De qualquer forma, o percentual de crescimento por ele apontado (184,84% entre 1979 e 1983) para a contratação de engenheiros especializados em desenvolvimentos de artefatos tecnológicos ainda é uma cifra considerável. Porém, para Evans, esses números não poderiam ser justificados *apenas* pela política conduzida pela CAPRE e, posteriormente, pela SEI.

O autor afirma que os técnicos e engenheiros envolvidos com o nacionalismo tecnológico possuíam “vontade e habilidade política”, no entanto, esse crescimento precisava ser compreendido de acordo com a “conjuntura que ocasionou os eventos políticos no Brasil, juntamente com a evolução técnica e econômica da indústria internacional” (EVANS, 1986, p. 21).

O principal argumento de Evans a respeito do crescimento no número de empregos ofertados pela indústria nacional para profissionais com ensino superior consiste no fato de, durante os anos 1970, ter sido impossível, para as grandes empresas transnacionais, preverem o crescimento do mercado de minicomputadores. Em 1975, as vendas de minicomputadores representavam 15% das vendas totais de computadores quando levado em conta os computadores de grande porte. De acordo com Evans, “poucos teriam previsto que a venda dos minis nos Estados Unidos cresceriam dez vezes nos próximos sete anos. Quatro vezes mais rápido que as vendas de grande porte” (EVANS, 1986, p. 21).

Como as empresas pioneiras na área de minicomputadores (Digital Equipment Corporation (DEC), a Data General e a Hewlett-Packard) não possuíam subsidiárias internacionais, elas não contavam com uma produção local de computadores no Brasil. O mesmo valeria, para o autor, em relação às subsidiárias internacionais com longa experiência de fabricação no Brasil, que demoraram para dar ênfase nos minis e, portanto, não ocuparam esse espaço (EVANS, 1986, p. 22).

Em outras palavras, Peter Evans atribui o aumento do número no número de profissionais de pesquisa e desenvolvimento no Brasil majoritariamente às forças de mercado internacional e a imprevisibilidade do crescimento tecnológico dos insumos de informática, que teria deixado as multinacionais de fora do mercado nacional.

Mesmo o autor levando em conta que o Brasil, no momento do crescimento nas vendas dos minicomputadores nos Estados Unidos, contava com uma reserva de mercado, ele aponta que, se a DEC tentasse comercializar seus produtos em 1970 ela teria conseguido. O autor relativiza até o caso da IBM que, conforme vimos anteriormente, tentou comercializar o

seu sistema /32 no Brasil, enquanto a CAPRE lutou para sustentar o seu veto à empresa frente aos ministros da economia e do planejamento, que temiam dizer “não” para a IBM (DANTAS, 1985; HELENA, 1980). Neste caso, Evans aponta que, se a tentativa de comercialização do /32 ocorresse em 1970 (antes mesmo da existência da CAPRE), não haveria veto e a comercialização dos minis no Brasil estaria garantida pela subsidiária internacional. Contudo, nos parece equivocada a tentativa de enfraquecer os resultados obtidos pela política nacional de informática valendo-se de contrafactuais cujas hipóteses não podem ser objetivamente validadas.

Acreditamos também que, ao se generalizar o crescimento de vendas de minis nos Estados Unidos para todo o mundo, Evans parece ignorar as especificidades locais brasileiras. Não é possível afirmar que o crescimento norte-americano impactou no crescimento brasileiro, pois, é necessário frisar, o mercado brasileiro encontrava-se reservado às empresas nacionais no momento em que este crescimento ocorreu nos EUA.

Portanto, consideramos que o crescimento no número de vagas para desenvolvimento em informática no Brasil e sua consequente necessidade de especialização por parte de engenheiros que atuariam neste mercado, foi resultado direto da política de informática conduzida inicialmente pela CAPRE e, posteriormente, pela SEI. O crescimento do mercado criado desde o veto à IBM e a concorrência pelos minis em 1977, impulsionou a necessidade constante de aprimoramento profissional, e os resultados positivos obtidos pela indústria nacional, somados às dificuldades para importação de determinados insumos de informática, criaram demanda interna para pesquisa e desenvolvimento, o que, por sua vez, gerou oportunidades/necessidades para o surgimento de fundações ligadas aos laboratórios de pesquisa acadêmica, como foi o caso da FDTE.

Assim, os números do mercado somado ao crescimento de mestres e doutores formados pelo Laboratório de Sistemas Digitais da Poli permitem compreender as novas oportunidades profissionais abertas no mercado nacional. Os dados positivos permitem supor que existia, nos anos 1970 e 1980, certo otimismo em relação às possibilidades de desenvolvimento da tecnologia nacional. Portanto, as preocupações expressas por figuras acadêmicas como João Antônio Zuffo em relação à ausência de uma política nacional para microeletrônica, discutida no capítulo anterior, em parte se justificam. A significativa produção do LSD como resultado mais direto da política nacional de informática mostrava, efetivamente, que a existência de uma política industrial para os setores de tecnologia poderia funcionar, desde que fosse minimamente colocada em prática.

Isso não significa dizer que a política de informática brasileira era um exemplo de política tecnológica existente. Como discutimos no capítulo 1, ela fora conduzida principalmente pela CAPRE, SEI e agências de fomento à pesquisa sem um planejamento global que integrasse diversos setores do governo e, conseqüentemente, ampliasse suas possibilidades de expansão. Porém, no caso da informática, existiam diretrizes claras dos produtos que se podia ou não importar e do que era desejável que fosse desenvolvido, além de um mercado reservado para esses produtos. Era, portanto, um caminho a se seguir. No caso da microeletrônica, seu estímulo era indireto. Não a toa, era necessária a somatória de dois Laboratórios da USP (o LME e o LSI) para que sua produção ficasse em pé de igualdade com a do LSD. Se levarmos em conta as teses e dissertações que discutem exclusivamente técnicas de produção em microeletrônica, isto é, excluindo os trabalhos que o LME e LSI produziram a respeito de artefatos como aqueles desenvolvidos pelo LSD (a exemplo das memórias e monitores), a relevância da microeletrônica, quando comparada aos sistemas digitais mais amplos, diminui. Era legítima, portanto, a luta pela microeletrônica.

Quando analisamos as teses e dissertações, outro dado significativo que nos ajuda a compreender a importância da especialização dos alunos diz respeito a baixa rotatividade destes profissionais. Eram poucos os que procuravam outros centros de pesquisa que não fossem a Escola Politécnica e, em especial, os Laboratórios em que já atuavam. Trinta e oito pesquisadores cursaram seus mestrados e seus doutorados na própria Escola Politécnica. Da amostra, treze estudantes fizeram os seus mestrados na Escola e Politécnica e seus doutorados em outras instituições e apenas três fizeram os seus mestrados em outras instituições e seus doutorados na Poli.

Gráfico 3.8 – Instituições em que os pesquisadores concluíram seus mestrados e doutorados

Fonte: Próprio autor

Dos estudantes que foram fazer seus doutoramentos em outras instituições, dez foram para universidades espalhadas pelos EUA e Europa: Universidade da Califórnia Los Angeles (EUA), Katholieke Universiteit Leuven (Bélgica), Université Paul Sabatier de Toulouse (França), Institut National Polytechnique de Grenoble (França), Stanford University (EUA), Technische Universität München (Alemanha) e University of Oxford (Inglaterra). Pelo menos sete deles receberam auxílios de agência de fomento à pesquisa. Foram quatro bolsas CNPq, duas da FAPESP e uma pela Capes. Além das universidades internacionais, três pesquisadores foram estudar em instituições nacionais diversas, um deles na Universidade de Campinas, um na Faculdade de Engenharia Industrial e outro no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

Dos estudantes que cursaram apenas o doutorado na Poli, um teve como origem a Universidade Federal de Santa Catarina, um o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e o último do Instituto Politécnico Nacional de México.

Esses dados podem dar um indicativo acerca da qualidade dos profissionais formados pela Poli. Dos treze que comprovadamente não permaneceram à instituição, dez foram estudar em universidades internacionais renomadas, muitos contando com bolsas de estudo de agências públicas de fomento, bolsas estas concedidas em um momento de grave inflação e crise econômica, conforme abordamos no capítulo anterior.

Dos trinta e oito pesquisadores que estudaram exclusivamente na Poli, quatorze mantiveram os orientadores no mestrado e no doutorado, oito trocaram de orientadores, porém estes eram reconhecidamente dos mesmos Laboratórios. O LSD foi o Laboratório que mais gerou pesquisas acadêmicas, sendo também o Laboratório que mais manteve seus estudantes ligados a ele. As bolsas de estudos fornecidas pela FDTE somada à possibilidade de se atuar na Fundação mesmo depois de formado, certamente contribuíram para a permanência dos pesquisadores no Laboratório.

Quando analisamos o tempo transcorrido entre a conclusão do mestrado e a conclusão do doutorado, observamos que a maioria dos estudantes iniciaram seus doutorados imediatamente após a conclusão de seus mestrados, indicando a clara intenção em especializarem-se rapidamente. Precisamos, contudo, fazer algumas ressalvas em relação à média de tempo que obtivemos.

Quatro dos pesquisadores estudados concluíram seus doutorados em um tempo superior a dez anos do mestrado. Além destes, dois levaram mais de vinte anos para concluir o doutorado e mais dois levaram mais de trinta anos. Se fizermos uma média aritmética simples

do tempo transcorrido para a pós-graduação destes indivíduos, obteremos uma média de oito anos, valor que não representaria, contudo, a maioria das formações acadêmicas em questão.

Por conta disso, optamos por retratar o tempo entre o mestrado e o doutorado utilizando um gráfico cuja curva aponta para a média móvel dos valores ao longo dos anos (Gráfico 3.9).

Gráfico 3.9 – Média entre o tempo de conclusão dos mestrados e da conclusão dos doutorados dos estudantes da Poli-Engenharia

Fonte: Próprio autor

Vinte e seis teses de doutorado, ou seja, praticamente a metade, foram concluídos entre quatro e seis anos após a conclusão dos respectivos mestrados, dando uma média de um pouco mais de cinco anos para conclusão. Quarenta e seis trabalhos foram concluídos no prazo máximo de oito anos.

O já referido Regimento Geral da Universidade de São Paulo estabeleceu o prazo mínimo de dois anos para a conclusão do doutorado, sendo o prazo máximo de oito. Isso significa que 82,14% dos pesquisadores que atuavam na área de informática nos cursos da Poli-Elétrica iniciaram seus doutoramentos imediatamente, ou um pouco depois, da conclusão de seus mestrados.

Mapeamos, também, as instituições públicas e/ou privadas que estes pesquisadores atuaram após as suas formações, ou concomitante a elas. Levantamos ainda as informações referentes a atuação desses profissionais no presente, ou seja, em que instituições eles atuam no momento em que essa dissertação foi escrita ou em que instituições aposentaram-se. Os dados obtidos refletem os sucessos e fracassos da política nacional de informática.

Gráfico 3.10 – Atuação Profissional dos Engenheiros da Poli no período de Reserva de Mercado

Fonte: Próprio autor

Nos anos 1970 e principalmente nos anos 1980, os pesquisadores da Poli atuaram sobretudo na Fundação de Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia (FDTE). Foram quatorze dos cinquenta e nove Currículos Lattes analisados que apontaram tal atividade. Cabe ressaltar que vinte e quatro currículos não apontavam nenhuma atividade para o período, o que não significa que o profissional não atuava naquele momento, apenas que ele não adicionou esta atividade em seu Lattes. Como levantamos as informações de quarenta e quatro profissionais, significa dizer que cerca de um terço dos pesquisadores, cujo mapeamento das atividades nos anos 1970 e 1980 foi possível, atuaram diretamente como engenheiros e pesquisadores da FDTE. Muitos atuaram também nas firmas nacionais que comercializavam computadores durante o período de reserva de mercado. Quatro indicaram trabalhar na Scopus Tecnologia, empresa *spin off* da Poli³⁶; dois trabalharam na SID Microeletrônica; três na Itautec (sendo dois trabalhando na Itaucom, empresa ligada ao Grupo Itaú e que foi responsável pela fabricação de circuitos integrados); um na Ibrape; e dois trabalharam em empresas de tecnologias menos conhecidas, como a Mega Systems e Spectrum. Além disso, instituições públicas ligadas a pesquisas também receberam os profissionais formados pela Poli, como a TELEBAHIA, a TELEBRÁS e a EMBRATEL. Tivemos ainda profissionais que atuaram na Cobra Computadores S/A, na NEC, empresa multinacional de informática, em suma, em diversas empresas privadas ou públicas que foram importantes para o desenvolvimento da informática no país.

³⁶ A Scopus não foi a única empresa fundada por engenheiros da Poli no período da reserva de mercado. De acordo com Motoyama, “como decorrência desse acelerado processo de pesquisa, foram formados engenheiros capazes de construir as suas próprias empresas, ao saírem da escola. Dezenas de empresas como a Videotek, Antares, Softcad, Scopus, Edit, XPTO, Digigraf e Exi foram criadas dessa forma” (MOTOYAMA *et al.*, 1994, p. 446).

Para finalizar a análise quantitativa das dissertações e teses de mestrado apresentadas pelos Laboratórios ligados à informática da Escola Politécnica da USP, propomos, a título de comparação, verificar os dados da atuação profissional que estes pesquisadores exercem (ou exerceram) hoje, cerca de trinta anos após o término da reserva de mercado. As informações encontram-se no gráfico 3.11.

3.11 – Atuação Profissional contemporânea dos Engenheiros da Poli

Fonte: Próprio autor

A maioria absoluta desses profissionais encontra-se hoje atuando em instituições de ensino. Ao todo, são quarenta e cinco profissionais, o que representa 76,27% de toda a amostragem. Vinte e seis, ou seja, 44,06% atuam na própria Universidade de São Paulo, instituição que os formou. Três destes pesquisadores abriram suas próprias empresas, uma de microeletrônica (JW SWART Inovação em Semicondutores), uma na área de equipamentos de segurança (BETTONI Automação e Segurança) e uma de consultoria (FISSORE – Consultoria e Assessoria Técnico-Científica)³⁷.

Se durante a reserva de mercado foi possível aos profissionais da Poli atuarem como engenheiros e projetistas em uma indústria em expansão, após o seu término o espaço para suas formações no mercado de trabalho diminuiu. Assim, a maioria voltou-se para o espaço onde seus títulos acadêmicos faziam diferença: a universidade e o trabalho docente. De acordo com o estudo publicado pelo BNDES e intitulado “Componentes Eletrônicos: Perspectivas

³⁷ Em 1994, Motoyama observava que “muitas das empresas, que na atualidade atuam no mercado de máquinas, periféricos e suprimentos, foram formadas por diversos engenheiros oriundos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo” (MOTOYAMA *et al.*, 1994, p. 447). Observamos que a BETTONI Automação e Segurança, a JW SWART Inovação em Semicondutores e a FISSORE – Consultoria e Assessoria Técnico-Científica fazem parte de um movimento mais amplo de ocupação do mercado de tecnologia por parte de engenheiros formados pela Poli.

para o Brasil”, escrito por Paulo Roberto de Sousa Melo, Evaristo Carlos Silva Duarte Rios e Regina Maria Vinhais Gutierrez, respectivamente, gerente e engenheiros da Gerência Setorial do Complexo Eletrônico do BNDES, o fim da reserva de mercado na década de 1990 foi acompanhando de uma abertura abrupta e indiscriminada do mercado nacional, sem qualquer preocupação com o conhecimento produzido pelas empresas fabricantes. Como resultado, os números mostram que, entre 1989 a 1999, houve uma diminuição na área de informática e telecomunicações de, respectivamente, 48,1% e 54,5% dos empregos, sendo o processo de inovação e projetos os mais atingidos (MELO *et al.*, 2001, p, 6). Como resultado, as empresas mais sólidas do setor deixaram de atuar como fabricantes e transformaram-se em prestadoras de serviço, normalmente na área de softwares especializados. A maioria fechou as portas (*Ibidem*, p, 17)³⁸.

Há, aqui, uma possível inversão dos avanços profissionais alcançados no contexto de reserva de mercado para os insumos de informática. Durante o período em que a CAPRE esteve a frente da política nacional de informática, houve o que Ivan da Costa Marques chamou de coletivo técnica e politicamente agenciador (MARQUES, 2003), quando a própria CAPRE tornou-se um ponto de passagem obrigatória³⁹ para todas as redes sociotécnicas interessadas em atuar de alguma forma com informática no Brasil. Para Marques, esse coletivo era composto por professores universitários, oficiais militares engenheiros, e administradores de empresas estatais, sendo que, os primeiros estavam preocupados em criar um mercado de trabalho qualificado para os profissionais que formavam, os segundos julgavam importante saber abrir as caixas-pretas eletrônicas instaladas em seus armamentos e os terceiros acreditavam que a possibilidade de construção de computadores no país abriria possibilidades para novas aplicações financeiras (MARQUES, 2003, p. 665).

³⁸ MELO, P. R. S.; RIOS, E. C. S. D.; GUTIERREZ, R. M. V. G. Componentes Eletrônicos: Perspectivas para o Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 13, p. 3-64, mar. 2001.

³⁹ Latour (2000) definiu um ponto de passagem obrigatório como um elo de uma rede sociotécnica que obrigatoriamente precisa ser incluído em outras redes sociotécnicas para que, por exemplo, um fato científico ou um artefato tecnológico possa ser construído. Um dos exemplos que Latour utilizou para explicar este conceito é emblemático para nossa dissertação. Trata-se de uma oficina de aparelhos eletrônicos pertencentes a um João da Cruz, localizada em algum lugar de São Paulo. João da Cruz buscava construir um *chip* microeletrônico utilizando a tecnologia *MOS*, acreditando que assim que a indústria nacional de computadores se concretizasse, sua oficina forneceria componentes para todos os computadores produzidos no Brasil. João não só foi incapaz de produzir chips *MOS* em quantidade e qualidade suficientes para a construção de computadores, como os chips produzidos por empresas japonesas eram muito mais baratos e de melhor qualidade que aqueles que ele conseguia produzir. Neste exemplo de Latour, que exemplifica as dificuldades da indústria de microeletrônica, mesmo em um contexto de reserva de mercado, João falha em se tornar um ponto de passagem obrigatório, pois a indústria nacional de informática ignorava sua existência (LATOUR, 2000, p. 248-250).

Quando Marques atribui aos diferentes grupos que compuseram o coletivo técnica e politicamente agenciador *inter-esses* próprios, ele não o faz, contudo, da forma pejorativa como Peter Evans parece interpretar a noção de *interesse*. Evans referia-se ao grupo que compôs a CAPRE como “técnicos frustrados” que buscavam atuações profissionais iguais as que encontravam no exterior durante suas formações; Marques empregava o conceito latouriano de *inter-esse* no sentido de identificar, sem nenhum tipo de juízo de valor, que diferentes pessoas e grupos possuem diferentes motivações para atuarem e que essas diferentes motivações se intercambiam, as vezes, em um objetivo comum. Neste processo, há uma “seleção” de alguns objetivos que serão alcançados por diferentes grupos e o “descarte” de outros que, devido a relação estabelecida na rede sociotécnica, não podem ser alcançados por não estarem em consonância com os demais.

Feita esta ressalva, apontamos que, para ambos os autores, um dos objetivos dos nacionalistas tecnológicos, advindo sobretudo dos professores universitários, era justamente criar um mercado de trabalho adequado à *expertise* em engenharia fomentada nas universidades. Até o desmonte da reserva de mercado nos anos 1990, este objetivo foi, de certa forma, alcançado.

Nos capítulos anteriores citamos entrevistas e referências bibliográficas que afirmavam, de maneira unânime, que nos anos 1960 não existia oportunidade de trabalho na área de informática que não fosse a de vendedor ou pesquisador acadêmico. Não deixa de ser irônico que *hoje*, após um período onde engenheiros buscavam especializar-se rapidamente, seguindo a carreira acadêmica até o grau de doutor, desenvolvendo hardwares, softwares e periféricos, tanto na universidade quanto em estatais ou na iniciativa privada, o Brasil volte a oferecer para eles oportunidades, de certa forma, semelhantes àquelas que o país possuía na década de 1960. Não se trata aqui de afirmar que, de alguma forma, exista uma espécie de hierarquia entre as possibilidades profissionais para engenheiros, sendo a docência a mais *inferior*. Trata-se apenas de afirmar que, sem uma política industrial minimamente estruturada, uma parte considerável das possibilidades de atuação profissional em pesquisa e desenvolvimento fica cerceada, limitando as opções para esses profissionais altamente especializados. Daí uma das possíveis explicações para o atual exercício profissional na academia de profissionais que, outrora, atuavam no desenvolvimento tecnológico da indústria nacional.

3.4 Cotidiano dos trabalhos realizados em informática no LSD: construindo memórias de ferrite

Após criarmos um panorama nacional para o uso dos computadores no Brasil e analisarmos os trabalhos acadêmicos desenvolvidos na Escola Politécnica e suas relações com a política nacional de informática e as atividades da FDTE, descreveremos agora o ambiente em que se davam a produção acadêmicas/tecnológicas realizadas no Laboratório de Sistemas Digitais. Tomaremos como exemplo a produção de memórias de núcleo de ferrite, peça fundamental para o funcionamento de minicomputadores como o Patinho Feio e o primeiro protótipo do G-10. Na época em que o Laboratório se equipava, antes da existência de computadores capazes de projetar inteiramente os componentes que seriam desenvolvidos, os trabalhos eram realizados em grandes balcões, muitas vezes de maneira quase artesanal. Utilizaremos a dissertação de mestrado e a tese de doutorado de Edith Ranzini para ilustrar como o desenvolvimento tecnológico realizado pelo LSD era importante não apenas para atender as demandas externas, através de contratos firmados por meio da FDTE, como também para que o Laboratório possuísse uma infraestrutura básica que possibilitasse a construção e testes de artefatos que atendessem as exigências da nascente indústria de informática.

Para a narração do cotidiano no LSD, utilizaremos as entrevistas concedidas por Edith Ranzini e Lucas Moscato, bem como os trabalhos acadêmicos de Edith Ranzini, uma vez que estes descrevem em detalhes os passos necessários para a construção de memórias ou processadores.

Na década de 1960, a Poli, até então localizada na região do Bom Retiro, na cidade de São Paulo, foi transferida para a atual sede da USP na Cidade Universitária, localizada na Zona Oeste da cidade. O prédio destinado ao curso de Engenharia Elétrica era, nas palavras de Antonio Guerra, “maior do que precisávamos”⁴⁰. Era um prédio grande, composto por grandes corredores e diversas salas umas ao lado das outras. Com muito espaço ocioso e possível de ser ocupado, a equipe de Antonio Guerra assinalou nas portas de cerca de seis salas a sigla “LSD”, demarcando que ali aconteciam os trabalhos de sistemas digitais. Posteriormente, duas dessas salas viraram os laboratórios que o LSD utilizava para construir seus equipamentos.

Edith Ranzini contou que sua sala é a mesma desde 1968. No começo das atividades do LSD, as salas eram praticamente vazias, apenas com um armário no meio, semelhante a um almoxarifado. Em cada uma delas, trabalhava, no início, cerca de três pessoas de cada

⁴⁰ CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 14.

lado do armário. Com o passar do tempo e o crescimento da equipe, cada sala do LSD chegou a contar com doze pessoas, entre técnicos, engenheiros e estagiários. Os armários desapareceram do meio e novos *layouts* foram experimentados. Algumas salas possuíam bancadas para trabalhos. Todas contavam com diversos livros, manuais, ferros de solda, tudo espalhado e misturado. Do lado de fora das salas, nos corredores, as secretárias ficavam posicionadas com suas máquinas de escrever. Suas atribuições eram datilografar trabalhos e documentos como as teses e dissertações aqui analisadas.

As salas ficavam particularmente mais movimentadas no final dos anos, quando os estudantes da graduação precisavam concluir seus Projetos de Conclusão de Curso. Desde 1973, a curso de graduação em Engenharia Elétrica possuía no seu currículo esta disciplina. Ranzini assinalou que não eram realizados *trabalhos* de conclusão de curso, e sim *projetos*, pois, no final, algum artefato precisava funcionar. Apenas a descrição ou a teoria de uma artefato tecnológico não eram aceitos para a graduação. Como existiam poucos recursos disponíveis em todo Departamento de Engenharia Elétrica e a maioria dos que existiam estavam no LSD, os trabalhos aconteciam durante todos os dias pelas manhãs, tardes e noites. O principal alimento dos estudantes eram aqueles que se compravam prontos, como pizzas, sanduíches e refrigerantes. Lucas Moscato afirmou que, por vezes, para processar as informações de seus trabalhos ou realizar determinadas atividades no Laboratório no período noturno, precisava levar um colchonete e dormir nas instalações do LSD. Eram poucos os equipamentos disponíveis para o uso. Quando era necessário processar (ou desenvolver) um programa, os estudantes e pesquisadores utilizavam os equipamentos que estavam construindo ou o pequeno Centro de Processamento de Dados (CPD) pertencente à Poli. As salas não possuíam computadores próprios.

Os poucos recursos disponíveis tornava o trabalho de uma equipe muito dependente do trabalho da outra. No caso do sistema de processamento distribuído da Fepasa, onde o LSD construiu o *software* com uma equipe e o *hardware* com outra de maneira simultânea, diversas partes dos projetos foram desenvolvidas através de simuladores. Contudo, o uso de simuladores não era possível em todas as situações e frequentemente a equipe precisava utilizar os mesmos equipamentos para desenvolverem suas atividades. Essa situação gerava conflitos em relação aos usos dos espaços e horários para utilização dos equipamentos.

Antes dos computadores que tornavam possíveis a realização de projetos de componentes de *hardware* de maneira automatizada, os projetados produzidos pelo LSD eram desenhados em escala quatro vezes maior e, posteriormente, reduzidos através de técnicas foto-

gráficas para que enfim pudessem ser desenvolvidos manualmente. Durante a produção do G-10, iniciado em 1973, o LSD já contava com uma oficina equipada capaz de produzir placas lógicas que eram empregadas, por exemplo, para a construção de memórias. De acordo com Cytrynowicz e Cytrynowicz, a fábrica montada pelo LSD funcionava através do método fotográfico, capaz de produzir circuitos impressos com precisão e com furos metalizados, o que significou uma inovação tecnológica para o país, pois tornou possível a construção de circuitos em poucas horas (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 31-32).

Imagem 3.1 – Frente e verso da Memória do G-10

Memória de Núcleo de Ferrite do G-10. Fonte: Acervo de Edith Ranzini

A memória de núcleo de ferrite apresentada na fotografia 3.1 pertenceu ao primeiro protótipo do minicomputador G-10 e encontra-se, hoje, exposta na sala de Edith Ranzini, no prédio do Departamento de Engenharia Elétrica da Poli. Na fotografia esquerda, localiza-se a estrutura responsável pelo armazenamento de dados do computador. Ela foi projetada em escala, reduzida através de fotografias e montada manualmente. Os módulos escuros localizados à esquerda da imagem esquerda são compostos por milhares de núcleos com cerca de vinte milímetros cada um, responsáveis pelo armazenamento de informações binárias, ou seja, de “zeros” e “uns”, única linguagem compreendida por computadores. Por sua vez, dentro do núcleo, perpassam três fios responsáveis pela condução das informações que serão armazenadas pelos núcleos. É necessário que dentro de cada núcleo, exista, além dos fios, ar.

O armazenamento de informações é realizado através de correntes elétricas conduzidas pelos fios para excitação. Dependendo do sentido do campo magnético transmitido, gerado a partir de um pulso de corrente elétrica, a informação armazenada será o “um” ou o “zero”. Para que a leitura das informações possa acontecer depois que houve o armazenamen-

to, outro fio, chamado fio para leitura, provocava a inversão na indução (de positivo para negativo ou de negativo para positivo), gerando uma variação de fluxo que pode ser captada.

Para que seja possível passar corretamente os fios por dentro dos núcleos, estes núcleos devem estar perfeitamente posicionados e alinhados, qualquer desvio, por menor que seja, dificulta, ou mesmo, impossibilita a passagem do fio pelo conjunto. Para que o posicionamento dos núcleos seja realizada de maneira adequada, utilizava-se a *matriz de posicionamento*, uma espécie de chapa com milhares de ranhuras onde os núcleos eram depositados de maneira alinhada para que fossem colados na placa lógica. A precisão exigida pelas ranhuras da matriz impossibilitava que a mesma fosse construída no LSD nos anos 1970, o que tornou necessária sua aquisição. Porém, a matriz adquirida, neste caso, era maior que o espaço projetado para a adição dos núcleos, o que exigiu a criação de máscaras que cobrissem determinadas áreas da matriz, impedindo assim que núcleos ficassem onde não deveriam ficar. Além disso, era necessário que a matriz fosse acoplada a um dispositivo de sucção controlada, que “prende” os núcleos no momento da instalação na placa. O dispositivo de sucção construído pelo LSD foi uma caixa acoplada a um aspirador de pó doméstico e a uma lâmpada, pois existia a necessidade de iluminação da matriz para verificar-se se todos os núcleos estavam devidamente alinhados. Além da sucção, outra importante característica do dispositivo era a capacidade de fazer a matriz vibrar, pois assim os núcleos seriam posicionados nas ranhuras. A solução encontrada foi provocar pequenas batidas com as mãos nas laterais da matriz para que o alinhamento pudesse ocorrer dentro de dois ou três minutos. A alternativa às batidas seria a construção de um novo artefato capaz de vibrar, iluminar e sugar núcleos, projeto que envolveria novos investimentos de tempo e recursos.

Uma vez que os núcleos foram posicionados, vinha a etapa da fixação, que ocorria em placas de fibra de vidro cobertas por cobre em ambas as faces, como aquelas que normalmente eram utilizadas para confecção de circuitos impressos. Os núcleos foram fixados com uma cola a base de silicone que era facilmente encontrada no mercado brasileiro, pois havia a necessidade de uma substância adesiva que não prendesse de maneira muito rígida esses núcleos à placa por duas razões: a possível (e frequente) necessidade de substituição de alguns núcleos durante as outras etapas de montagem e a possibilidade deles se quebrarem durante o processo de passagem dos fios. A transferência dos núcleos da matriz de ranhura para a placa de fibra de vidro se dava por meio de uma fita adesiva. Colocava-se uma fita comum, daquelas disponíveis no mercado, sobre os núcleos posicionados na matriz e, uma vez que estes grudavam na fita, a fita era posicionada sobre a cola que já estava na superfície da placa de vidro.

Caso alguns núcleos permanecessem nas ranhuras da matriz, ele era retirado com uma pinça e colocado no lugar que deveria ocupar na fita. Em seguida, placa de vidro, cola, núcleos e fita adesiva eram colocados em uma estufa e ficavam por quatro horas em uma temperatura de 70°C para que a cola secasse adequadamente. A fita era retirada da placa com um solvente orgânico que não interferia na cola de silicone e em um tanque provido com ultrassom. Sob os núcleos, não poderia ficar nenhum vestígio de cola da fita adesiva, pois interferiam no processo de passagem da fiação.

Só é possível passar os fios pelos núcleos através de uma agulha de 0,1mm. Posteriormente, era necessário que estes fios fossem soldados à placa. Caso houvesse a necessidade de fazer emendas no fio, seria necessária também a utilização de solda. Isso tornava necessário que o fio fosse esmaltado com poliuretano, uma substância de baixo ponto de fusão.

Na década de 1970, era possível, ao LSD, adquirir fios com revestimento de poliuretano no mercado nacional. Porém, os atores do Laboratório optaram por construir um dispositivo para efetuar a solda-a-ponto e, assim, eram utilizados nas memórias conjuntos agulha-fio já soldados, uma vez que as agulhas de aço com a dimensão especificada não podiam ser obtidas no mercado. A agulha-fio soldada deveria ter comprimento do fio determinado de antecedência, pois o comprimento da agulha deveria ser maior do que a distância máxima que a ponta da agulha deve percorrer em cada operação. Assim, o fio era passado com ajuda de um microscópio ao mesmo tempo em todos os módulos de núcleos de uma mesma linha ou coluna. Se todos os núcleos estiverem, de fato, perfeitamente alinhados, a agulha-fio é passada rapidamente e sem nenhuma dificuldade. Caso contrário, eles precisam ser realinhados ou, se necessários, retirados e colados novamente. Concluído o processo de passagem da fiação, a placa era novamente limpa com solvente orgânico em um tanque de ultrassom.

Optamos por narrar o processo de construção da memória por três motivos: ele nos ajuda a compreender a complexidade dos trabalhos desenvolvidos no LSD, onde uma única placa precisava passar por limpezas, soldas, alinhamentos e colagem dos núcleos, agulhas-fios, etc. Todas as etapas do processo necessitavam de precisões milimétricas, o que leva muito tempo. Segundo, mostra na prática como um laboratório universitário dos anos 1970 era afetado pela oferta de produtos no mercado nacional. Mesmo os itens mais banais, como agulhas, nem sempre estavam disponíveis. Isso não implicava, contudo, na paralisação de um projeto, ou em grandes desvios para que o objetivo fosse enfim alcançado. Quando a equipe do LSD precisou de um aparelho de sucção que vibrasse e fosse capaz de iluminar os núcleos para que ficassem mais visíveis, em vez de aguardarem a compra de um equipamento impor-

tado, optaram pela utilização de itens comuns disponíveis no mercado brasileiro (lâmpadas, aspiradores de pó) somado a recursos simples (pequenas batidas na lateral da matriz para que os núcleos se alinhasssem) para que a construção do artefato fosse viabilizada. Não se trata aqui de afirmar a precariedade das instalações do LSD na década de 1970, mas sim de mostrar que, paralelamente a construção ou compra de equipamentos capazes de facilitar a construção de artefatos de informática, a equipe do Laboratório utilizava os meios disponíveis para fazer os projetos acadêmicos e tecnológicos avançarem. Terceiro, o processo de construção de artefatos passava por etapas tão precisas em escalas tão pequenas que pequenos erros de projeto ou construção levariam horas, ou mesmo dias, para serem encontrados e sanados. No caso da memória, o que aconteceria se um núcleo se quebrasse sem que a pessoa que passasse o fio percebesse? Ou se um núcleo simplesmente caísse? Alguns desses problemas poderiam ser localizados através de uma inspeção visual em um telescópio estereoscópico ou através de um teste de continuidade utilizando um multímetro, que verificava se determinado fio estava conduzindo energia elétrica. Se um único fio se partisse por qualquer motivo, toda uma coluna ou linha ficaria inutilizável. Se um núcleo se quebrasse, aquele endereço específico não poderia ser utilizado. Nenhum artefato foi construído sem que duas ou três falhas fossem identificadas após todo o processo de montagem.

A precisão dos projetos e a fragilidade de determinados componentes tornava necessária a existência de artefatos cujas funções fossem exclusivamente testar e identificar erros que impedissem a utilização dos equipamentos construídos. A categoria que criamos para agrupar dissertações e teses, intitulada *Sistemas de Testes*, discutida anteriormente, mostra que, no intervalo de 1974 e 1985, o LSD construiu quatro sistemas de testes, um justamente para testar as memórias construídas pelo Laboratório. Seria quase impossível, para um avaliador humano sem algum equipamento atuando como intermediário, identificar e localizar a posição de núcleos que não armazenavam informações adequadamente.

O Sistema de Ensaio de Memórias de Núcleo de Ferrite, projetado por Edith Ranzini, atuava como este intermediário necessário para que problemas com o armazenamento dos dados das memórias fossem rapidamente identificados e corrigidos. O sistema, acoplado a um minicomputador HP 2116B, utilizado frequentemente nas teses e dissertações produzidas no LSD, tratava os núcleos da memória como uma matriz cartesiana X-Y, enviando, para cada um dos núcleos, informações por uma interface construída por Ranzini. Em seguida, o Sistema de Ensaio tentava ler as informações e, caso identificasse algum problema, retornava para

a interface ligada ao HP 2116B um erro indicando o tipo de problema localizado e a (s) posição (ões) que precisavam de correção.

Assim como o LSI construía seus próprios artefatos para equipar seus laboratórios e possibilitar que o desenvolvimento tecnológico ali produzido, o mesmo acontecia com o LSD. Através dos projetos de mestrado e doutorado de seus pesquisadores, equipamentos que, outrora, precisariam ser importados e, para tanto, enfrentariam a burocracia da CAPRE ou da SEI, eram desenvolvidos localmente, possibilitando a construção de uma tecnologia local eficiente e capaz de atender as demandas do mercado. As memórias, construídas com fitas adesivas, aspiradores de pó e agulhas, foram incorporadas protótipos que, após uma série de transformações, deram origem a Linha 500 da Cobra Computadores Brasileiros, cujas vendas chegaram ao considerável número de 3.500 unidades em um intervalo de cinco anos⁴¹.

Nem sempre, contudo, um artefato desenvolvido para testes no LSD conseguia ser efetivamente empregado nas atividades cotidianas do Laboratório. Um exemplo foi o Sistema de Desenvolvimento de Projetos com Microprocessadores, projetado por Edith Ranzini, e construído como um substituto nacional e de baixo custo aos kits de avaliação de processadores, comercializados pelos grandes fabricantes de microprocessadores, como a Intel e a Motorola.

Há consenso entre a bibliografia da década de 1970 e 1980 que o microprocessador revolucionaram as aplicações de informática, uma vez que em um único dispositivo se juntaram centenas (posteriormente milhares) de componentes capazes de processar diferentes funções com grandes variedades e possibilidades de uso (LOTUFO, 1981, p. 2). O microprocessador poderia ser usado, além de computadores, em robôs, visto como uma possibilidade real de automação completa de processos (RATTNER, 1983, p. 9). Previa-se, também, a crescente diminuição de custos de produtos eletrônicos, aumentando a necessidade estratégica desta tecnologia para empresas (*idem*, p. 5), possibilitando o emprego massivo de computadores na administração pública (ECHEVARRIA, 1983) e provocando o aumento da “demanda de recursos humanos e tópicos de pesquisa neste campo multidisciplinar que envolve áreas de controle, ‘software’ e ‘hardware’ tanto em técnicas digitais como analógicas” (LOTUFO, 1981, p. 2). Profissionais envolvidos com a Escola Politécnica da USP, como Edith Ranzini e João Antônio Zuffo, afirmavam que, progressivamente, se diminuía as fronteiras entre *hardware* e *software*, provocando mudanças no desenvolvimento de projetos e, consequentemente, nos estudos acadêmicos relacionados com eles.

⁴¹ TIGRE, P. B. Como a América Latina se enquadra na tecnologia? **Ensaio FEE**, Porto Alegre, 10(2): 1989, p. 219.

Ranzini afirmou, em sua tese de doutorado, que engenheiros eletrônicos digitais, que outrora dedicavam-se primordialmente aos problemas relacionados com circuitos digitais, após a popularização dos microprocessadores precisavam ocupar-se com a depuração de *software*. A nova situação representava obstáculos aos projetistas, principalmente aqueles que passaram a utilizar microprocessadores em aplicações implementadas com circuitos integrados SSI e MSI que não possuíam capacidade de processamento. As técnicas até então conhecidas para realização de funções lógicas com memórias do tipo ler-somente, ou os equipamentos de apoio construídos para a programação desse tipo de memória, não eram vistos como ferramentas eficazes para auxiliar a execução dos projetos que incorporassem o microprocessador, pois eram utilizados como recurso para a implementação de circuitos digitais simples que não apresentavam características para o desenvolvimento de *software*.

Do ponto de vista estrito de produção do artefato tecnológico voltado para informática, o computador baseado em microprocessadores, de acordo com Ranzini, envolvia

as mesmas etapas que são seguidas para o projeto e implementação de qualquer minicomputador, com a grande vantagem de já estarem definidos e corretos uma parte substancial do hardware (representada pelo microprocessador e pelos componentes periféricos) e os compiladores das linguagens mais difundidas para o particular microprocessador adotado⁴².

Se, na década de 1970, a produção do hardware de um minicomputador como o Patinho Feio ou G-10 era majoritariamente desenvolvida localmente, os microcomputadores tornaram mais viável a importação de determinados elementos de *hardware*, como os próprios microprocessadores e seus componentes periféricos, de maneira rápida e a custos muito baixos.

Peter Evans é um dos autores que apontam os impactos da utilização dos microprocessadores na política nacional de informática:

Mais do que o advento do míni, foram as características tecnológicas dessa transição juntamente com suas implicações para a organização do mercado que criaram uma oportunidade ainda maior para os [empreendedores] recém-chegados [na produção e venda de computadores nacionais]. Como a tecnologia do microcomputador estava incorporada em chips, as barreiras tecnológicas para a entrada eram, na verdade, bem poucas. (...). Como os microprocessadores eram produzidos por companhias de semicondutores, como Zilos, Intel e Motorola, que não produziam computadores, eles eram encontrados como uma mercadoria comum e não incorporados a produtos de demanda final como tecnologia patenteada (EVANS, 1986, p. 15).

As mudanças ocorridas nas necessidades de pesquisa e desenvolvimento envolvendo os microprocessadores importados, tornava necessário que os laboratórios empenhados com a

⁴² RANZINI, 1981, p. 2.2.

construção da tecnologia de informática no Brasil adquirissem (ou construíssem) equipamentos que permitiam aos projetistas a depuração dos *softwares* que operariam especificamente com determinados microprocessadores. Edith Ranzini concluiu na Poli-USP, em 1981, o desenvolvimento de um sistema que possuía essas características. No mesmo ano, o engenheiro José Alberto Nicolau de Oliveira, que atualmente exerce a função de professor de Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), desenvolveu, na Universidade Federal da Paraíba, um sistema com características muito parecidas⁴³. Também em 1981, o engenheiro Roberto de Alencar Lotufo, professor da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Campinas, apresentou, na mesma universidade, outro sistema com características semelhantes aos outros dois anteriores⁴⁴.

O Sistema de Desenvolvimento projetado por Edith Ranzini respondia, portanto, às dificuldades encontradas em diferentes laboratórios de engenharia do país. Ele foi pensado para atender diretamente às necessidades do LSD, e apresentou-se, inicialmente, como uma solução mais completa do que os kits de avaliação disponíveis internacionalmente. Seu objetivo principal era “apoiar convenientemente as etapas referentes à elaboração e depuração do software, à depuração do hardware e à integração e testes finais do sistema com microprocessadores que está sendo implementado” (RANZINI, 1981, p. 3.5). Como o LSD trabalhava com diferentes processadores, comercializados por diferentes empresas, o Sistema de Desenvolvimento produzido deveria ser flexível e universal o suficiente para que conseguisse testar variados microprocessadores, não limitando, assim, a equipe a um determinado fabricante.

Na avaliação de Edith Ranzini, os kits de avaliação disponíveis no mercado possuíam as seguintes limitações:

- somente aceitam programas em linguagem de máquina;
- não dispõem de dispositivos periféricos eficientes para armazenamento secundário;
- o protótipo que é construído aproveitando-se os recursos de hardware do próprio kit, geralmente, possui uma configuração bem diferente daquela apresentada pelo produto final que está sendo desenvolvido;
- cada protótipo requer um kit de avaliação, o que impõe, para que o mesmo seja reaproveitado num novo desenvolvimento, a necessidade de recolocá-lo em sua configuração inicial (RANZINI, 1981, pps. 2.12 e 2.13).

⁴³ OLIVEIRA, J. A. N. Microsistema de apoio a elaboração de projetos que envolvam microprocessadores. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1981.

⁴⁴ LOTUFO, R. A. Implementação de algoritmos de controle adaptativo em microprocessadores. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia, 1981.

O Sistema de Desenvolvimento foi projetado de forma a superar essas limitações, o que dava a ele certa vantagem tecnológica. Contudo, Ranzini, em entrevista⁴⁵, afirmou que ele nunca chegou, de fato, a ser utilizado. Apesar de aparentemente vantajoso, este sistema não foi importante pelo seu uso. Para Ranzini, sua principal função foi gerar uma *expertise* que permitiu o desenvolvimento de outros artefatos tecnológicos pelo próprio Laboratório.

Lucas Moscato e João Antônio Zuffo afirmaram o mesmo em relação a alguns dos seus projetos. Até o momento, relacionamos a produção tecnológica do LSD e do LSI com equipamentos que foram empregados por instituições públicas e privadas que operavam ou no mercado, prestando serviços, ou na administração pública. Contudo, essa realidade não corresponde a totalidade dos artefatos tecnológicos desenvolvidos pelos pesquisadores em seus projetos de mestrado ou doutorado. No caso do Sistema de Desenvolvimento, a razão para sua *não* utilização nas instalações do LSD foi o tempo que ele demorou para ser concluído.

Por se tratar de um projeto de doutorado, conduzido majoritariamente por uma única pessoa, ou seja, sem uma equipe completa para pesquisa e desenvolvimento, no momento de sua conclusão “já existia coisa melhor”⁴⁶, com simuladores de *softwares* mais completos que, apesar de importados, estavam acessíveis no mercado nacional a custos cada vez mais reduzidos.

Todavia, a função de uma pesquisa acadêmica e da construção de um artefato tecnológico não se dá apenas pelo seu uso cotidiano em outras atividades ou na criação de outros artefatos. A *expertise* citada anteriormente é igualmente importante, pois, apesar de não ser objetivamente mensurável, permite ao profissional adquirir determinadas características e habilidades que são fundamentais para o processo de pesquisa e/ou criação.

O pesquisador Afonso Galvão, especialista em educação, publicou um artigo em equipe onde afirmou que a *expertise* não possui uma definição sistemática que seja compartilhada por diferentes autores. Uma das possíveis definições, que inclusive os autores empregaram em seu trabalho, é o conceito elaborado por French e Sternberg que definiram a *expertise* como a “capacidade, adquirida pela prática, de desempenhar qualitativamente bem uma tarefa particular de um domínio” (FRENCH; STERNBERG, 1989, p. 158 *apud* GALVÃO *et. al*, 2011, p. 1017). Para Galvão *et. al*, essa definição “apresenta três fatores importantes para o tratamento do tema: noção de prática, também entendida como estudo deliberado, qualidade do desempenho e noção de domínio específico” (GALVÃO *et. al*, 2011, p. 1017).

⁴⁵ Entrevista concedida em 28 de agosto de 2018.

⁴⁶ *Idem*.

O *estudo individual deliberado*, primeiros dos fatores que permitem a compreensão da *expertise*, é definido como

uma atividade em que o aprendiz é capaz de controlar e tomar iniciativas do processo, isto é, uma atividade cuja finalidade é a melhoria do desempenho. Neste sentido, tornar-se um *expert* exige o envolvimento do sujeito em atividades praticadas regularmente de modo deliberado, qualitativa e quantitativamente eficientes, por longo prazo. Alguns pesquisadores (...) sugerem que o conhecimento *expert* é consequência de, pelo menos dez anos de estudo deliberado em um domínio específico (*Ibidem*, p. 1017).

A *qualidade do desempenho* é compreendida pelos autores como o desenvolvimento de uma habilidade superior para a resolução de determinados problemas desenvolvida a partir de um referencial socialmente construído pela cultura em que este profissional está inserindo e que influencia a forma como as pessoas envolvidas se dedicam à área de domínio. Por fim, a noção de *domínio específico* é fundamental, pois os autores compreende que a “dedicação a uma área específica leva a compreensão da *expertise* como uma habilidade adquirida por meio da prática” (*Ibidem* p. 1017).

Apesar da subjetividade do conceito de *qualidade do desempenho* proposto por Galvão, que atribui a qualidade à cultura e à superioridade intrínseca ao conhecimento do *expert* para tomada de decisões eficientes, consideramos adequada a definição proposta para *expertise* para a compreensão dos conhecimentos construídos pelo LSD. Acreditamos, contudo, que a *qualidade do desempenho* seria melhor compreendida se, em vez de atribuída à “cultura” em que o profissional está inserido, fosse considerado que a qualidade é o resultado de diversos elementos humanos e não-humanos específicos que, quando agregados, respondem de maneira adequada a determinada situação. Essa distinção faz-se necessária para que a qualidade profissional dos *experts* sejam compreendidas de acordo com as especificidades que estes enfrentam em seu cotidiano de trabalho. Uma solução de qualidade encontrada em um laboratório do MIT, por exemplo, não seria a mesma solução de qualidade encontrada pelo LSD. Em outras palavras, propomos que a *qualidade* seja vista como uma característica local e não universal.

Quando Galvão emprega o conceito de *qualidade* como algo que surge de uma cultura, significa que 02 soluções encontradas por *experts* em diferentes redes sociotécnicas seriam passíveis de serem empregadas em qualquer local, independente dos recursos que estão disponíveis para este profissional. Cláudio Mammama, por exemplo, criticou, no periódico *Dados & Ideias*, a formação que os profissionais em informática recebiam no exterior

as atividades científicas (...) são caracterizadas por uma série de mecanismos e propósitos que as tornam inadequadas para nós, a profunda diferença exis-

tente entre o nosso universo de necessidades e recursos e o existente naqueles países. No entanto, por causa da situação de dependência cultural em que nos encontramos, as atividades científicas aqui desenvolvidas estão infeccionadas por esses mecanismos e propósitos que condicionam, quase institucionalmente, o comportamento de nossos pesquisadores⁴⁷.

Na mesma linha, Bruno Latour, quando explorou a história de João da Cruz, afirmou que os instrumentos que este possuía durante seus estudos na Universidade Católica de Louvain, na Bélgica, não existiam no Brasil, e João da Cruz não conseguiu reproduzir em seu laboratório brasileiro nenhum dos resultados que conseguiu na universidade (LATOURE, 2000, p. 249).

O que os autores indicam é justamente que a ideia de solução de *qualidade* não pode ser compreendida como universal, pois dependerá muito dos recursos que poderão ser mobilizar para que um objetivo seja alcançado. Neste sentido, um *expert* formado em uma grande universidade estrangeira não necessariamente será um *expert* no Brasil, tendo em vista que as redes sociotécnicas disponíveis para a construção de artefatos científicos são distintas. É possível que um engenheiro que possua a habilidade de passar agulhas-fios por núcleos de memória não possua uma habilidade valorizada em outros laboratórios, mas no LSD ela é essencial, pois sem isso não seria possível construir as memórias de núcleo de ferrite. Sugerimos, portanto, que a *expertise* é uma característica local que deve ser compreendida dentro da rede na qual está inserida.

Neste sentido, mesmo que determinados artefatos não sejam empregados no processo de produção dos laboratórios, como foi o caso do Sistema de Desenvolvimento, seu processo de construção gera um determinado tipo de *expertise* que talvez seja mais valiosa do que aquela gerada em outros ambientes, como universidades estrangeiras. O processo de construção de artefatos empregando os mesmos recursos que serão utilizados em construções futuras é em si um trabalho importante, pois prepara o engenheiro para atuar em futuros projetos.

Exploramos nesta seção a criação de dois artefatos tecnológicos, o Sistema de Ensaios de Memórias de Núcleo de Ferrite e o Sistema de Desenvolvimento, sendo o primeiro utilizado cotidianamente no desenvolvimento das atividades do LSD e o segundo responsável pelo desenvolvimento de *expertise*. Ambos agregaram à rede sociotécnica do LSD elementos fundamentais para o desenvolvimento de artefatos futuros, sejam estes elementos materiais ou imateriais.

⁴⁷ MAMMANA, C. Z. O grande equívoco do almejado prestígio científico, **Dados e Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.5, p. 6, 1976.

3.5 A construção do Patinho Feio e a difícil industrialização do G-10: o *death valley* entre indústria e universidade

Conforme afirmamos anteriormente, o G-10 foi um importante minicomputador desenvolvido pelo LSD, cuja influência se refletiu em diversas dissertações e teses apresentadas até o final dos anos 1970. Esses trabalhos frequentemente partiram da descrição do hardware do Patinho Feio e propunham mudanças para o G-10, como por exemplo o trabalho de *Automação de Projetos de Sistemas Digitais – Partição de Circuitos Lógicos*, do engenheiro Nestor de Mattos Cunha Junior, orientada em 1976 pelo Prof. Dr. Antonio Marcos de Aguirra Massola.

Como parte da estruturação da pós-graduação, discutida no capítulo 1, a Escola Politécnica contratou, a partir de 1971, dois especialistas norte-americanos que lecionariam em seus cursos: James Rudolf, da Hewlett-Packard, e Glen Langdon Jr, da IBM. Essas contratações fizeram parte do mesmo movimento apontado por João Antônio Zuffo, discutido por nós no capítulo 2, e que trouxe à Poli profissionais como o professor Richard Louis Anderson, um dos responsáveis pela fundação do Laboratório de Microeletrônica.

No capítulo 1 apontamos a importância do BNDE e da FUNTEC para a consolidação da pós-graduação brasileira. Glen Langdon é um exemplo direto desta atuação, uma vez que sua remuneração não se deu pela Poli, mas sim pela FUNTEC, através do Projeto FUNTEC-109.

Após o término do curso de Langdon no LSD, o mesmo sugeriu que, como projeto de conclusão de curso, os alunos colocassem em prática o que aprenderam e construíssem um protótipo (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 28; CARDOSO, 2003, p. 38). Anteriormente, citamos que os projetos de conclusão de curso da graduação em Engenharia Elétrica na Poli exigia dos estudantes a construção de um artefato que efetivamente funcionasse. Essa informação foi transmitida por Edith Ranzini em entrevista⁴⁸. Ranzini começou a dar aulas nos cursos da Poli enquanto realizava sua pós-graduação e é muito provável que a inspiração em exigir-se um “Projeto de Conclusão de Curso” no lugar de um “Trabalho de Conclusão de Curso” tenha vindo da experiência adquirida com Glen Langdon na pós-graduação.

Assim, em 1971, surgiu a ideia de construir-se, no LSD, o minicomputador que viria a ser batizado de Patinho Feio. Em entrevista concedida a Cytrynowicz e Cytrynowicz, Edith Ranzini afirmou que o Glen Langdon era um professor ortodoxo, que dividiu a turma em grupos que deveriam criar, cada um individualmente, os componentes necessários para o funcio-

⁴⁸ Entrevista concedida em 28 de agosto de 2018.

namento do minicomputador. Os recursos financeiros utilizados para a construção do Patinho Feio foram angariados por Hélio Guerra, então chefe do LSD, e Oswaldo Fadigas, então diretor da Escola Politécnica (1968-1972). De acordo com Ranzini, a maioria dos componentes utilizados foi importada e, devido às especificidades exigidas para a construção das placas de circuitos lógicos⁴⁹, o LSD precisou construir uma estação-piloto para a confecção das mesmas (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 28-30).

De acordo com Cytrynowicz e Cytrynowicz, a divisão dos trabalhos do Patinho Feio foi realizada da seguinte forma:

Edson Fregni ficou envolvido com a unidade de controle de processamento, Célio Ikeda engajou-se na equipe responsável pela confecção da fonte, junto com Victor Mammana de Barros. Edith Ranzini e Paulo Patullo ficaram responsáveis pela memória. Lucas Antonio Moscato, Wilson Ruggiero e Stephan Kovach atuaram na equipe dedicada às interfaces de entrada e saída. O painel frontal foi montado por Antonio Massola e Nelson Zuanella (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 30).

A dissertação de mestrado de Stephan Kovach, orientada em 1975 por Hélio Guerra, mostra a dependência do projeto G-10 para com o Patinho Feio. Kovach participou do processo de construção do sistema de entrada e saída do Patinho Feio, porém sua dissertação intitulada *Projeto de um Sistema de Entrada e Saída de um Minicomputador*, versou sobre o G-10.

Em seu trabalho, Kovach afirmou que um “Sistema de Entrada e Saída, ou Unidade de Entrada e Saída de um minicomputador tem por função formar um elo de comunicação entre o computador e os seus dispositivos periféricos⁵⁰”, ou seja, tratava-se de uma interface que transformava os dados que o usuário introduzia no computador em uma linguagem que fosse compreensível à máquina. Após o processamento da informação, o computador devolvia esses dados ao usuário, sendo novamente o Sistema de Entrada e Saída o responsável por converter a linguagem da máquina em uma linguagem inteligível ao ser humano. Exemplos de dispositivos de entrada e saída eram: “conversores análogo-digitais, digital-analógicos, transdutores, terminais, sistema de alarme, (...) leitoras de cartões, impressoras de papel, dispositivos de fitas de papel, de fitas magnéticas, de discos magnéticos, teletipos, etc”⁵¹.

Em um minicomputador como o G-10, os dados de entrada ou saída eram inseridos de variadas formas. De acordo com Kovach,

pequenas quantidades de dados e programas com poucas instruções podem ser introduzidos (...) diretamente através de chaves situadas no console ou

⁴⁹ Tratavam-se de placas especiais cuja furação era metalizada, ou seja, os furos realizados eram cobertos com cobre dos dois lados para que se passassem a fiação (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 30).

⁵⁰ KOVACH, 1975, p. 2.1.

⁵¹ *Ibidem*, p. 2.1.

painel do minicomputador. Programas maiores são carregados normalmente na memória principal através da utilização de fitas perfuradas ou de cartões perfurados, ou ainda de fitas magnéticas (...) As saídas, ou seja, os resultados, são fornecidos normalmente sob a forma de páginas impressas, ou sob a forma de gráficos x – y (plotter), ou ainda sob a forma visual numa unidade de vídeo (tubo de raios catódicos)⁵².

A forma de funcionamento de uma interface de entrada e saída variava de acordo com o dispositivo ao qual ela estava acoplada. Por exemplo, “a maneira pela qual uma leitora de fita de papel transmite os dados é diferente do modo pelo qual os dados são transmitidos por um teletipo⁵³”. Além desta característica exigir circuitos específicos para diversos dispositivos, ela necessitava, do projetista, o conhecimento prévio acerca dos destinos exatos que o minicomputador teria, pois seria necessário conhecer os dispositivos de entrada e saída com os quais o computador trabalharia. No caso do G-10, durante o seu desenvolvimento, não se sabia ao certo como se daria sua aplicação, gerando problemas a respeito da escolha dos periféricos com os quais o Sistema de Entrada e Saída trabalharia. Somente em 1975, quando a Digibrás assumiu a responsabilidade pela industrialização do G-10 através da Cobra Computadores, foi definido que o G-10 trabalharia com o processamento de pesquisas científicas (DANTAS, 1985, p. 66).

Kovach acabou optando (sem dizer as razões) por configurar seu sistema para atuar com os seguintes periféricos:

- uma leitora de fita de papel, FACIT, com velocidade de 150 caracteres por segundo;
- uma perfuradora de fita de papel, FACIT, com velocidade de 150 caracteres por segundo;
- um teletipo, TTY ASR 33, com velocidade máxima de 10 caracteres por segundo;
- uma leitora de cartões, HP MOD 7261 A, com velocidade de 300 cartões por minuto; (...)
- uma unidade de disco, DIABLO MOD 44, com capacidade de 100 Megabits e velocidade de transferência de 2,5 Megabits por segundo;
- uma impressora rápida de papel, LOGABAX MOD LX180, com velocidade de impressão de 180 caracteres por segundo⁵⁴;

É muito provável que estas escolhas tenham se dado pela disponibilidade destes equipamentos no LSD. Isso significa que, uma vez que o minicomputador fosse empregado com outros periféricos, seria necessário reconfigurá-lo e parte do trabalho de Kovach precisaria ser refeito. Para que isso fosse possível, o LSD contava com um importante intermediário: o sistema de documentação. Todos os artefatos desenvolvidos eram devidamente documenta-

⁵² *Ibidem*, p. 2.3.

⁵³ *Ibidem*, p. 2.5.

⁵⁴ *Ibidem*, p. 10.2.

dos pela equipe do Laboratório, possibilitando assim que outros engenheiros conseguissem compreender os caminhos adotados para a construção e configuração do artefato e alterá-los sempre que necessário e de maneira menos custosa. Kovach considerou os sistemas de documentação do LSD “uma das maiores ferramentas” para a implementação e testes do seu sistema⁵⁵, pois se fosse exigido dele um estudo aprofundado a respeito dos periféricos com os quais estava operando, dificilmente ele teria tido tempo hábil para concluir o seu trabalho.

Conforme vimos anteriormente, Michel Callon (1991) considera textos acadêmicos e manuais técnicos como elementos *intermediários* em uma rede sociotécnica. Em uma mesma rede, é necessária a presença de atores humanos e não-humanos e, entre eles, uma série de *intermediários* que possibilitam suas atuações. O mestrado de Kovach torna possível compreender essa afirmação de maneira mais clara: sem que outros atores deixassem registrado características técnicas e de funcionamento dos dispositivos disponíveis no LSD, ele não seria capaz de concluir a sua pesquisa. Da mesma forma, sua pesquisa auxiliaria outros pesquisadores a implementarem Sistemas de Entrada e Saída em minicomputadores. Sem manuais, teses e dissertações para intermediarem atores no processo de construção de artefatos, essa tarefa seria muito mais árdua. Kovach não seria capaz de saber como a leitora de fita de papel FACIT, por exemplo, funcionava. Sem isso, ele não seria capaz de configurar o sistema de entrada e saída do G-10 e não publicaria sua dissertação. Por sua vez, é justamente a sua dissertação que permitiu a outros engenheiros compreenderem o sistema de entrada e saída do G-10 e atuarem sob ele, produzindo as modificações necessárias. Como veremos adiante, a equipe da PUC-Rio, para desenvolver o *software* do G-10 precisou criar simuladores para o *hardware*, uma vez que este estava em desenvolvimento simultâneo na Poli, em São Paulo. Para que a equipe da PUC pudesse trabalhar, ela necessitava dos manuais, teses e dissertações produzidas pela Poli, sem os quais não conheceria as características técnicas do sistema que receberia o seu *software*.

Evidencia-se também que a construção do G-10 só foi possível devido à *expertise* gerada com a construção do Patinho Feio e de outros artefatos desenvolvidos pelo LSD. Edith Ranzini, que inicialmente ficou responsável pela construção da memória do Patinho Feio, construiu a memória do G-10 e, ainda, desenvolveu em Sistema de Ensaios para memórias de núcleo de ferrite. Ressalta-se, contudo, que a memória do Patinho Feio não foi a desenvolvida por Ranzini em tempo hábil para a inauguração do mesmo, e o Patinho Feio acabou recebendo uma memória Philips (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 31). Contudo, a ex-

⁵⁵ *Ibidem*, p. 10.1.

periência de Ranzini com memórias começou neste projeto. De acordo com Vera Dantas, Ranzini recebeu autorização de duas multinacionais, a Burroughs e Siemens, para acompanhar o processo de produção de memórias em suas fábricas brasileiras (DANTAS, 1985, p. 31). No capítulo 2, descrevemos, através do relato de João Antônio Zuffo, o processo de fabricação de memórias que a Burroughs empregava em sua fábrica de Santo Amaro. A descrição de Zuffo é muito semelhante àquela realizada por Ranzini em sua dissertação de mestrado e a presença da Burroughs na rede sociotécnica do LSD ajuda a compreender essa afirmação.

Vera Dantas pontuou que, enquanto o LSD trabalhava na produção de seu minicomputador, a equipe recebeu a informação de que a Marinha selecionaria uma universidade ou centro de pesquisas brasileiro para produzir um minicomputador nacional, conforme veremos adiante. Naquele momento, as principais candidatas para a realização das atividades eram a PUC-Rio e a Unicamp, sendo que o computador desenvolvido pela última era chamado de Cisne Branco, nome dado em alusão à Marinha. Como uma gozação à Unicamp, o LSD apelidou o seu minicomputador de Patinho Feio, aquele que um dia se transformaria em cisne (*Ibidem*, p. 31-32).

Quando o Patinho Feio foi finalizado, ele possuía

450 pastilhas de circuitos integrados, com cerca de 3 mil blocos lógicos, distribuídos em 45 placas de circuito impresso e 5 mil pinos interligados segundo a técnica wire-wrap. A memória principal (núcleos de ferrite) tinha capacidade para 4096 palavras de 8 bits, 55 instruções (II com acesso à memória), que comandavam a máquina, cujo ciclo é de 2 micro-segundos (2 milhõesimos de segundo). O computador tinha leitora e perfuradora de fita de papel, teletipo, impressora de linhas e perfuradora de cartões (CYTRYNOWICZ; CYTRYNOWICZ, 2011, p. 31).

Esse minicomputador, inaugurado em 1972, conforme afirmamos na seção 3.1, atendida às necessidades da Marinha. No capítulo 1, citamos o projeto FUNTEC-111 sem nos termos muito a ele. A chamada da Marinha, cuja veiculação foi a responsável pelo apelido do Patinho Feio, foi resultado justamente do FUNTEC-111. Por sua vez, o projeto surgiu de um Grupo de Trabalho Especial (GTE) constituído através do decreto nº 68.267 de 18 de fevereiro de 1971 cujo objetivo era “o projetamento, desenvolvimento e construção de protótipo de computador eletrônico para operações navais” (HELENA, 1980, p. 79).

De acordo com Silvia Helena, no final dos anos 1960 a Marinha renovava suas frotas com seis novas fragatas equipadas com sistemas operacionais eletrônicos e buscava um fornecedor que se comprometesse a ter no país serviço de manutenção e atividade industrial. Além de garantir o funcionamento de seus sistemas navais, para a autora, a Marinha tinha como ob-

jetivo questões como a segurança nacional, mostrando-se, ainda, alinhada com as ideias do I PND, no tocante a fabricação de um computador nacional que se constituísse como o embrião da autonomia tecnológica do país no setor (*Ibidem*, p. 79). Vera Dantas, por sua vez, creditou ao capitão de fragatas José Luís dos Guaranys Rego a iniciativa de procurar o BNDE para conseguir um parceiro que viabilizasse a construção de um computador para o controle das fragatas. Para Dantas, Guaranys se preocupava com o possível controle via tecnologia que a Inglaterra exerceria nos navios de guerra brasileiros e achava impensável que o país não dominasse a tecnologia de computadores (DANTAS, 1985, p. 24).

Apesar de não existir tempo viável para o desenvolvimento de computadores capazes de controlar as fragatas no momento em que elas chegassem ao Brasil, a ideia da Marinha e de Guaranys era, pelo menos, criar os meios para que fosse possível à Marinha capacitar-se para cuidar da manutenção de seus equipamentos e, no futuro, fabricá-los ou, pelo menos, conseguir melhores condições em negociações de fornecimento, manutenção e suprimentos de reposição (DANTAS, 1985, p. 24).

Das discussões promovidas pelo GTE, surgiu o contrato assinado em 24 de julho de 1972 entre a FDTE e uma empresa nacional privada chamada EE Eletrônicos para a fabricação, em dois anos, de um minicomputador nacional (HELENA, 1980, p. 82)⁵⁶. O nome G-10 foi dado ao minicomputador por Lucas Moscato⁵⁷, sendo o “G”, uma homenagem a Guaranys, que morrera no dia 21 de setembro de 1973 (DANTAS, 1985, p. 49). Caberia à FDTE e ao LSD a construção do *hardware* do minicomputador. A PUC-Rio, outra universidade contratada para o seu desenvolvimento, foi incumbida de desenvolver o seu *software*.

O G-10 pode ser considerado um minicomputador academicamente bem-sucedido cujas dificuldades de industrialização são um bom exemplo do “*death valley*”, o vale da morte, existente entre o protótipo desenvolvido na universidade e aquele que seria industrializado, ideia que exploramos no capítulo 2. Diferentemente de outros produtos, porém, o G-10 aparentava ser, nos anos 1970, um exemplo de sucesso da tecnologia nacional de informática e, portanto, sua industrialização não poderia ser abandonada. Em diversas fontes consultadas, principalmente na revista *Dados & Ideias*, o G-10 figurou sempre como um dos exemplos da capacidade brasileira de atender a demanda de informática. Vera Dantas considerou o minicomputador como o “orgulho da tecnologia nacional”, quando este foi apresentado no IX

⁵⁶ Embora a EE Eletrônica tenha sido a empresa responsável por assinar o contrato com a FDTE, após a conclusão do G-10 a estatal Digibrás, através da portaria nº 70 assumiu, em 1975, a responsabilidade de industrialização do minicomputador através da Cobra Computadores SA. Pela portaria, o G-10 seria destinado o uso em pesquisas científicas (DANTAS, 1985, p. 66).

⁵⁷ Informação obtida da entrevista com Lucas Moscato, realizada em 05 de setembro de 2018.

Congresso Nacional de Processamento de Dados, realizado no Hotel Nacional, Rio de Janeiro (DANTAS, 1985, p. 72). Como a industrialização do G-10 não poderia ser abandonada, a rede sociotécnica envolvida com a política nacional de informática, tendo a CAPRE como ponto de passagem, precisou mobilizar diversos atores para que este projeto pudesse chegar ao mercado.

Não por acaso, o G-10, foi um projeto nacional que possuiu bastante visibilidade no periódico *Dados & Ideias*. Na primeira edição de 1976 da revista, a reportagem *A difícil afirmação do G-10, o computador nacional*⁵⁸ previa que o computador seria industrializado pela Cobra Computadores em 1977, quatro anos após o início de seu projeto na Poli. No momento da publicação deste artigo, ou seja, em 1976, o computador possuía o porte de um PDP-11/30-40 e o seu primeiro protótipo funcionava na PUC-Rio desde 1975. Além disso, a FDTE/LSD produziam, naquele momento, outros dois protótipos⁵⁹. Apesar do *software* comercial do G-10 encontrar-se “quase na estaca zero”⁶⁰, em 1976 não havia grandes problemas com o *hardware* em produção na Poli-USP. Se, no momento em que Kovach desenvolvia o sistema de entrada e saída do G-10 ainda não havia um destino certo para o minicomputador, de acordo com os planos esboçados em 1976 para sua industrialização, ele seria direcionado para uso científicos, ajudando em serviços ligados à engenharia, pesquisa operacional, cálculos estatísticos, simulação matemática, estudos econômico-financeiros, projetos e orçamentos⁶¹. Apesar do otimismo expresso em *Dados & Ideias*, Silvia Helena apontou, contudo, que existia, em 1976, sérios questionamentos a respeito da possibilidade de industrialização do G-10. O projeto já havia custado mais de Cr\$ 40 milhões, o equivalente a R\$ 20.513.782,53 em valores atualizados para 2019⁶², e questionava-se os valores que seriam ainda necessários para que a industrialização de fato ocorresse (HELENA, 1980, p. 91). Conforme vimos, naquele momento, do G-10, só existia o *hardware* projetado pela FDTE/LSD, uma vez que a PUC-Rio encontrava grandes dificuldades para a produção de seu *software*.

A questão do *software* é explorada na edição n.3, do v. 3, de *Dados & Ideias*. Logo que a PUC-Rio começou a atuar em seu desenvolvimento, de acordo com a revista, diversas técnicas de programação não eram dominadas no país, o que obrigou os pesquisadores da uni-

⁵⁸ A difícil consolidação do G-10, o computador nacional. **Dados e Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.4, p. 35-36, 1976.

⁵⁹ Dados e Ideias, v.3 n.3, dez./jan. 1977/78, p. 45.

⁶⁰ Dados e Ideias, v.1 n.4, fev./mar. 1976, p. 35.

⁶¹ Dados e Ideias, v.1 n.4, fev./mar. 1976, p. 35.

⁶² De acordo com os dados corrigidos pelo índice IPC-SP (FIPE) obtidos no site do Banco Central do Brasil. BCB – Calculadora do cidadão <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=1>>. Acesso em 30 de julho de 2019.

versidade a aprenderem a tecnologia ao mesmo tempo que produziam produtos confiáveis. Na época, a equipe não detinha todo o conhecimento necessário e a maioria do material utilizado para consulta era produzido pelas universidades norte-americanas, o que, de acordo com a revista, não coincidia com o estágio do desenvolvimento tecnológico brasileiro. Conforme afirmamos anteriormente, a formação de técnicos e engenheiros em universidades que possuíam equipamentos e condições diferentes das brasileiras nem sempre conseguiam formar profissionais adequados à realidade nacional. O mesmo vale para os textos técnicos, os intermediários que, para Callon, possibilitam a ação humana (engenheiros da PUC-Rio) sob os não-humanos (protótipo do G-10 a ser programado), ou vice-versa. Da mesma forma que a *expertise* gerada em outra rede sociotécnica pode não responder adequadamente a determinadas questões, os intermediários importados de outras redes necessitam de esforços adicionais, como a realização de algumas adaptações, para que conseguissem exercer suas funções. Nestes casos, intermediários precisam de uma nova *tradução*. Apesar do Laboratório da PUC-Rio possuir diversos elementos importantes para a produção de *softwares*, ainda faltava a ela compiladores que estavam disponíveis em outras partes do mundo, muitos dos quais protegidos por leis de propriedade intelectual. Como esta rede não era do tipo *fortemente co-ordenada*, como afirmou Callon (1991), ou seja, não possuía determinados intermediários que possibilitassem a realização da programação, o trabalho desenvolvido pela equipe de engenheiros da PUC-Rio era dificultado.

De fato, a equipe de programadores começou a desenvolver o *software* do G-10 antes mesmo do *hardware* ser concluído pela FDTE/LSD. Na prática, de acordo com *Dados & Ideias*, esse foi um dos principais problemas encontrados pela equipe de programação, que precisou criar dois simuladores do G-10 que funcionavam em um IBM 370/165 localizado no Rio Datacentro (RDC) da PUC. Para programas que utilizavam a entrada e saída do G-10, com acesso aos canais e interrupções (como o sistema operacional de disco), os técnicos e engenheiros desenvolveram outro emulador chamado de simulador estendido que, apesar de mais lento, possibilitou simular processos paralelos e testar e otimizar programas⁶³. É importante ressaltar que sem os trabalhos de pós-graduação desenvolvidos pela equipe do LSD, bem como os manuais e sistemas de descrição apontados por Kovach, a tarefa de construção de simuladores não seria possível, ou seria muito dificultada. Conforme afirmou Callon, para que ação possa ocorrer, é necessária a circulação de intermediários (CALLON, 1991, p. 140).

⁶³ Dados e Ideias, v.3 n.3, dez./jan. 1977/78, p. 45.

Às dificuldades de industrialização do G-10 somava-se as críticas ao projeto, apontadas pela revista *Dados & Ideias*: alguns grupos fora da USP e da PUC, que o autor do artigo não especificou, afirmavam que o G-10 não era suficientemente testado e que seu software não era competitivo⁶⁴. É muito provável que a questão da competitividade do *software* (que, vale ressaltar, nem ao menos estava concluído) diz respeito à oferta no mercado de programas disponíveis para a realização de atividades. Não por acaso, a equipe da PUC-Rio buscava desenvolver um sistema operacional a disco capaz de ampliar a capacidade do produto ao mesmo tempo em que produzia um programa capaz de fazer o G-10 trabalhar com a linguagem Basic (inicialmente o *software* desenvolvido pela PUC permitia a operação em Assembler e Fortran IV)⁶⁵, quesito quase obrigatório para um computador entrar no mercado de máquinas voltadas ao ensino⁶⁶.

Assim como observado nas entrevistas realizadas, *Dados & Ideias* indicou que não era apenas o uso comercial do G-10 que era relevante para a tecnologia nacional. Para a revista, a vantagem maior oriunda de sua criação estava no desenvolvimento e fixação da tecnologia de eletrônica digital no Brasil. O *know-how* (a *expertise* acadêmica) adquirido no processo capacitava técnicos e engenheiros nacionais a trabalhar em arquitetura de computadores, fabricação de circuitos impressos, técnicas de empacotamento, além de software básico⁶⁷.

Na edição de março e abril de 1976, ainda em meio às dificuldades de industrialização do G-10, *Dados & Ideias* trouxe a informação de que a CAPRE havia encomendado cinco unidades do equipamento, enquanto o CNPq solicitou quatro para atender a área universitária. O periódico afirmou que, na prática, essas encomendas significaram a garantia dos recursos para que o projeto pudesse continuar⁶⁸. A CAPRE, uma das principais interessadas no sucesso

⁶⁴ Dados e Ideias, v.1 n.4, fev./mar. 1976, p. 35.

⁶⁵ Os hardwares dos computadores eletrônicos realizam todas as suas funções a partir de instruções realizadas no sistema de numeração binária (0 e 1, onde o 1 permite a passagem da corrente elétrica e o 0 não permite). Nos primeiros tempos da computação, os programas eram carregados nos computadores diretamente através de códigos de máquinas formados por enormes sequências de zeros e uns. Esses programas eram extremamente difíceis de editar e quase impossíveis de serem compreendidos depois de prontos, fazendo com que a comunidade computacional desenvolvesse um sistema de notação simbólica capaz de substituir os códigos de máquinas e, consequentemente, tornar os programas (softwares) mais fáceis de serem escritos. Assim surgiu o *assembling*, sistema onde a programação era “escrita” manualmente em painéis, através de um emaranhado de fios e plugs, que foi posteriormente conhecido como *linguagem de baixo nível*. A busca de novas linguagens que permitissem aos programadores escreverem seus programas de forma análoga as ideias elaboradas em suas mentes, levou ao desenvolvimento das *linguagens de alto nível*, códigos automáticos que facilitavam a programação, como o Fortran (FONSECA FILHO, C. *História da computação [recurso eletrônico]: O Caminho do Pensamento e da Tecnologia*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007, pp. 111, 112, 117). A escolha da linguagem de programação com a qual o G-10 trabalharia o colocaria, portanto, dentro de determinados padrões de produção de software que determinariam as funcionalidades que o computador poderia ter no meio acadêmico e comercial.

⁶⁶ Dados e Ideias, v.1 n.4, fev./mar. 1976, p. 36.

⁶⁷ *Idem*.

⁶⁸ Dados e Ideias, v.1 n.5, abr./mai. 1976, p. 36.

do computador nacional, lutava para viabilizá-lo. O mesmo valia para o CNPq, através de seu presidente José Dion de Melo Teles, ligado ao Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) e seu vice-presidente, José Pelúcio⁶⁹, que em 1968 era o chefe do Núcleo de Programas Especiais do BNDE, e aquele que primeiro conversou com capitão-de-fragata José Luís dos Guaranys Rego que surgiu em sua sala a procura de recursos para a construção de um computador para uso militar para a marinha (DANTAS, 1988). Foi justamente Pelúcio quem conseguiu o financiamento para o projeto que daria origem ao G-10 e que agora estava em vias de se concretizar⁷⁰. No momento em que o projeto estava quase concluído, é emblemático que o G-10 tenha recebido as primeiras encomendas de órgãos ligados aos atores que buscavam a autonomia tecnológica nacional. Com as encomendas realizadas, a CAPRE e o CNPq mostravam ao público que era possível confiar nos computadores nacionais ao mesmo tempo em que garantiam recursos para que os protótipos desenvolvidos até então fossem aprimorados. Além disso, estabeleciam as bases industriais que garantiriam a produção em massa do equipamento.

De acordo com Vera Dantas, a Cobra, que seria a empresa responsável pela industrialização do G-10 (ver nota 56), através do seu diretor-técnico Deocleciano Pegado, e Fábio Ceschin Ferreira, gerente de Desenvolvimento de hardware, procurou Ricardo Saur, então secretário-executivo da CAPRE, para informá-lo das dificuldades encontradas na industrialização do G-10. O encontro teria ocorrido no hotel onde todos estavam hospedados por ocasião do VII Secomu (Seminário de Computação na Universidade), que acontecia em Florianópolis (SC) em 1977. Presentes, estavam representantes de diversas universidades brasileiras.

Dantas afirmou que

para as dificuldades técnicas que Pegado ia apresentando, todos [os presentes na reunião], sem exceção, propunham algum tipo de solução. Ninguém admitia a hipótese de interromper o trabalho, jogar fora todo o investimento feito até então. Foi uma dura disputa, que só terminou quando o todopoderoso secretário-executivo da CAPRE usou um argumento definitivo: ou a Cobra continua o projeto ou, então...

⁶⁹ Embora existissem conflitos entre José Dion de Melo Teves e José Pulúcio, como apontou, entre outros, Vera Dantas (1985), de acordo com informações retiradas do Centro de Memória do CNPq, Melo Teves foi presidente do CNPq entre o período de 1975 e 1979 e teve como seu vice José Pelúcio Pereira de 1976 a 1978. CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. Centro de Memória. Dirigentes de 1977. Disponível em <<http://centrodememoria.cnpq.br/Dirigente77.html>>. Acesso em 31 de julho de 2019.

⁷⁰ A atuação de Pelúcio e Guaranys para a viabilização do projeto que ficaria conhecido como G-10 encontra-se no Capítulo 2 (O Gordo e o Magro) do livro de Vera Dantas. DANTAS, V. *A guerrilha tecnológica: a verdadeira história da política nacional de informática*. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos, 1988.

teria problemas com as suas guias de importação (DANTAS, 1985, p. 133).

A pressão exercida por Saur resultou em uma nova tentativa da Cobra em industrializar o G-10. De acordo com Vera Dantas, José Rubens Dória Porto e Sílvio Paciornick, ambos pesquisadores do Instituto de Física da USP que realizaram atividades no LSI, conforme vimos no capítulo 2⁷¹. Dantas afirmou que o projeto inicial do G-10 foi modificado tão profundamente que foi rebatizado de G-11. Posteriormente, após diversas críticas, o G-11 deu origem a Linha 500 da Cobra, apresentada em 1980 na Feira da Sucesu (Associação dos Usuários de Informática e Telecomunicações) (DANTAS, 1985, p. 148).

Contudo, antes da intervenção de Dória Porto e Paciornick apontada por Vera Dantas, aconteceram outras tentativas de industrialização do G-10 empreendidas por engenheiros da FDTE. Em novembro de 1975, logo que a Digibrás assumiu a responsabilidade pela industrialização do minicomputador, o Projeto-15 da FTDE, chamado “Assessoramento para produção industrial do G-10”, foi assinado. A coordenação coube a Antonio Hélio Guerra Vieira. O projeto durou 28 meses e foi descrito como

Transferência tecnológica relacionada ao computador G-10 desenvolvido (...), já em versão industrializável, à empresa Cobra, licenciada da Marinha para a produção industrial da máquina. Paralelamente, novos desenvolvimentos foram feitos, como o de memórias a semicondutor⁷².

Anteriormente, afirmamos que o G-10 foi um minicomputador que foi bem-sucedido do ponto de vista acadêmico. Seu processo de produção foi responsável por diversas teses e dissertações e contribuiu para desenvolvimento da *expertise* de engenheiros que nele trabalharam. O levantamento que fizemos a respeito da produção acadêmica do LSD mostrou sua relevância em relação aos assuntos abordados em teses e dissertações.

Seu processo de industrialização, por outro lado, foi lento e cheio de dificuldades, com a Cobra considerando a ideia de simplesmente desistir do projeto. De fato, se não fosse o peso da CAPRE na rede sociotécnica em prol do desenvolvimento tecnológico nacional, é muito provável que o G-10 nunca chegasse ao mercado nacional. O projeto da FDTE/LSD iniciou-se em 1973. Em 1975, foram promovidas algumas atualizações no projeto inicial, como a substituição de memórias de núcleo de ferrite por memórias a semicondutores. Em 1976, a PUC-Rio já possuía um protótipo do G-10 para a criação de seu *software* e, além da-

⁷¹ Dória Porto orientou diversas teses e dissertações na Poli, além de participar do II Projeto de Subsistemas do LSI; Paciornick, por sua vez, também foi um dos cientistas envolvidos com o II Projeto de Subsistemas.

⁷² ZUANELLA, N. Descrição dos projetos da FTDE. IN **FDTE 43 anos: integrando universidade, empresa e sociedade**. São Paulo: Narrativa Um, 2015. CD-ROM.

quele em operação no próprio LSD, outros dois eram produzidos. O Projeto 015, desenvolvido pela FDTE para industrializar o G-10 através da Cobra terminou em 1977, mesmo ano em que Pegado e Ferreira comunicaram Saur a respeito das dificuldades em industrializá-lo. É possível afirmar, portanto, que mesmo os trabalhos realizados pela FDTE, fundação responsável pela sua construção, não foram suficientes para adequar o G-10 à produção industrial. Mesmo a reformulação do projeto, originando o G-11, pelas mãos de Dória Porto e Paciornick não solucionaram a questão.

Concluimos essa subseção retomando as reflexões de João Antônio Zuffo no capítulo 2 a respeito da diferença entre a produção acadêmica e a produção industrial, exemplificando-a agora com o caso do G-10. Silvia Helena afirmou que foram gastos cerca de Cr\$ 400 milhões (R\$ 20.513.782,53 em valores atualizados) para a produção de dois protótipos do G-10 (HELENA, 1980, p. 91). Grosso modo, em 1976, o valor de cada protótipo do minicomputador seria o de Cr\$ 200 milhões (R\$ 10.256.891,265).

A revista *Dados & Ideias* buscou, no mesmo ano, fazer uma estimativa do preço comercial do G-10. De acordo com a revista, a equação para elaboração do valor era complexa, pois precisava levar em conta diversos fatores: custo de material, de mão-de-obra direta, de desenvolvimento, de comercialização, de administração, além da rentabilização do investimento. Com a proteção da reserva de mercado, a Cobra poderia fixar o preço real da produção, incluindo os elevados custos de seu desenvolvimento. Ou seja, não seria necessário que a Cobra absorvesse parte dos custos com o intuito de promover as vendas dos equipamentos. Como o mercado estava reservado da concorrência estrangeira, havia a possibilidade do valor ser inteiramente repassado ao consumidor. Nestas condições, o custo previsto para uma configuração básica de 64 K bytes, disco removível de 10 M bytes, leitora de cartões de 80 colunas com capacidade para 300 cartões por minuto, impressora de mil linhas por minuto, console, sistema operacional em disco e software básico, era de Cr\$ 800 mil (R\$ 410.275,65 em valores atualizados para 2019), semelhante aos similares estrangeiros. No caso de *leasing* em cinco anos, o valor estimado do aluguel seria de Cr\$ 18 mil (R\$ 9.231,20) por mês com um valor residual de Cr\$ 40 mil (R\$ 20.513,78)⁷³.

É necessário frisar que os valores trazidos por *Dados & Ideias* são estimativas. Como o G-10 não chegou a ser comercializado em 1977, como previu a revista, tratam-se de números que não podem ser confirmados. Contudo, eles servem para nos fornecer uma base para os custos que um computador baseado em tecnologia nacional deveria ter no mercado. Se levar-

⁷³ Dados e Ideias, v.1 n.4, fev./mar. 1976, p. 36.

mos em conta apenas o valor estimado para a venda, ou seja, Cr\$ 800 mil, este número representaria cerca de 0,4% daquele investido para a produção de apenas um protótipo (Cr\$ 200 milhões).

A FDTE produziu diversas soluções em informática para a iniciativa privada e para a administração pública. Os projetos realizados para o Metrô, para a Fepasa, para Fundação Tupy, etc, que citamos anteriormente, foram suficientemente bem-sucedidos para que a Fundação conseguisse cada vez mais projetos que envolvessem a tecnologia em informática. Através dos projetos desenvolvidos pela FDTE e que foram aqui analisados, podemos concluir que, do ponto de vista acadêmico, os contratos estabelecidos com instituições externas à universidade lograram diversas pesquisas de pós-graduação e geraram a *expertise* necessária para a condução da política nacional de informática. Do ponto de vista das instituições que procuraram a universidade para o desenvolvimento de artefatos que não podiam ser importados devido à reserva de mercado, os resultados foram igualmente positivos: a Fundação Tupy construiu o seu centro de pesquisa, o Metrô passou a contar com uma equipe nacional para suas análises de segurança e a Fepasa foi capaz de controlar seus trens suburbanos. O desafio maior foi o da industrialização das soluções produzidas na universidade. O G-10 só chegou, de fato, ao consumidor final através de diversas traduções que resultaram na linha Cobra 500 devido à forte pressão exercida pela CAPRE. Sem este ponto de passagem obrigatório para a política nacional de informática, o G-10 seria apenas mais um caso que cairia no *death valley* existente entre a produção acadêmica e a industrial.

Não há consenso, contudo, acerca das razões para as dificuldades de efetivação de uma política nacional de informática de longo prazo capaz de atender de fato as necessidades do mercado. O *death valley* apontado por Lucas Moscato e João Antônio Zuffo é apenas uma das possíveis explicações para a não existência *hoje* de uma indústria nacional, assunto que será discutido na próxima seção.

3.6 À guisa de conclusão: sucessos ou fracassos da política nacional de informática

Conforme discutimos ao longo desta dissertação, as políticas para ciência e tecnologia brasileiras somadas à política nacional de informática abriram caminho para que iniciativas nacionais produzissem equipamentos que respondiam, de alguma forma, às necessidades enfrentadas pelo país. No caso do LSI, através de instituições de fomento à pesquisa, principalmente da FINEP, em um período de pouco mais de dez anos, o Laboratório deixou de fabricar circuitos de baixa integração e passou a dispor de equipamentos, muitos dos quais cons-

truídos pela própria equipe que possuía, capazes de produzir circuitos de integração muito larga. No caso do LSD, o arranjo institucional encontrado para garantir a inovação tecnológica foi a criação da FDTE. Ambos os casos lograram resultados positivos, tanto para a universidade quanto para a instituição pública ou privada com as quais determinados contratos foram estabelecidos, embora projetos voltados para a industrialização em larga escala, como o G-10, encontraram problemas cujas equipes da Poli não foram capazes de lidar inteiramente.

Olhando em retrospectiva, porém, a política nacional de informática não foi capaz de desenvolver a indústria de computadores que os técnicos da CAPRE inicialmente idealizaram. Existem algumas explicações para a aparente falta de sucesso industrial.

Peter Evans comparou, em seu livro *Embedded Autonomy*, o desenvolvimento tecnológico dos anos 1970 estimulados pelas políticas públicas de diversos países em desenvolvimento, dentre eles o Brasil. O autor parte do pressuposto de que, em momentos de transformação de uma economia nacional, o Estado sempre esteve envolvido diretamente com a economia, porém não necessariamente da mesma maneira. A tese central de Evans é a necessidade de existência de laços sociais que unem o Estado à sociedade, gerando a institucionalização de canais para uma contínua negociação e renegociação de objetivos e políticas sociais. Essas ligações são chamadas pelo autor de *embedded*, termo que pode ser traduzido como *integrado*. Além disso, para que as políticas e objetivos comuns à sociedade sejam alcançados, é necessária a existência de uma certa *autonomia* por parte do Estado e de seus diferentes setores que, atuando de maneira descentralizada, são capazes de rapidamente tomar decisões e encaminhar ações coletivas para um mesmo fim. Para Evans, apenas a *autonomia integrada* (“*Embedded Autonomy*”, título do seu livro) seria capaz de promover uma base estrutural subjacente para o envolvimento bem-sucedido do Estado em prol de uma transformação industrial (EVANS, 1995, p. 12).

Essa premissa básica é construída a partir da análise das políticas em prol do desenvolvimento industrial, praticadas por países como o Japão, a Coreia do Sul, a Índia e o Brasil. A partir daí, o autor discrimina diversas maneiras de intervenção estatal na economia, como as regulamentações por custódia (*custodial*), pelos modelos da parteira (*midwife*), criação (*husbandry*) e demiúrgico (*demiurge*) (EVANS, 1995, p. 13-14), modelos que abordaremos de maneira reduzida em notas de rodapé quando necessário para a análise que propomos.

A partir dessa pequena apresentação do trabalho de Evans conseguiremos compreender melhor as razões dadas pelo autor para a indústria nacional de informática não ter deslançado. Em primeiro lugar, para que um determinado setor se desenvolva, o apoio e a partici-

pação dos empresários são vistos como mais eficientes do que o apoio de empresas estatais criadas para atender as novas necessidades geradas⁷⁴. Evans afirmou que o Brasil investiu mais na criação de estatais do que na promoção de condições que visassem a emergência de novos grupos de empresários ou na condução dos grupos já existentes para a indústria de informática⁷⁵.

No caso desta indústria em específico, a única estatal que atuou diretamente sobre ela foi a Cobra Computadores e Sistemas Brasileiros Ltda, fundada em 1974 por três empresas: a EE Eletrônica, a Ferranti (companhia inglesa fabricante de computadores) e a Digibrás (estatal para fomento da indústria eletrônica no Brasil), cada qual contando formalmente com um terço da companhia. Inicialmente, os objetivos da Cobra eram fabricar no Brasil o computador Argus 700 da Ferranti, além de “elaborar estudos de mercado, atender às necessidades da Marinha⁷⁶ e treinar os técnicos brasileiros, através de acordo de assistência técnica com a Ferranti” (HELENA, 1984, p. 16). Contudo, ela não era a única empresa existente no país envolvida com a produção de computadores, tendo em vista o processo de concorrência dos minicomputadores discutido anteriormente. Em 1977, além da Cobra, existiam cinco empresas que concorriam umas com as outras pelo mercado nacional de minicomputadores. Além disso, mesmo se tratando de uma empresa pública, a Cobra lutava para sobreviver assim como todas as outras. As tentativas de industrialização do G-10 promovidas pela Dibrás e discutidas na seção anterior são exemplos desta luta.

No caso dos minicomputadores, a Cobra foi a única empresa nacional que, pressionada pela CAPRE, desenvolveu uma tecnologia genuinamente nacional, enquanto as outras, para atender rapidamente à demanda, empregavam tecnologias estrangeiras. O peso dado à Cobra por Evans nos parece, portanto, um pouco exagerado, uma vez que a companhia disputava o mercado nacional com outras empresas, sendo talvez sua principal característica a de ser instrumento de inovação tecnológica mais sujeito às pressões por parte de setores do governo, o que talvez não se constituísse como uma vantagem.

Sobre a Cobra, Evans conclui que esta deveria ser apenas um projeto de demonstração capaz de atrair parceiros privados para a indústria brasileira e não competir com as firmas locais pela venda de *hardware*. Ao fazer isso, o governo brasileiro demonstrou sua preferência pelo modelo demiúrgico explorado pelo autor, assinalando sua falta de confiança na iniciativa

⁷⁴ Evans dá o nome de *demiúrgico* ao modelo em que o Estado cria empresas estatais para atender às demandas do mercado (EVANS, 1995, p. 14).

⁷⁵ O incentivo aos surgimento ou transformação de grupos de empreendedores é chamado por Evans de modelo da parteira.

⁷⁶ O atendimento à Marinha está relacionado ao FUNTEC 111 discutido no capítulo 1 dessa dissertação.

privada e falta de vontade em negociar com o capital privado um projeto comum de transformação (*Ibidem*, p. 129).

Em entrevista, o professor de mecatrônica da Poli Lucas Moscato, responsável por diversos projetos desenvolvidos pela universidade, entre eles o G-10, faz um discurso que inverte a concepção de Evans a respeito da “falta de confiança” do Estado para com o capital privado. Para Moscato, é justamente o oposto que acontece:

Estado brasileiro, ao meu ver, [...] procurou privilegiar a atividade que acontecia aqui [na Escola Politécnica]. Quem acho que falhou, mais do que o Estado, foi a área empresarial. A área empresarial brasileira [...] sempre reclamava dizendo que as universidades estavam distantes da tecnologia que eles queriam. Mas eles também nunca quiseram apoiar essa tecnologia. Eles nunca acharam que iam ter benefícios. [...] Então, ao meu ver, naquele momento o Estado brasileiro tinha [...] ideia, ele tentou implementar, ele implementou com sucesso. Mas isso depois acabou. Acabou porque os empresários não deram o apoio que precisavam dar, que era acreditar que essa realidade tinha futuro, que essa realidade precisava prevalecer⁷⁷.

Ivan da Costa Marques (2003), por sua vez, assinalou a ausência inicial de empresários no que chamou de coletivo técnica e politicamente agenciador, citado anteriormente. A partir dos anos 1970, para o autor, se difundiu nesta comunidade a ideia de que o “Brasil deveria fazer um investimento estratégico para superar a dependência tecnológica” (MARQUES, 2003, p. 666). Foi justamente desta concepção inicial que os empresários ficaram ausentes.

Portanto, para Evans, faltou confiança do Estado no setor empresarial, para Moscato faltou confiança do setor empresarial na capacidade das universidades públicas que produziam tecnologia e para Marques os empresários, independente de suas razões, não se envolveram (pelo menos nos anos 1970) nos debates acerca do desenvolvimento tecnológico nacional. Em todos os casos, é possível constatar que faltou diálogos entre poder público e iniciativa privada para a construção de um projeto comum em prol do desenvolvimento tecnológico nacional.

De acordo com Peter Evans, um outro fator importante para a compreensão das razões pelas quais a política nacional de informática não se desenvolveu da maneira desejada pelos seus atores foi o grupo que ocupava as estruturas burocráticas brasileiras responsáveis pelas tomadas de decisão. O autor salienta que muito dos indicados a cargos-chaves neste aparato burocrático não possuíam qualificação profissional para exercerem suas funções. Evans considerou que a burocracia brasileira operava mais como um “cabide de empregos” do que

⁷⁷ Entrevista concedida em 05 de novembro de 2018.

como órgãos eficazes para a tomada de decisões tidas como técnicas. Sem conseguir alterar essa situação, o governo brasileiro criou bolsões de eficiência (*pocket of efficiency*) para modernizar seu aparato e atuar no sentido de transformação da economia. Um desses bolsões de eficiência seria, para Evans, o BNDE, conduzido por profissionais com planos de carreira claros, deveres visando o desenvolvimento e um serviço público ético. Assim, o BNDE possuiria maior capacidade para conduzir o desenvolvimento do país do que outras partes da burocracia nacional. Infelizmente, essa vantagem esbarrava em tradicionais normas clientelísticas, fazendo com que os indivíduos envolvidos com o banco dependessem da proteção individual dos presidentes. Essas condições faziam com que o banco dependesse de suporte presidencial tanto para definição de suas missões quanto para a manutenção de sua existência (EVANS, 1995, p. 62-63).

Soma-se a isso o imenso aparato burocrático existente no Brasil. Durante o governo militar, o número de funcionários federais ligados a esse aparato cresceu de 700.000 para 1,6 milhões de indivíduos, empregados em “centenas de novas e redundantes agências e empresas” que duplicaram a burocracia. Com essa fragmentação, a tomada de decisões que visam um objetivo mais amplo é dificultada e acabam prevalecendo soluções de cunho personalistas (*Ibidem*, p. 63).

Finalmente, no caso específico da SEI, Evans aponta que esta não foi capaz de conter as empresas que pegaram carona (*free riders*) na reserva de mercado para lançar produtos no mercado nacional sem se preocuparem em produzir tecnologia própria ou absorver tecnologia importada (EVANS, 1995, p. 209). A existência dessas *free riders* eram contraditórias à própria política de informática brasileira, cujo objetivo não era “apenas estimular o crescimento de firmas locais, mas estimular o crescimento de firmas locais que poderiam contribuir com o crescimento da capacidade tecnológica local” (*Ibidem*, p. 120).

Com base no exposto até aqui, podemos afirmar que a ausência de uma “autonomia integrada”, tal qual defendida por Evans, se aproxima da análise de Lima exposta no Capítulo 1 a respeito da existência, no Brasil, de uma *política indireta* em prol da autonomia tecnológica. Para ambos os autores, uma das chaves para se compreender o falta de sucesso comercial da indústria de informática no Brasil foi a descoordenação por parte das diferentes agências ligadas à burocracia nacional que impediram que fossem desenvolvidas políticas em prol de um objetivo comum. Aqui é possível lembrar da fala de Amílcar Ferrari a respeito da importância de José Pelúcio que, por vezes, atuava no sentido de resolver conflitos entre as diferentes ins-

tituições e, assim, impedir que o projeto desenvolvimentista ficasse paralisado (FERRARI, 2002, p. 161-162).

Uma visão ligeiramente diferente para a explicação das dificuldades da política nacional de informática está no artigo *Minicomputadores brasileiros nos anos 1970: uma reserva de mercado democrática em meio ao autoritarismo*, de Ivan da Costa Marques (2003). O autor creditou à CAPRE, durante a sua existência, o papel de mediação constantemente dos grupos envolvidos com o projeto de autonomia tecnológica. Esses grupos formaram o já referido coletivo técnica e politicamente agenciador, e era constituído por professores universitários, militares engenheiros, e administradores de empresas estatais. Fazendo um levantamento da coleção de revista *Dados & Ideias*, Marques observou que esse grupo variado integrava os diversos seminários que serviam para a discussão das ideias acerca do desenvolvimento tecnológico nacional, como os SECOMUs e SECOPs (MARQUES, 2003, p. 664).

Além disso, para o autor, através da análise de

Dados & Ideias e do jornal *Datanews* de 1975 a 1980, era também a comunidade que fazia a crítica da política de reserva de mercado de minicomputadores, discutindo sua implementação, criando focos a partir dos quais eram distribuídos o apoio ao que era visto como acerto e a oposição ao que era visto como erro, na rota para o objetivo mais ou menos consensual de diminuir a dependência tecnológica na concepção, projeto e fabricação dos minicomputadores (*Ibidem*, p. 670).

De acordo com Marques, as discussões e críticas acerca das políticas e rumos da indústria de informática no Brasil só foi possível devido ao conceito de “democracia relativa” que circulava no período. Para o autor, a “‘democracia relativa’ significava a ampliação dos espaços onde se podia falar, escrever e agir, em termos de pessoas e temas permitidos, sem contudo admitir todo e qualquer tema” (*Ibidem*, p. 663-664).

Com a política de reserva de mercado conduzida pela CAPRE e sua adesão com a comunidade de informática de jornalistas especializados, empresários, políticos e alguns líderes de associações profissionais, Marques levantou a hipótese de que o coletivo técnica e politicamente agenciador começou a esbarrar “nos limites da redoma da ‘relatividade democrática’” (MARQUES, 2003, p. 669). Com o crescimento do grupo, das discussões e da importância da própria informática para o desenvolvimento nacional, setores do governo militar brasileiro, em especial o Serviço Nacional de Informações (SNI), começam a prestar mais atenção nos caminhos propostos pela CAPRE e na atuação da comunidade em si.

O ano de 1977 marcou o começo do Projeto Prólogo, que visava o desenvolvimento de protocolos de criptografia para a troca de mensagens entre as embaixadas brasileiras. Mar-

ques afirmou que o projeto tornou-se uma “obscura zona de controle entre a ‘comunidade de informações’ do SNI e os profissionais de informática” (*Ibidem*, p. 671). Vera Dantas afirmou que, progressivamente, “discussões sobre alternativas à política tecnológica foram ganhando prioridade dentro da cúpula do Projeto Prólogo” (DANTAS, 1985, p. 110). A CAPRE passou a ser vista por membros deste Projeto como a condutora de uma política industrial frágil e sem respaldo econômico (*Ibidem*, p. 111). Após uma série de eventos políticos e disputas internas, a CAPRE foi extinta em 1979 e a política de informática passou a ser conduzida pela Secretaria Especial de Informática (SEI), intimamente ligada ao SNI e aos grupos de militares mais autoritários.

Para Marques, com o início das intervenções da SNI na área de informática, mesmo antes da criação da própria SEI, a comunidade de informática se arrefeceu. O autor apontou que *Dados & Ideias*, outrora palco para discussões das políticas de informática, parou de ser publicada entre junho de 1979 e janeiro de 1980, mudando logo em seguida sua linha editorial. Assinalou também que o ambiente dos seminários e congressos era outro, “tendo desaparecido as condições que davam vida às discussões acerca de como deveria ser a política diferenciada para a construção de uma indústria de computadores no Brasil” (*Ibidem*, p. 672). De acordo com a análise de Marques, ao desmobilizar a rede sociotécnica que dava sustentação para as políticas de informática nacional, a SEI falhou em estabelecer uma comunicação eficiente com diversos setores sociais e com a diminuição dos espaços para discussões que poderiam definir os caminhos que a informática poderia tomar, a indústria nacional não foi capaz de lidar com a chegada dos microcomputadores.

Para Marques,

O microcomputador ocasionou a ruptura (...) [dos] limites do computador como um bem de capital típico, dotando o artefato computador de características próximas às de um bem de consumo durável, um eletrodoméstico ou um telefone, ambicionado potencialmente por qualquer indivíduo. (...) [Em 1981, o fenômeno] torna-se avassalador a partir do (IBM/)PC com a padronização de que se fez acompanhar tanto na arquitetura como no software. As técnicas de miniaturização tornaram possível disponibilizar em cima de uma mesa recursos para processar informação que antes não podiam ser mobilizados mesmo em máquinas que ocupavam salas inteiras. Os aumentos exponenciais da velocidade de processamento e da capacidade das memórias abriram possibilidades de concretizar aplicações antes somente imaginadas, como a substituição das máquinas de escrever, disseminando o computador de uma forma que poucos anos antes seria considerada ficção. O efeito da possibilidade de cada indivíduo dispor do computador como uma extensão de si próprio, e do seu próprio corpo, já descortinada pelo PC, provocou uma mudança de estrutura de mercado muito mais radical do que a mudança antes trazida pelos minicomputadores (*Ibidem*, p. 674).

Se a produção de um minicomputador necessitava de todo um projeto de pesquisa e desenvolvimento da maioria de seus componentes, a padronização promovida pelo microcomputador possibilitou que diversas componentes fossem adquiridos (muitas vezes de maneira contrabandeada) na modalidade OEM, em locais como a Rua Santa Ifigênia, em São Paulo. Não havia mais grandes necessidades de investimento em centros de pesquisa e desenvolvimento. Como apontou Evans, diversas empresas *free riders* apareceram neste contexto. A chegada ao mercado dos microcomputadores mostrou que parte do empresariado nacional não estava efetivamente disposto a arcar com os custos do desenvolvimento de uma tecnologia genuinamente nacional, preferindo muitas vezes lucrar rapidamente montando artefatos utilizando peças padronizadas adquiridas, legalmente ou não. A partir do efeito das *translações* discutidos no capítulo 1, podemos afirmar que este empresariado esteve ligado à rede sociotécnica em prol do desenvolvimento tecnológico nacional apenas enquanto seus *inter-esses* (lucros) fossem contemplados. A partir do momento em que surgiram novas possibilidades para este fim (comprar peças na Santa Ifigênia), a rede se esfacelou e o projeto em prol da tecnologia nacional começou a se perder. Não por acaso Bruno Latour afirmou que uma cadeia é tão forte quanto o seu elo mais fraco (LATOUR, 2000, p. 200) ao se referir a solidez de uma rede sociotécnica. A partir dos relatos sobretudo de Evans e Moscato, aparentemente o elo mais fraco da rede sociotécnica nacional era justamente o do empresariado.

Anteriormente afirmamos que a CAPRE foi o ponto de passagem para todos os interessados em produzir ou pesquisar computadores no Brasil. Para Marques, esse papel só pode ser de fato cumprido devido à exploração dos espaços da “democracia relativa”, que possibilitou que um coletivo de profissionais variados participasse do processo de tomada de decisões. Diferentemente da CAPRE, a SEI não foi capaz de assumir inteiramente o papel de ponto de passagem, principalmente porque o mercado de microcomputadores não foi regulado de maneira adequada pelo órgão, provavelmente pela sua incapacidade de dialogar com diferentes setores da sociedade. Sem os microcomputadores passando pela SEI para adequarem-se às ideias de autonomia tecnologia, a política de informática perdeu o seu vigor. Portanto, em nossa análise, embasada principalmente nos trabalhos de Ivan da Costa Marques, o mercado de microcomputadores e a SEI foram os principais responsáveis pelo desaparecimento da política de informática nos anos 1990.

Esta não é, contudo, uma posição hegemônica para a bibliografia. Peter Evans afirmou que foram os microcomputadores aqueles que geraram um conjunto dinâmico de produtores locais de *hardware* no Brasil. Ao usarem microprocessadores comprados comercialmen-

te, como o Z80, companhias brasileiras produziram clones de micros populares, bem como projetos e adaptações mais inovadoras (EVANS, 1986, p. 22). O autor baseia sua afirmação na quantidade de empresas que ocuparam o mercado de microcomputadores: enquanto a concorrência da CAPRE pelos minis permitiu que cinco empresas nacionais dividissem o mercado, em 1983 existiam cento e vinte e três firmas que comercializavam microcomputadores.

Há outra divergência principal entre Evans e Marques: enquanto o primeiro considera que a política nacional de informática fracassou o segundo considera que ela foi bem-sucedida. A principal razão da discordância encontra-se nos objetivos atribuídos à reserva de mercado e a política nacional de informática. Evans prioriza uma análise mercadológica, pensando unicamente em termos do mercado. Para ele, um mercado dinâmico é um mercado onde empresas diversas concorrem e geram riquezas. Marques, bem como os demais nacionalistas tecnológicos, priorizaram ao longo de todos os textos analisados, o desenvolvimento de uma tecnologia nacional capaz de promover autonomia tecnológica para o Brasil. Peter Evans simplesmente não se interessa pela “origem” da tecnologia, ou se um país dependerá de outro em relação a assuntos como a segurança nacional. Para o autor, os microcomputadores foram bem-sucedidos, pois era possível comprar peças importadas comercialmente.

Se Marques considera a política de informática bem-sucedida foi devido ao fato de, durante o tempo em que ela vigorou, principalmente quando conduzida pela CAPRE, houve de fato o desenvolvimento local de diversos artefatos tecnológicos. Sem essa política, o desenvolvimento observado ao longo desta dissertação não ocorreria. Embora parte dos componentes utilizados nas pesquisas nacionais tenham de fato sido importados, houve o fomento de pesquisa e desenvolvimento considerável, mesmo que limitado a algumas agências de pesquisa e alguns órgãos públicos e privados que necessitavam atender imediatamente aos problemas que enfrentavam.

Quando observamos os trabalhos desenvolvidos na Escola Politécnica, essa afirmação fica evidente. Formaram-se diversos profissionais especializados, laboratórios foram equipados, pesquisas foram desenvolvidas, *expertises* foram geradas. Novos campos para atuação de engenheiros foram abertos quando comparados com as possibilidades de atuação profissional nos anos 1960. Atividades que eram executadas por profissionais estrangeiros, como análise de segurança e confiabilidade, passaram a ser executadas por brasileiros.

As dificuldades surgiram principalmente após a impossibilidade de adequação às novas tecnologias que escaparam dos controles inicialmente delimitados pelo coletivo de profissionais que atuou na área. Isso não apaga, contudo, as conquistas alcançadas nos anos 1970 e

1980 no desenvolvimento de uma tecnologia nacional. Se a almejada autonomia tecnológica não foi alcançada, a dependência foi, pelo menos, atenuada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi acompanhar as *máquinas* elaboradas pelos Laboratórios da Escola Politécnica para que fosse possível o desenvolvimento de tecnologia no espaço universitário. Desde a Reforma Universitária de 1968, a concepção da importância do ensino atrelado à pesquisa se difundiu no Brasil. A ideia, associada às políticas para fomento da pesquisa científica e tecnológica difundidas, sobretudo a partir dos anos 1970, como vimos no capítulo 1, permitiu que as universidades atuassem desenvolvendo tecnologia ao mesmo tempo em que criavam *expertises* necessárias para que seus pesquisadores atuassem posteriormente no mercado de trabalho.

No capítulo 1, podemos observar que desde o seu surgimento, a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo foi estruturada para responder às demandas sociais e econômicas do país. No final do século XIX, quando as elites brasileiras e paulistas buscavam criar um novo corpo social mais adequado ao ideário científico que esta elite possuía para a República, diversas instituições, entre elas a Escola Politécnica, surgiram para esse fim. Da recuperação da crise econômica de 1929 até meados dos anos 1960, o Brasil passou por um processo acentuado de industrialização, principalmente a partir dos anos 1950. Neste período relativamente estável da economia brasileira, onde a base tecnológica que sustentava a produção industrial era quase inteiramente importada, a Poli foi responsável por fornecer ao mercado de trabalho engenheiros formados para atender as especificidades da realidade brasileira. A partir do Golpe Civil-Militar de 1964, a burguesia local com setores da administração públicas empenham-se na modernização do país mediante o desenvolvimento de tecnologia. Começam a surgir, no período, políticas voltadas ao desenvolvimento tecnológico, apoiadas sobretudo na facilitação de créditos para os agentes sociais que se dispunham a criar tecnologia no Brasil. A FINEP surge desse esforço.

Paralelamente às políticas tecnológicas, porém aparentemente com pouco diálogo entre ambas, o sistema universitário brasileiro é reformado, possibilitando que medidas importantes para a pesquisa sejam institucionalizadas, como o regime de dedicação integral dos docentes e a ideia de inseparabilidade do ensino e pesquisa. Junto com essa reforma veio a estruturação da pós-graduação no Brasil, possibilitando maior contato de estudantes universitários com projetos que culminariam na criação de artefatos tecnológicos nacionais dentro das universidades.

Se até os anos 1960 a Poli se limitava a aceitar a “realidade” brasileira e atender suas necessidades, com o novo modelo universitário apoiado pelas políticas nacionais para tecnologia, ela passou a formar engenheiros capazes de produzir artefatos tecnológicos, tanto no Brasil quanto no exterior. Há uma mudança na forma como a Escola se relacionava com o mercado: se antes era necessário atendê-lo com mão de obra capaz de lidar com o que já existia, a partir dos anos 1970 era necessário atendê-lo através da produção de novos equipamentos.

As novas necessidades foram responsáveis pelo surgimento dos Laboratórios de pesquisa dentro da Poli, como o Laboratório de Sistemas Digitais (LSD), o Laboratório de Microeletrônica (LME) e o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI).

Apesar das políticas de tecnologia fornecerem diretrizes gerais para a orientação das pesquisas nacionais, existiam muitas agências que atuavam de forma descoordenada. Apenas para fomento em pesquisas universitárias, existiam a Capes, o CNPq, a FAPESP (em São Paulo), a FINEP e o BNDE, os dois últimos atuando diretamente no financiamento de pesquisas voltadas para inovação tecnológica. Conforme observamos no relato de Amílcar Ferrari no capítulo 1, existia o risco dos trabalhos das agências serem prejudicados e até suspensos por se intercruzarem em projetos. Nestes casos, José Pelúcio intervinha para que os trabalhos pudessem continuar.

A falta de coordenação dessas políticas, chamadas por Paulo Gomes Lima de *políticas implícitas*, fez com que não existissem mecanismos institucionais propícios para que a cooperação entre universidades públicas e iniciativa privada fosse viabilizada, embora essa ideia estivesse prevista em vários documentos que tratavam das políticas para desenvolvimento científico e tecnológico, como os Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Sem um mecanismo público legal que permitisse tal prerrogativa, os Laboratórios e Departamentos da Escola Politécnica desenvolveram fundações de apoio privadas que, ligadas à universidade, permitiam que contratos com a iniciativa privada e diversos órgãos públicos fossem firmados. Esse arranjo, que chamamos de *máquina*, foi capaz de viabilizar o desenvolvimento tecnológico ocorrido dentro da universidade. Contudo, ele foi duramente criticado por outros docentes, que acusavam as fundações de apoio de privatização do conhecimento, de semiprivatizarem o ensino público e de enriquecerem os docentes a elas ligados, criando discrepância salarial para com os demais.

Através da debate bibliográfico, realizado com autores de diferentes formações e que discutiam a existência das fundações e suas concepções de sociedade/universidade, aponta-

mos que as críticas ou defesas das fundações de apoio estavam intimamente ligadas à concepção *a priori* que seus autores possuem da sociedade e do sistema econômico que, consequentemente, impactava o papel que é atribuído à universidade. Parte dos autores defendiam uma universidade autônoma capaz de enfrentar e criticar interesses econômicos, visando a criação de uma sociedade mais igualitária. A outra parte acreditava que a função social da universidade era atender ao mercado (de maneira ampla), criando condições, através do trabalho e da inovação tecnológica, para que os indivíduos consigam superar desigualdades e também viverem uma sociedade mais igualitária.

Utilizando a abordagem da Teoria Ator-Rede de Bruno Latour, conseguimos tirar algumas conclusões a respeito da formação das redes sociotécnicas que possibilitaram o desenvolvimento tecnológico dentro da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

O modelo de fundações de apoio, apesar de duramente criticado, forneceu a *máquina* necessária para que diversos *inter-esses* atuassem juntos e possibilitassem a criação de tecnologia no espaço universitário. Inicialmente, o *inter-esse* principal dos pesquisadores da universidade era produzir trabalhos de conclusão de curso, dissertações ou teses a partir da aprendizagem propiciada pela criação de artefatos significativos. Pela falta de recursos, esse objetivo era dificultado. Um exemplo foi a dissertação de mestrado de Paulo Patullo, que acabou utilizando o fundo de uma lata de cerveja para criar o seu modem, pois faltava à universidade material adequado.

Da mesma forma, a iniciativa privada ou órgãos públicos tinham seus objetivos frustrados ao tentarem adquirir equipamentos no exterior, seja para atender suas necessidades internas, seja para possibilitar produções a nível industrial. Isso se deu principalmente a partir do final de 1974, quando os efeitos do choque do petróleo se fizeram mais forte. A partir daí, as importações brasileiras começaram a ser controladas pelo governo como tentativa de diminuir o déficit da balança de pagamentos, uma das causas da grave crise econômica enfrentada pelo país no período.

O modelo de fundação de apoio surge para amarrar os *inter-esses* frustrados até então. Para garantir que o objetivo da empresa, do órgão público e da universidade fossem atingidos, seria necessário um *desvio* do caminho original. Na impossibilidade de importação de produtos, coube o apoio à universidade para desenvolvê-lo. Na dificuldade em se manter um laboratório bem equipado, coube parcerias com a iniciativa privada, nova fonte para os recursos necessários. Esse *desvio* do caminho para se atingir a um objetivo é chamado por Latour de *translação*.

Contudo, os “*caminhos originais*” se mantêm de alguma forma. Apesar dos *interesses* da universidade, através das Fundações, passarem pelos da iniciativa privada, seu objetivo final ainda é o de produzir conhecimento acadêmico. É por este motivo que cada projeto desenvolvido gerou dissertações de mestrado ou teses de doutorado. De maneira simétrica, como observado no exemplo da Fepasa discutido no capítulo 3, onde objetivo da companhia era adquirir um sistema que manteria a segurança de seus trens. Para isso, era necessário financiar pesquisas acadêmicas. Mesmo assim (ou por conta disso), no final do processo os trens da companhia foram capazes de percorrer seus caminhos com menores riscos de acidentes.

No caso dos contratos firmados entre a FINEP e o LSI, discutidos no capítulo 2, também encontramos um esquema de *máquina*. O objetivo principal da FINEP, expresso em seu contrato, era garantir que instituições brasileiras desenvolvessem tecnologia nacional. Embora, diferentemente das instituições privadas e órgãos públicos que procuravam o LSD através da FDTE, a nova tecnologia desenvolvida em parceria com a FINEP não necessariamente buscava resolver questões imediatas. O objetivo principal da FINEP, de acordo com os planos nacionais para ciência e tecnológica, era desenvolver certa autonomia nacional em relação a tecnologia, expressa através do desenvolvimento de equipamentos próprios que diminuiriam a necessidade de importações, amenizando os impactos financeiros nas balanças de pagamentos e comerciais. A preocupação da FINEP com a possibilidade de desenvolvimento de novas patentes fica elucidada nas cláusulas de seus contratos.

Contudo, acreditava-se que as condições da indústria nacional no momento em que a FINEP atuava, não eram propícias para que empresários assumissem riscos com a produção de equipamentos de ponta, conforme observamos nos discursos de alguns nacionalistas tecnológicos. Essa característica deu à universidade, assim como no caso anterior, a possibilidade de atuar com o desenvolvimento de tecnologias avançadas em seus laboratórios. Desta forma, o contrato da FINEP, a segunda *máquina* que estudamos, foi capaz de amarrar os interesses de uma política mais ampla em prol do desenvolvimento tecnológico nacional aos trabalhos desenvolvidos na universidade.

É interessante notar que, aparentemente, os trabalhos desenvolvidos tanto através da FINEP quanto através da FDTE só foram possíveis devido a uma série de coincidências, como a crise do petróleo. Esse é um exemplo da falta de coordenação nas políticas brasileiras para desenvolvimento científico e tecnológico que, apesar de contar com mecanismos para financiamento de pesquisas, teve poucos êxitos no desenvolvimento institucionalizado de

máquinas capazes de amarrar diferentes *inter-esses*. Sem uma prerrogativa legal adequada, coube a universidade encontrar ela mesma possibilidades para que essas políticas fossem minimamente desenvolvidas. A Fundação foi um caminho encontrado. Estreitar as relações com a FINEP foi outro.

Já o capítulo 2 dedicou-se aos trabalhos com artefatos microeletrônicos realizados no Laboratório de Sistemas Integráveis. Definimos a principal base científica da microeletrônica como sendo os estudos de física e química relacionados aos semicondutores e aos estados sólidos que buscavam tornar previsível o comportamento dos elétrons. Por esta razão, afirmamos que a microeletrônica apresenta-se como um complexo trabalho de negociação entre humanos e elétrons (não-humanos). Dominar elétrons exige uma rede sociotécnica fortemente co-ordenada, o que inclui a necessidade de recrutar intermediários que a princípio não veriam razões para trabalharem juntos. Até meados dos anos 1970, os engenheiros e cientistas ficavam basicamente isolados em seus laboratórios na árdua tarefa de controlar elétrons. A partir do advento da “reserva e mercado” para insumos de informática, atores ligados à microeletrônica viram a possibilidade de angariar novos aliados para que fosse possível expandir suas pesquisas para uma indústria nacional que poderia se formar.

A partir das novas possibilidades abertas, surgiram algumas empresas encarregadas de produzir artefatos em microeletrônica sem tratá-los como caixas-pretas. Foi o caso da Transit (1976), que recebeu tecnologia do Laboratório de Microeletrônica (LME) da USP, e da TTL – Tecnologia Tropical Limitada (1977), fundada por estudantes ligados à Universidade Católica de Minas Gerais. Ambas apresentaram, contudo, dificuldades ao longo de sua curta existência. A Transit não foi capaz de absorver a tecnologia produzida na universidade, e acabou produzindo circuitos projetados pela italiana S.G.S. – ATES e a Tecnologia Tropical Limitada precisou “brigar” com as comunidades brasileiras ligadas às políticas de informática, pois estas autorizaram a empresa de construção civil Coencisa a produzir modems de alta velocidade utilizando circuitos de integração em escala muito larga (VLSI) produzidos com uma tecnologia importada e inexistente no Brasil.

A bibliografia consultada e as entrevistas realizadas nos permite supor que a indústria brasileira apresentava dificuldades para trabalhar com tecnologias que antes não foram desenvolvidas na universidade, como é o caso dos circuitos da família TTL¹. Mesmo nos espaços acadêmicos, o TTL não funcionava devido a problemas com as camadas proaxiais. Com a substituição dessa tecnologia pelo FET, iniciada já em 1974, pesquisas acadêmicas com o

1 Não confundir com a empresa TTL – Tecnologia Tropical Limitada que produzia modems no Brasil no final da década de 1970.

TTL perderam o sentido e foram progressivamente abandonadas. Uma empresa nacional, a OZ Eletrônica, chegou a apostar, no final dos anos 1970, na produção de um modem 100% nacional, caso a Transit conseguisse produzir o TTL no país. Isso nunca aconteceu.

A política de informática desenvolvida pela CAPRE conseguiu, em 1977, suprir o mercado nacional com artefatos produzidos pela indústria nacional em parceria com empresas estrangeiras ou com a própria universidade, como foi a Cobra Computadores S.A. com o G-10 projetado pelo Laboratório de Sistemas Digitais da USP. Através da concorrência pública para ocupar o mercado nacional, a Edisa (com tecnologia Fujitsu), a Labo Eletrônica (com tecnologia Nixdorf), a SID (com tecnologia Logabax) e, posteriormente, a Sisco foram autorizadas a lançar seus minicomputadores no Brasil.

Contudo, alguns nacionalistas tecnológicos viam certa incompletude nas políticas nacionais de informática, que não levavam em conta o setor de microeletrônica e mecânica fina. O sucesso da concorrência pelos minicomputadores promovida pela CAPRE dava, ainda, alguns indícios de “empurrar” as multinacionais para a área de microeletrônica, o que agravaria a dependência para com a tecnologia estrangeira, mas desta vez em outra área.

Não faltaram tentativas de chamar atenção das autoridades para a necessidade de existência de políticas industriais para a microeletrônica. Em 1977, foi lançado o livro *Circuitos integrados em média escala e em larga escala*, de autoria de João Antônio Zuffo. O livro, publicado através de uma parceria entre a Secretaria do Planejamento e o Ministério da Educação e Cultura (MEC), propunha um *Plano Integrado de Desenvolvimento da Microeletrônica*, que partia da ideia de utilização do tempo ocioso dos laboratórios das universidades para o desenvolvimento de projetos em microeletrônica que poderiam ser produzidos e industrializados. Em 1979, surgiu o Grupo Executivo Interministerial de Componentes (GEICOM), que lançou um Plano Nacional de Microeletrônica. Esta iniciativa, porém, nunca foi concretizada. Em 1980 a SEI realizou duas Comissões Especiais de Microeletrônica, porém os projetos apresentados foram descritos por Zuffo, que participou das reuniões, como um projeto sem real controle por parte da empresa (apresentado pela Elebra), um projeto pequeno demais (apresentado pela SID) e outro que não pode ser inteiramente implementado devido a falta de negociação com o governo (apresentado pela Itautech). Houve avanços, porém não o suficiente. Em 1984, o livro *Compêndio de Microeletrônica* foi lançado e as necessidades de um Plano para microeletrônica foram novamente reiteradas. No mesmo ano, a Política Nacional de Informática, agora institucionalizada pelo congresso brasileiro, previa benefícios fiscais para as empresas fabricantes de *microchips*, política vista como insuficiente para garantir o cresci-

mento e fortalecimento do setor. Em 1995 e 2001, houve a apresentação para o BNDES de diferentes relatórios de diferentes autores que novamente chamavam a atenção para a questão da microeletrônica. Apenas em 2002, depois de novo estudo solicitado pelo BNDES, surgiu o Programa CI Brasil para tentar impulsionar o setor. Com este histórico, seria fácil considerar a história da microeletrônica no Brasil como uma história de negligência sistemática por parte das políticas tecnológicas nacionais. Contudo, a atuação universitária na área, foco da análise do capítulo 2, mostrou que as dificuldades industriais foram encaradas como motivações para o desenvolvimento de pesquisas na área, principalmente na metade dos anos 1980.

A universidade atuou, portanto, como transgressora da (falta) de política setorial da microeletrônica no Brasil. No caso da Escola Politécnica da USP, o LSI foi capaz de produzir uma tecnologia sofisticada através de parcerias estabelecidas principalmente com a FINEP. No começo dos anos 1980, o Laboratório produzia sobretudo circuitos em média e larga escala. No final de 1985, já era possível a produção de circuitos de integração em escala muito larga, capazes de gerar artefatos de maior complexidade e, conseqüentemente, *inter-essar* cada vez mais a iniciativa privada nacional.

A situação econômica brasileiro pós-segundo choque do petróleo (1979) atrapalhou, mas não inviabilizou a produção acadêmica/tecnológica ocorrida no LSI. Apesar da crescente inflação (na casa dos 220% ao ano em 1984 e 1985) e o endividamento do país perante instituições e bancos estrangeiros, como Fundo Monetário Internacional e o Banco Mundial, que exigiam como contrapartida cortes em investimentos públicos que atingiram diretamente a universidade, a FINEP investiu quantias significativas no Laboratório de Sistemas Integráveis, que foram utilizadas para o pagamento e manutenção de uma equipe de pesquisadores e técnicos que participaram simultaneamente de diversos projetos que resultaram em artefatos tecnológicos que foram principalmente empregados na infraestrutura do próprio Laboratório, como foi o caso do aparelho para Corrosão de Plasma. A esses novos artefatos soma-se os adquiridos com verbas da FINEP, que também investia na compra de equipamentos para a infraestrutura do LSI.

Este laboratório produziu, também, artefatos que foram passados para a indústria nacional, como um supercomputador para a Prológica. Algumas inovações, como o processador científico ou o sistema UNIX, surgiram a partir das relações empresa-universidade e, mesmo que não tenham sido colocado no mercado nacional por desistência da empresa, seu processo de produção forneceu aos pesquisadores envolvidos *expertise* para que o LSI criasse projetos cada vez mais ousados e ambiciosos. A aproximação com a iniciativa privada não se deu, con-

tudo, sem críticas, como foi o caso do relatório apresentado pela UFMG que avaliou as atividades desenvolvidos pelo Laboratório.

De fato, muitas inovações não foram para a indústria no período. Algumas empresas, como a Daruma, adquiriram a tecnologia, mas faliram antes de colocá-la em circulação. A transposição dos saberes acadêmicos para a produção industrial possuía, nos anos 1980, um *death valley* (vale da morte). As entrevistas realizadas indicam que o principal problema dessa transposição era a escala. Os valores necessários para a produção na universidade eram extremamente elevados. Quando a tecnologia era passada à indústria, para o produto ser comercializado, ele precisava obrigatoriamente possuir um valor muito menor do que aquele pago pelo seu protótipo original. O exemplo que utilizamos para tornar o problema de escala compreensível foi o do G-10, discutido no capítulo 3. Apesar de ser um protótipo academicamente bem-sucedido, este minicomputador precisou da pressão exercida pela CAPRE para chegar ao mercado. Pelas estimativas que levantamos no capítulo, o preço ao consumidor final do G-10 deveria ser 0,4% do valor de produção dos seus protótipos, ou seja, 250 vezes menor.

Quando observamos os profissionais que atuaram no LSI durante os Projeto de Sub-sistemas, desenvolvidos no período de 1980 a 1985, foco da segunda parte do capítulo 2, observamos que todos estavam ligados à universidade. Suas graduações foram na área de engenharia (elétrica, eletrônica ou telecomunicações) e todos possuíam pós-graduação concluída ou as produziram com financiamento FINEP durante o projeto. João Antônio Zuffo, fundador do Laboratório, era o ator que coordenava todas as atividades. Além de ser o responsável pelos Projetos de Sub-sistemas, foi orientador de diversos trabalhos ali produzidos.

Durante a análise destes projetos, encontramos uma tensão entre as possibilidades de desenvolvimento tecnológico local (e não padronizado) com o desenvolvimento tecnológico estrangeiro (e já padronizado). Essa questão apareceu diversas vezes. Em 1974, quando Zuffo publicou sua tese de Livre-Docência sobre calculadoras microprogramadas apoiadas na ideia de serialização e de utilização de numeração decimal, ele propôs alguns elementos não padronizados internacionalmente, a começar pelo emprego de um sistema de armazenamento de informações com numeração decimal no lugar da já consolidada numeração binária. A construção da calculadora foi realizada através das verbas do I Projeto de Sub-sistemas. O “custo” da opção por armazenamento de números decimais foi projetar um pequeno circuito que era instalado antes das memórias MAL (ROM) disponíveis no mercado. O autor argumentou que

esse era o preço a pagar por todos aqueles que tentam descortinar algumas aplicações futuras em todos os campos da ciência”².

Alessandro La Neve, ao apresentar sua dissertação de mestrado a respeito de uma nova calculadora serial microprogramada adotou, ao contrário de seu orientador, o sistema de numeração binária, abandonando a ideia de armazenamento de números decimais. É provável que o custo de operar dentro de um novo padrão tenha se tornado muito alto. Para Susan Star, o benefício de se fazer parte de uma rede padronizada é justamente o acesso facilitado aos seus componentes.

A questão das padronizações aparece também na dissertação de André Luiz Battaiola a respeito do desenvolvimento e implementação da interface gráfica GKS. A partir da história do padrão GKS, criado pelo Instituto Alemão de Padronização (*Deutsches Institut für Normung* – DIN), observamos que a institucionalização de um padrão, longe de ocorrer pelas características e qualidades implícitas de um projeto, está muitas vezes ligado a uma política de desenvolvimento tecnológico regional. O GKS foi desenvolvido no mesmo período que os norte-americanos desenvolveram o padrão de interface gráfica CORE. Caso a opção do padrão fosse dada “pelo melhor projeto” desenvolvido por uma determinada elite tecnológica, como sugeriu Andries van Dam, não haveria necessidade de existência de padrões diferentes para nações diferentes.

O caso do UNIX apresentou a questão da padronização sobre um novo prisma. A pluralidade de sistemas UNIX-compatíveis existentes tornou necessária a criação de um certificado de compatibilidade entre eles, permitindo determinada padronização ao mesmo tempo em que se garantia a autonomia dos criadores dos sistemas operacionais. A europeia X/Open visava justamente fornecer esses certificados, garantindo a compatibilidade e o fortalecimento de um padrão não proprietário que, por sua vez, garantiria a sobrevivência e a força das empresas europeias no mercado mundial. Além disso, a X/Open buscava apresentar uma alternativa viável ao UNIX da AT&T, cujo fornecimento para outras empresas estava condicionado ao pagamento de elevadas taxas de licenciamento. Padrões, portanto, não são opções neutras e livres de contradição.

Podemos acrescentar os padrões como intermediários importantes para a manutenção de uma rede sociotécnica fortemente co-ordenada, tal qual definiu Michel Callon. São esses padrões que garantem aos projetistas acesso a caixas-pretas que, por sua vez, poderão ser empregadas na criação de novas caixas-pretas originais. Seria impossível, por exemplo, ao LSI

2 ZUFFO, 1974, pag. 1.3. *Grifos nossos*.

ter que desenvolver todos os componentes que empregava na construção de seus artefatos. Alguns, como as memórias MAL (ROM) eram compradas prontas e utilizadas, de preferência sem adaptações. O processo de pesquisa e desenvolvimento ocorrido no LSI (e em qualquer outra instituição de pesquisa) passou, portanto, pelas questões dos padrões que, se por um lado limitavam as possibilidades de criação, na medida em que exigia que o projetista tomasse determinados caminhos preestabelecidos, pelo outro tornavam possíveis que novos artefatos fossem construídos, na medida em que construir inteiramente todos os componentes seria um processo custoso. Tais características tiveram como o resultado o abandono de algumas ideias originais e a necessidade de se adaptar os projetos desenvolvidos aos componentes disponíveis no mercado.

Em um contexto de reserva de mercado, contudo, não eram todos os componentes disponíveis em outros países que a universidade brasileira poderia empregar para a criação de seus artefatos. Alessandro La Neve, por exemplo, não pode empregar em sua calculadora memória de poucos endereços, mas com muitas saídas, pois elas não estavam disponíveis no mercado nacional. Em seu lugar, o autor empregou o sistema polifásico para a busca e execução das instruções, além da divisão das variáveis de controle em campos.

De acordo com os autores por nós entrevistados, ao mesmo tempo em que a reserva de mercado forneceu a estrutura para o desenvolvimento de suas atividades, uma vez que a iniciativa privada passou a procurar a universidade para a produção de equipamentos digitais, a reserva de mercado limitou o acesso a equipamentos e componentes, fazendo com que os artefatos desenvolvidos nem sempre fossem aquele que o pesquisador inicialmente gostaria de desenvolver.

No capítulo 3, voltamo-nos para os trabalhos desenvolvidos pelo Laboratório de Sistemas Digitais. Levantamos brevemente o aumento da popularidade dos computadores no Brasil desde o final da década de 1950 e assinalamos a sua rápida penetração no mercado a partir dos anos 1970.

Concomitantemente à expansão da procura por computadores, e como resultado direto dos grupos de pesquisa em informática que surgiram nas universidades que adquiriam computadores nos anos 1960, surgiu uma elite profissional capaz de operar de maneira eficaz esses equipamentos. Soma-se a estes fatos a crise econômica nacional, que possibilitou à CAPRE assumir o papel de condutora e ponto de passagem para a política nacional de informática. Foi esta nova política, conduzida por um grupo de profissionais capacitados que buscavam

mudanças econômicas e sociais através da autonomia tecnológica que foi a responsável pela “reserva de mercado”.

Parte destes profissionais surgiram na USP, como foi o caso de Cláudio Mammana, José Rubens Dória Porto e Sílvio Davi Paciornik. Utilizando as teses e dissertações produzidas no Departamento de Engenharia da Escola Politécnica, analisamos a atuação profissional dos engenheiros altamente capacitados formados pela instituição no mercado de trabalho sob os auspícios da “reserva de mercado”. Observamos um crescimento no número de doutores formados no Departamento de Engenharia Elétrica da Poli a partir de 1974 e atribuímos o fenômeno à Reforma Universitária somada às necessidades criadas no mercado para o trabalho em pesquisa e desenvolvimento.

A maquinação criada pela FDTE para aproximar a iniciativa privada e demais órgãos da administração pública da universidade impulsionou a produção acadêmica, que se desenvolvia de maneira acelerada acompanhando o andamento dos projetos desenvolvidos pela Fundação. O minicomputador G-10, por exemplo, foi o artefato tecnológico que mais gerou trabalhos no LSD, todos concentrados no período de 1975 a 1979.

Algumas teses e dissertações escritas, porém, desenvolveram artefatos que nunca chegaram a ser utilizados de fato. Argumentamos que o valor do projeto de pesquisa e desenvolvimento não está apenas relacionado ao seu efetivo uso em determinadas aplicações. A *expertise* criada durante a pesquisa é importante para a construção de futuros artefatos adequados à realidade nacional.

Sobre a *expertise*, propomos uma concepção da mesma enquanto qualidade local, ou seja, problematizamos a ideia de que um *expert* pode ser *expert* em qualquer rede sociotécnica e propomos que sua atuação só pode ser avaliada como detentora de qualidade ao responder às especificidades locais da rede sociotécnica em que está inserido. Através dos argumentos de Cláudio Mammana, de Bruno Latour e das dificuldades em se produzir o *software* do G-10 pela PUC-Rio, apontamos que uma formação acadêmica ou profissional em um ambiente (ou uma rede) muito diferente daquele em que o pesquisador atuará causa, muitas vezes, dificuldades devido aos diferentes tipos de intermediários em circulação na rede. Determinadas habilidades necessárias para o desenvolvimento dos trabalhos no LSD não são necessariamente desenvolvidas ou aprendidas em universidades europeias, por exemplo.

Dentro desta concepção, o LSD conseguiu formar profissionais adequados à realidade brasileira e, portanto, de qualidade. A maioria dos alunos que fizeram pós-graduação na instituição, estudou ali até a obtenção de seu doutoramento. Além disso, suas especializações

se deram rapidamente. Em média, levavam cinco anos para concluir seus doutorados após os seus mestrados. Na década de 1970 e 1980, atuaram em diversas instituições importantes para a autonomia tecnológica nacional, sendo a FDTE apenas um (e o principal) exemplo. Neste período, os profissionais formados pela Poli foram contratados por empresas ou centros de pesquisas como a Itaotec, a SID, a Scopus, a TELEBRÁS e o CPqD. Os dados levantados em nossa pesquisa demonstraram a importância da reserva de mercado para a criação de postos de trabalho altamente especializados. Daí a possível urgência para a conclusão de seus estudos, uma vez que existiam vagas de trabalho em diversas instituições. Com a dissolução da Política Nacional de Informática, nos anos 1990, esses profissionais começaram a atuar, sobretudo, em setores acadêmicos, principalmente na própria Universidade de São Paulo, ilustrando que, sem uma política nacional científica e tecnológica orientada para a pesquisa e o desenvolvimento, a oferta de trabalho fica bastante reduzida.

Propomos aqui retomar as discussões a respeito das oportunidades profissionais que desenvolvemos nos capítulos 1 e 2, relacionando-as com as conclusões levantadas a partir da análise dos currículos dos pesquisadores da Escola Politécnica.

De acordo com as declarações feitas em entrevista por Edith Ranzini e analisadas no capítulo 1, alguns engenheiros ligados à USP não achavam vantajoso trabalhar através do Regime de Dedicação Integral à Docência e à Pesquisa (RDIDP), pois os salários recebidos para o desenvolvimento de projetos era muito superior aos pagos para os professores universitários na época. No capítulo 2, João Antônio Zuffo relatou, em carta enviada para a FINEP, que o LSI havia perdido cinco profissionais “de primeira linha” para a iniciativa privada entre o final de 1983 e o início de 1984. Neste caso, Zuffo defendeu que os trabalhos executados para a iniciativa privada, além de bem remunerados, eram mais estáveis, pois não estavam sujeitos aos atrasos no repasse das verbas públicas.

Durante os anos 1980, as oportunidades profissionais existentes em pesquisa e desenvolvimento no mercado de trabalho fazia com que os profissionais ficassem na universidade apenas se houvessem benefícios financeiros para tal. Ranzini e os demais profissionais ligados à FDTE complementavam seu salário com os projetos desenvolvidos; os profissionais do LSI só permaneciam nos projetos caso a FINEP fornecesse estabilidade para tal. Após o fim da Política Nacional de Informática, as opções oferecidas pelo mercado de trabalho diminuíram. A análise dos currículos empreendidas no capítulo 3 mostrou que coube às universidades absorver novamente os profissionais altamente especializados que produziram.

Por fim, buscamos compreender as razões para o fracasso ou para o sucesso da política nacional de informática. Os projetos, teses e dissertações que analisamos apontaram para a viabilidade do mercado brasileiro ser atendido por uma tecnologia desenvolvida localmente. Contudo, hoje o Brasil não possui uma indústria nacional de informática dotada de tecnologia própria. Sustentamos que a política nacional de informática não pode ser encarada apenas pelos efeitos que provocou no mercado nacional. Da mesma forma que, na universidade, um artefato tecnológico não possui valor *apenas* se for de fato empregado na realização de determinadas atividades.

Os resultados sociais e econômicos da política nacional de informática podem, a primeira vista, serem considerados, hoje, pouco relevantes. Porém, no caso da Escola Politécnica, durante a execução desta política, principalmente nos anos 1970 e na primeira metade da década de 1980, seu efeito foi outro. Não só a instituição conseguiu atender algumas demandas nacionais, de acordo com o demonstrado pelos projetos aqui analisados, como gerou dezenas de profissionais altamente capacitados para projetar artefatos eficientes levando em conta as características encontradas localmente. Hoje, a *expertise* destes grupos persiste, principalmente nos meios universitários, formando as próximas gerações de engenheiros brasileiros. Daí nossa afirmação anterior acerca da atenuação da dependência para com a tecnologia estrangeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L. B.; DA SILVA, C. E. S.; MELLO, C. H. P. Análise da utilização do technology roadmapping como meio de seleção de produto de referência para a engenharia reversa. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 18, n. 1, p. 55-72, 2011.
- AMARAL, N. C. Autonomia e financiamento das IFES: desafios e ações. **Avaliação** (Campinas) [online]. vol.13, n.3, pp.647-680, 2008.
- AMATO NETO, J. J. *Fundação Vanzolini 50 anos: na vanguarda da produção e da difusão do conhecimento*. São Paulo: EPUSP, 2017.
- ANTUNES, R.; POCHMANN, M. Dimensões do desemprego e da pobreza no Brasil. Interfaces: **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**. v. 3, n. 2, p. 1-10, 2008.
- ARBIX, G. Caminhos cruzados: rumo a uma estratégia de desenvolvimento baseada na inovação. **Novos estud.** - CEBRAP, São Paulo, n. 87, p. 13-33.
- ASSUMPCAO Jr, J. M. Unitron Mac 512. Disponível em <<http://web.archive.org/web/20070629095115/http://www.lsi.usp.br/~jecel/mac512.html>>. Acesso em: 05 de agosto de 2019.
- AZEVEDO, C.; ZAGO Jr, G. *Do tear ao computador: As lutas pela industrialização no Brasil*. São Paulo: Política Editora Livros, 1989.
- BALAN, W. C. Um Breve Olhar pela Evolução da TV no Brasil, do início a cor. **Produção Profissional**, v. Brasil, p. 56-62, 2012.
- BARRELLA, A. R. **O Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PADCT: Um exercício de Análise de Política**. 1998. 114 f. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Unicamp, Campinas. 1998.
- BARBOSA, R. R.; LOPES, A. P. C. Uma historiografia da Reforma Universitária de 1968. In: JORNADAS DO HISTEDBR, 9, 2010, Belém, PA. Disponível em: <http://www.histedbr-fe.unicamp.br/acer_histedbr/jornada/jornada9/trabalhos.html>. Acesso em 14 de novembro de 2018.
- BENAKOUCHE, R. (org). *A questão da informática no Brasil*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985.
- BENAKOUCHE, T. Redes Técnicas/Redes Sociais: Pré-história da internet no Brasil. **Revista USP**, (35), 124-133, 1997.
- BIONDI, A.; CHRISPIANO, J.; POMAR, P. E. R. Convênio com INMETRO garante 1/3 das receitas da Vanzolini. **Revista ADUSP**, São Paulo, set. 2001. Dossiê, p. 46.
- BIONDI, A. BRANT, J. CHRISPIANO, J. POMAR, P. E. R. Conflito de interesses marca relação entre USP e Fundações. **Revista ADUSP**, São Paulo, set. 2001. Dossiê, p. 67-77.

BORDIEU, P. *Os usos sociais da ciência: por uma sociologia clínica do campo científico*. UNESP Editora: São Paulo, 2004.

BORTOLANZA, J. Trajetória do ensino superior brasileiro: Uma busca da origem até a atualidade. In: XVII Colóquio Internacional de Gestion Universitaria, 2017, Mar del Plata.

BRANDÃO, R. V. M. Estado, Política Industrial e Organização Empresarial no Brasil: em estudo de caso sobre a atuação da Associação Brasileira para o Desenvolvimento da Indústria de Base (1974-1977). **H-industri@ (B. Aires)**, v. 2, p. 1-24, 2008.

BRINKMAN, W. F. *et. al.* A History of the Invention of the Transistor and Where It Will Lead Us, **IEEE J.Solid-St. Circ.** Vol. 32, no. 12, pp. 1858-1865, 1997.

BRITO, T. T. B.; CUNHA, A. M. O. Revisitando a História da Universidade no Brasil: política de criação, autonomia e docência. **Caderno de Filosofia e Psicologia da Educação**, Vitória da Conquista, v. VII, n. 12, p. 53, jan./jul. 2009.

CAFEZEIRO, H. HAEUSLER, H.; MARQUES, I. C.; CUKIERMAN, H. (2010) Recontando a Computabilidade. **Revista Brasileira de História das Ciências**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 231-251, 2010.

CALLON, M. *Techno-economic networks and irreversibility*. in: LAW, J. (ed). *Sociology of monsters? essays on power, technology and domination*. London. Routledge, 1991. p. 132-161.

_____. *An essay on framing and overflowing: economic externalities revisited by sociology*. In: CALLON, M. (Ed.). *The laws of the markets*. Oxford: Blackwell, 1998. p.244-69.

_____. FEENBERG, A. *Acting in an Uncertain World: An Essay on Technical Democracy (Inside Technology)*. Massachusetts: The MIT Press, 2011.

CARAMEZ CARLOTTO, M.; ORTELLADO, P. Activist-driven innovation: uma história interpretativa do software livre. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, vol. 26, núm. 76, jun, 2011, pp. 77-102 Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ciências Sociais. São Paulo, Brasil.

CARDI, M. L.; BARRETO, J. M. *Primórdios da Computação no Brasil* in *Simpósio de História da Informática na América Latina e Caribe*. Medellin. 2012.

CARDOSO, M. **O Patinho Feio como Construção Sóciotécnica**. 2003. 146 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013.

CARDOSO, V. A. F.; CUKIERMAN, H. L. A abordagem sóciotécnica na investigação e na prevenção de acidentes aéreos: o caso do voo RG-254. **Rev. bras. saúde ocup.** [online]. vol.32, n.115, pp.79-98, 2007.

CARLOTTO, M. C.; ORTELLADO, P. Activist-driven innovation: uma história interpretativa do software livre. **Rev. bras. Ci. Soc.** [online]. vol.26, n.76, pp.77-102, 2011.

CARVALHO, F. G. M. Múltiplos elos da cadeia de inovação. **Revista FAPESP**, São Paulo, n. 261, p. 90-93, 2017.

CASTANHEIRA, A. BIONDI, A; POMAR, P. E. R. Uma empresa chamada FIA. **Revista ADUSP**, São Paulo, mar. 2001. Dossiê, p. 46.

CASTANHEIRA, A. FUSP e FUVEST nasceram ligadas à Reitoria. **Revista ADUSP**, São Paulo, mar. 2001. Dossiê, p. 77.

CASTANHEIRA, A.; BIONDI, A; POMAR, P. E. R. Fundações demais, transparência de menos. **Revista ADUSP**, São Paulo, mar. 2001. Dossiê, p. 67-74.

CASTANHEIRA, A.; BIONDI, A; POMAR, P. E. R. Uma empresa chamada FIA. **Revista ADUSP**, São Paulo, mar. 2001. Dossiê, p. 79.

CASTRO, A. B.; SOUZA, F. E. P. *A Economia Brasileira em Marcha Forçada*. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1985.

CHAUI, M. A universidade pública sob nova perspectiva. **Rev. Bras. Educ.**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 5-15, Dec. 2003

CHIRAINI, T.; VIEIRA, K. P. Universidades como produtoras de conhecimento para o desenvolvimento econômico: sistema superior de ensino e as políticas de CT&I. **Revista Brasileira de Economia**, v. 66, n. 1, p. 117-132, 2012.

CIRANI, C. B. S.; CAMPANARIO, M. A.; SILVA, H. H. M. A evolução do ensino da pós-graduação senso estrito no Brasil: análise exploratória e proposições para pesquisa. **Avaliação (Campinas)** [online]. vol.20, n.1, pp.163-187, 2015.

COSTA, M. C. C. **O centro de pesquisa e desenvolvimento da TELEBRÁS frente à reforma no setor de telecomunicações no Brasil**. 2000. 158 f. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Unicamp, Campinas. 2000.

CUKIERMAN, H. L. *Um automóvel de corrida sem pneumáticos*. IN PEREIRA, L. A.; VIANNA, M. *Dimensões da história e da memória da informática no Brasil*. Jundiaí: Paco Editorial, 2017, p. 57-72.

_____. Abrindo mão da polarização entre o técnico e o social/cultural, *Pesquisas e Práticas Psicossociais* 6, n.2, São João del-Rei, agosto/dezembro 2011. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/revistalapip/volume6_n2/Cukierman.pdf>, Acesso em 05 de agosto de 2019.

CUKIERMAN, H. L.; TEIXEIRA, C.; PRIKLADNICKI, R. Um Olhar Sociotécnico sobre a Engenharia de Software. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, 14(2):207-227.

CURRALERO, C. R. B. **A atuação do sistema BNDES como instrumento de fomento no período 1952/1996**. 1998. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade de Campinas, São Paulo, p. 13.

CYTRYNOWICZ, M. M.; CYTRYNOWICZ, R. C. *Do LSD ao PCS: Uma história de 40 anos*. São Paulo: Narrativa Um, 2011.

CYTRYNOWICZ, M. M.; CYTRYNOWICZ, R. C. *FDTE: 43 anos integrando universidade, empresa e sociedade*. São Paulo: Narrativa Um, 2015.

DANTAS, M. *O crime de Prometeu*. ABICOMP: 1989.

DANTAS, V. *A guerrilha tecnológica: a verdadeira história da política nacional de informática*. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Ed., 1988.

DIAS, A. B. Engenharia Reversa: uma porta ainda aberta, **Produto & Produção**, Porto Alegre. v.2. n.1, p 1-7, fev. 1998.

DURHAM, E. R. *As Universidades Públicas e a Pesquisa no Brasil*. Série: Documentos de Trabalho. São Paulo: USP/NUPE, setembro, 1998

DYTZ, E. *A informática no Brasil*. São Paulo: Nobel, 1986.

ECHEVERRIA, D. E. La tecnologia de microcomputadoras y sus aplicaciones en la administración publica. **Revista Centroamericana de Administración Pública** (4): 95-109, 1983.

ERBER, F. The development of the electronic complex and government policies Brazil. **World Development**, vol. 13(3): 293-309. 1985.

EVANS, P. Informática: Metamorfose da Dependência. **Novos Estudos CEBRAP**, São Paulo n.º15, pp. 14-31, jul. 1986.

_____. *Embedded autonomy: states and industrial transformation*. Nova Jersey: Princeton University Press, 1995.

_____.; TIGRE, P. Going beyond clones in Brazil and Korea: A comparative analysis of NIC strategies in the computer industry. **World Development**. Volume 17, Issue 11, p 1751-1768, November 1989.

FAJNZYLBBER, P.: *A Capacitação Tecnológica na Indústria Brasileira de Computadores e Periféricos: do Suporte Governamental à Dinâmica do Mercado*. 180. Prêmio BNDES de Economia. Rio de Janeiro: BNDES, 1994.

FAPESP: origens e implantação. **Estud. av.**, São Paulo, v. 10, n. 28, p. 200-209, Dec. 1996 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141996000300008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18 de novembro de 2018.

FAVA-DE-MORAES, F. Universidade, inovação e impacto socioeconômico. **São Paulo Perspec.**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 8-11, July 2000 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392000000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 23 de janeiro de 2019.

FÁVERO, M. L. A. Da cátedra universitária ao departamento: subsídios para discussão. In: **23ª Reunião Anual da ANPEd**, 7, 2000, Caxambu, MG. Disponível em: <<http://23reuniao.anped.org.br/textos/1118t.PDF>>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

FEENBERG, A. *Between reason and experience: essays in technology and modernity*. Massachusetts: Westchester Book Group, 2010.

FERRARI, A. F. O Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT e a Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP. **Revista Brasileira De Inovação**, 1(1), 151-188, 2002.

FERREIRA, M. M.; AMADO, J. *Usos e Abusos Da História Oral*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

FICO, C. Versões e controvérsias sobre 1964 e a ditadura militar. **Rev. Bras. Hist.**, São Paulo, v. 24, n. 47, p. 29-60, 2004.

FISCHER, M. M. J. Four genealogies for a recombinant anthropology of science and technology. **Cultural Anthropology**, v. 22, n. 3, p. 539-614, 2007.

FONSECA FILHO, C. *História da computação [recurso eletrônico]: O Caminho do Pensamento e da Tecnologia*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

FONSECA, C. E.; MEIRELLES, F. S.; DINIZ, E. H. *Tecnologia Bancária do Brasil*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.

FONSECA, M. Atuação do CNPq durante o regime militar: novas bases para a afirmação da pesquisa científica nacional. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 6. Trabalhos apresentados. Joinville: APEC, abril 2012

FONSECA, M. L. M. Atuação do CNPq durante o Regime Militar: Novas bases para a afirmação da pesquisa científica nacional. In **ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE**, 6., 2012, Joinville. *Anais...* p. 10. Disponível em <<http://apec.pro.br/anais-dos-eventos/vi-encontro-de-economia-catarinense/>>. Acesso em 17 de novembro de 2018.

FRANKLIN, F. FDTE gera total de R\$ 10 milhões para docentes em 2000. **Revista ADUSP**, São Paulo, dez. 2001. Dossiê, p. 121-124.

FREGNI, E. A informática no Brasil. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, ano 2, n. 3, p. 131-144, jan.-jun. 1986.

FROHMANN, B. Taking information policy beyond information science: applying the actor network theory. **Annual Conference Canadian Association for Information Science**, 23, 1995, Edmond, Alberta.

FUNG, S. K. *International technology transfer: a survey of recipient firm experiences in Brazil*. Massachusetts: The MIT Press, 1978.

GALVÃO, A.; MACEDO, R.; PERFEITO, C. Desenvolvimento de expertise: Um estudo de caso. **Revista Diálogo Educacional**, v. 11, p. 1.015-1.033, 2017.

GIAMBIAGE, F.; CASTRO, L. B.; VILLELA, A. A.; HERMANN, J. *Economia Brasileira Contemporânea (1945-2004)*. São Paulo: Elsevir Editora, 2011.

GONÇALVES, N. G. Doutrina de Segurança Nacional e desenvolvimento da Ditadura Civil-Militar: Estratégias e Educação. São Paulo: Anais do XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH, 2011

GUTIERREZ, R. M. V., MENDES, L. R. Complexo eletrônico: o projeto em microeletrônica no Brasil. **BNDES Setorial**. Brasil, p. 157-209, 2009.

HELENA, S. A indústria de computadores: evolução das decisões governamentais. **Revista de Administração Pública**, 14 (4): 73-109, out.-dez. 1980.

HELENA, S. *Rastro de Cobra*. Rio de Janeiro: Editora Prens, 1984.

HOBBSAWM, E. *Era dos Extremos: o breve século XX, 1914–1991*. São Paulo: Companhia das Letras, 1994.

JAPIASSU, R. C. A Política Nacional de Informática Brasileira e sua aproximação à noção de "sociedade da informação": uma abordagem comparada. In: IV Simpósio Natural de Ciência, Tecnologia e Sociedade, 2015, Rio de Janeiro. Anais - IV Simpósio Natural de Ciência, Tecnologia e Sociedade, 201.

LANCASTER, D. *CMOS Cookbook*. Indiana: Sams, 1977.

_____. *TTL Cookbook*. Indiana: Sams, 1982.

LATOUR, B. *Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade a fora*. UNESP Editora: São Paulo, 2000.

_____. *A Esperança de Pandora*. Edusc, 2001; Bauru, São Paulo: Edusc, 2001.

_____. *Jamais fomos modernos*. Editora 34: São Paulo, 2009.

_____. *Reagregando o social: uma introdução à teoria do Ator-Rede*. Salvador: Edufba, 2012; Bauru, São Paulo: Edusc, 2012a.

_____. *An Inquiry into Modes of Existence*. Londres: Harvard University Press, 2012b.

LAW, J. *A sociology of monsters: Essays on power technology and domination*. Londres: Routledge, 1991.

_____. Traduction/Trahison: notes on ANT. **Convergencia**, set-dec, 13/042, Universidad Autónoma del Estado del México, p. 47-72, 2006.

LAW, J.; HASSARD, J. *Actor Network Theory and After*. New Jersey: Wiley-Blackwell, 1999.

LEAL, L. G. R.; CARNOTA, R. *Historias de las TIC en America Latina y el Caribe*. Barcelona: Editorial Ariel, 2015.

LEITE, J. R. Brazil Builts on Its Semiconductor Heritage”, **III-Vs Review**, vol. 11, no. 5, pp.40-44, 1998.

LEOPOLDO E SILVA, F. Reflexões sobre o conceito e a função da universidade pública. **Estud. av.**, São Paulo, v. 15, n. 42, p. 295-304, Aug. 2001.

LIMA, P. G. *Politica Cientifica e Tecnologica - Paises Desenvolvidos, America Latina e Brasil*. Dourados: Editora UFGD, 2009.

LOTUFO, R. A. **Implementação de algoritmos de controle adaptativo em microprocessadores**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia, 1981.

MANCIBO, D.; MAUÉS, O.; CHAVES, V. L. J. Crise e reforma do Estado e da universidade brasileira: implicações para o trabalho docente. **Educar**, 28, 37-53, 2006.

MARCOVITCH, J. A cooperação da universidade moderna com o ramo empresarial. **Revista de Administração**, v. 34, n. 4, p. 13-17, 1999. Disponível em <<http://200.232.30.99/download.asp?file=3404013.pdf>>. Acesso em 23 de janeiro de 2019.

MARQUES, I. C.: Reserva de Mercado: Um mal entendido caso político-tecnológico de “sucesso” democrático e “fracasso” autoritário. **Revista de Economia** (Editora da UFPR): 89-114 n. 24. 2000.

_____. Minicomputadores brasileiros nos anos 1970: uma reserva de mercado democrática em meio ao autoritarismo. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, vol. 10(2): 657-81, maio-ago. 2003.

_____. Cloning Computers: From Rights of Possession to Rights of Creation. *Science as Culture*, **Oxfordshire**, Inglaterra, v. 14, n.2, p. 139-160, 2005.

_____. *O caso da Unitron e condições de inovação tecnológica no Brasil*. In: COSTA, A. D. et al. (Org.). *Empresas, empresários e desenvolvimento econômico no Brasil*. São Paulo: Hucitec, v. p. 156-177, 2008.

_____. Realidades em disputa: a proposição da prática alimentar da multimistura. Liinc em **Revista**, v. 8, p. 251-267, 2012.

_____. Brazil and its unenlightened despots: 1979/1980. In: 2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI), 2012, Medellin. 2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI), 2012.

_____. *Ontological Politics and Latin American Local Knowledges*. In: MEDINA, E. et al. (Org.). *Beyond Imported Magic - Essays on Science, Technology, and Society in Latin America*. 1ed. Cambridge, MA: The MIT Press, v. 1, p. 85-109, 2014.

MARQUES, I. C.; CARDOSO, M. O.; BARCELLOS, V. A. SOX: Controvérsias "padrão X produto" nos sistemas operacionais na década de 1980. In: VIII Congresso Brasileiro de História Econômica, 2009, Campinas. VIII Congresso Brasileiro de História Econômica, 2009.

MARQUES, I. C.; CUKIERMAN, H. L. Uma nova ordem social, científica e tecnológica: a condição "pós-humana". **Temáticas** (UNICAMP), v. 35/36, p. 193-202, 2010.

MARQUES, P. A indústria da informática e o desenvolvimento brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*: 95-100 v. 7. 1994.

MARQUES, R. M.; BATLCH, M.; MENDES, A. Previdência social brasileira: um balanço da reforma. São Paulo **Perspec.** [online], vol.17, n.1, pp.111-121, 2003.

MARTINS, C. B. A reforma universitária de 1968 e a abertura para o ensino superior privado no Brasil. **Educ. Soc., Campinas**, vol. 30, n. 106, p. 15-35, jan./abr. 2009. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/es/v30n106/v30n106a02>>. Acesso em 16 de novembro de 2018.

MATOS, M. P.; CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Windows of opportunity and death valleys in STI policy construction: Policy dialogues in Brazil. **Science and Public Policy**, v. 45, p. 318-328, 2017.

MATTEDI, M. A.; GRISOTTI, M. SPIESS, R. B. A coperformação das ciências e da sociedade. Entrevista com Michel Callon. **Política & Sociedade**, Florianópolis, v. 8, n. 14, p. 383-408, 2000.

MELO, L. M. Financiamento à inovação no Brasil: análise da aplicação dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento científico e Tecnológico (FNDTC) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) de 1967 a 2006. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro (RJ), 8 (1), p.87-120, janeiro/junho 2009.

MELO, P. R. S; RIOS, E. D.; GUTIERREZ, R. Componentes Eletrônicos: Perspectivas para o Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 13, p. 3-64, mar. 2001.

MENARDI, Fabricio Benedito de Souza. **O centro de pesquisa e desenvolvimento da Telebras frente a reforma no setor de telecomunicações no Brasil**. 2000. 148p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociencias, Campinas, SP.

MORAES, M. A ciência como rede de atores: ressonâncias filosóficas. **Hist. cienc. saude-Manguinhos** [online]. 2004, vol.11, n.2, pp.321-333.

MOTOYAMA, S. (org). *Tecnologia e industrialização no Brasil: uma perspectiva histórica*. São Paulo: Editora da UNESP, 1994.

MOTOYAMA, S. (org); QUEIROZ, F. A.; NAGAMINI, M.; VARGAS, M. *Prelúdio para uma história: ciência e tecnologia no Brasil*. São Paulo: EDUSP, 2004.

MOTOYAMA, S. NAGAMINI, M. *A Engenharia Mecânica na Escola Politécnica da USP e suas Contribuições para a Sociedade Brasileira*. São Paulo: EDUSP, 2014.

MURY, L. G. M.; FOGLIATTO, F. S.: Adaptação de Produtos para Mercados Diferenciados a partir da Engenharia Reversa. **Revista PRODUÇÃO**: 5-22 v. 11, n. 2. Abril de 2002.

MURY, L. G. M.; FOGLIATTO, F. Adaptação de produtos para mercados diferenciados a partir da engenharia reversa. **Prod., São Paulo**, v. 11, n. 2, p. 5-22, Dec. 2001.

NEGRI, F.; NEGRI, J. A.; LEMOS, M. B. Impactos do ADTEN e do FNDCT sobre o Desempenho e os Esforços Tecnológicos das Firms Industriais Brasileiras, **Revista Brasileira de Inovação**, 8, 211-254, 2009.

NOBRE, L. N.; FREITAS, R. R. A evolução da pós-graduação no Brasil: Histórico, Políticas e Avaliação. **Brazilian Journal of Production Engineering (BJPE)**.3 (2), 2017.

NUNES, A. F. **O choque do petróleo de 1973: Estados Unidos, OPEAP e a Segurança Energética**. 2016. 127 f. Dissertação (Mestrado em História Comparada) – UFRJ, Rio de Janeiro. 2006.

OLIVEIRA, C. A.; AGUIAR, J. A.; FONTANINI, M. G. S. *Dispositivos Lógicos Programáveis*. Guaratinguetá, SP: UNESP. E-book. Disponível em <<http://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/logica-programavel.pdf>>. Acesso em 04 de agosto de 2017.

OLIVEIRA, E. H. PADOIN, E. L. ANÁLISE DE DESEMPENHO DA TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER EM GPGPUS E MPSOCS. **Salão do Conhecimento**, [S.l.], ago. 2015. ISSN 2318-2385. Disponível em: <<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/4509>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

OLIVEIRA, J. A. N. **Microsistema de apoio a elaboração de projetos que envolvam microprocessadores**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1981.

OLIVEIRA, J. J. Ciência, tecnologia e inovação no Brasil: poder, política e burocracia na arena decisória. **Rev. Sociol. Polit.** [online]. vol.24, n.59, pp.129-147, 2016.

PEREIRA, L. A. Os primórdios da informatização no Brasil: o "período paulista" visto pela ótica da imprensa. **História** [online], vol.33, n.2, pp.408-422, 2014.

Perspectivas para a microeletrônica no Brasil. **Informe setorial**. BNDE, 20 de junho de 1995. Disponível em <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9650/1/Informe%20Setorial%20da%20Ger%C3%Aancia%20Setorial%20do%20Complexo%20Eletr%C3%B4nico%20-%20n.3,%20jun.%201995_P_BD.PDF>. Acesso em 27 de fevereiro de 2019.

PIRAGIBE, C. *Indústria da informática: Desenvolvimento brasileiro e mundial*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1985.

POMAR, P. E. R. O ano de ouro das Fundações Privadas. **Revista ADUSP**, São Paulo, set. 2001. Dossiê, p. 57.

PONGE, R. 1968, dos movimentos sociais à cultura. **Organon**, 47, pp. 39-55, 2009.

PROCHINIK, V. A Contribuição da Universidade para o Desenvolvimento da Informática no Brasil. **Revista de Administração de Empresas**, vol. 28(3): 51-62, jul-set. 1988.

QUEIROZ, F. A. *A revolução microeletrônica: pioneirismos brasileiros e utopias tecnocrônicas*. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2007.

RATTNER, H. Inovação tecnológica e planejamento estratégico na década de 80. **Rev. adm. empres.**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 86-93, Dec. 1984.

REZENDE, S. M.; VEDOVELLO, C. Agências de financiamento como instrumento de política pública em ciência, tecnologia e inovação: o caso da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). **Parcerias Estratégicas**, n. 23, 2006.

RICOEUR, P. *Ideologia e utopia*, Lisboa, Edições 70, 1991.

RODRÍGUEZ, L. G. (org); LEAL, L. G. R. (org); CARNOTA, R. (org). *Historias de las TIC en America Latina y el Caribe: Inicios, desarrollos y rupturas*. Barcelona: Editorial Ariel, Madrid: Fundación Telefónica, 2015.

ROTHEN, J. C. Os bastidores da reforma universitária de 1968. **Educ. Soc.**, Campinas, vol. 29, n. 103, p. 453-475, maio/ago. 2008. Disponível em <<http://www.cedes.unicamp.br>>. Acesso em 14 de novembro de 2018.

SAMPAIO, H. Evolução do ensino superior brasileiro (1808-1990). Documento de Trabalho 8/91. Núcleo de Pesquisa sobre Ensino Superior da Universidade de São Paulo, 1991. Disponível em <<http://nupps.usp.br/downloads/docs/dt9108.pdf>>. Acesso em 27 de agosto de 2017.

SCHWARTZMAN, S. *High Technology vs Self Reliance: Brazil enters the computer age*. In: CHACEL, J. M. *et al.* Brazil's Economic and Political Future. Boulder: Westview Press. p.67-82, 1988.

SEGATTO-MENDES, A. P.; SBRAGIA, R. O processo de cooperação universidade-empresa em universidades brasileiras. **Revista de Administração da USP**, 37(4), 58-71, 2002.

SGUISSARDI, V. O Banco Mundial e a educação superior: revisando teses e posições? **Universidade e Sociedade**, Brasília, DF, v. 10, n. 22, p. 66-77, 2000.

SGUISSARDI, V. Universidade pública estatal: entre o público e privado/mercantil. **Educ. Soc.** [online]. vol.26, n.90, pp.191-222, 2005.

SHOCKLEY, W. *Electrons and Holes in Semiconductors with Applications to Transistor Electronics*. New Jersey: D. Van Nostrand Co., 1950.

SILVA, G. P. Os Projetos Acadêmicos Nacionais e sua Influência na Indústria Nacional. Disponível em <<https://www.researchgate.net/publication/>>

309791456_Os_Projetos_Academicos_Nacionais_e_sua_Influencia_na_Industria_Nacional_o_Caso_da_Cobra_Computadores>. Acesso em 05 de agosto de 2019.

SILVA, M. R. B. **O mundo transformado em laboratório: ensino médico e produção de conhecimento em São Paulo de 1891 a 1933**. 2003. 267 f. Tese (Doutorado em História) - USP, São Paulo, 2003.

_____. *Para hacer una historia de la informática en América Latina*. In: Luis Germán Rodríguez Leal; Raúl Carnota. (Org.). *Historias de las TIC en América Latina y el Caribe: inicios, desarrollos y rupturas*. Barcelona, Madri: Editorial Ariel S.A; Fundacion Telefonica, 2015, v. 1, p. 1-9.

_____. O computador brasileiro na Revista Dados e Ideias: uma proposta de futuro do passado da informática no Brasil. In: V Simpósio de História da Informática na América Latina e Caribe, 2018, Rio de Janeiro. Anais do V Simpósio de História da Informática na América Latina e Caribe. Rio de Janeiro, 2018. v. 1. p. s/p.

SIMONSEN, M. H. O Brasil e as multinacionais, **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.10, n.1, p. 165-6, 1976.

STAR, S. *Power, technology and the phenomenology of conventions: on being allergic to onions* in: LAW, J. (ed). *Sociology of monsters? essays on power, technology and domination*. london: Routledge, 1991. p. 132-161.

STEFANELLI, E. J. *Engenharia Reversa: Discussão sobre validade e legalidade desta prática*. Disponível em: <<http://www.stefanelli.eng.br/webpage/a-engenharia-reversa.html>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

SWART, J. W. *Evolução de microeletrônica a micro-sistemas*. CCS e FEEC-UNICAMP, 2000.

TAVARES, W. M. L. A indústria eletrônica no Brasil e seu impacto sobre a balança comercial. Disponível em <<https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/publicacoes-da-consultoria-legislativa/arquivos-pdf/pdf/108604.pdf>>. Acesso em 05 de agosto de 2019.

TIGRE, P. B. Como a América Latina se enquadra na tecnologia? **Ensaio FEE**, Porto Alegre, 10(2): 1989, p. 219.

TIGRE, P. B. *Computadores brasileiros: indústria, tecnologia e dependência*. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

TONOOKA, Eduardo K. Política Nacional de Informática: vinte anos de intervenção governamental. **Estudos Econômicos**, v. 22, n. 2, p. 273-297, São Paulo : IPE/USP, 1992.

VAN DAM, A. The History of Computer Graphics Standards Development. **ACM SIG-GRAPH Computer Graphics**. Volume 32 Issue 1, Pages 34-38, 1998.

VARGAS, M. *Historia da Ciência e Tecnologia: Uma súmula*. São Paulo: Humanitas Distribuição, 2001.

VERGARA, S. C. Universidade corporativa: A parceria possível entre empresa e a universidade tradicional. **Revista de Administração Pública**, 34, 181-188, 2000.

VIANNA, M. **Entre Burocratas e Especialistas: A formação e o controle do campo da informática no Brasil (1958-1979)**. 2016. 565 f. Tese (Doutorado em História) – Escola de Humanidades, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2016.

VIANNA, M. Uma visão da tecnopolítica em Informática na sociedade brasileira –um olhar sobre a revista Dados e Ideias (1975-1979). In: Anais do 9.º Encontro Nacional de História da Mídia. Ouro Preto: UFOP, 30.05 a 01.06.2013.

ZUFFO, J. A. *Circuitos integrados em média escala e em larga escala*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1977.

_____. *Compêndio de microeletrônica*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1984.

Documentos oficiais

BRASIL. Ministério da Fazenda. Centro de Informações Econômico-Fiscais. *Comércio Exterior do Brasil: Importações – 1969/1973*. Rio de Janeiro, 1974

BRASIL. Presidência da República. Reforma universitária: relatório do grupo de trabalho. Brasília: Presidência da República, 3 ed, 1983, p. 16.

Artigos de jornais e revistas

BIONDI, A. O “irritante” problema da transferência de tecnologia. **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, p. 25-29, 1975/1976.

BLUTAUMULLE, K. Mecânica fina, uma grande ausente na tecnologia nacional. **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.3, n.1, p. 12-19, 1977.

BUENO, R. Componentes nacionais: iniciada a produção, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.5, p. 39-43, 1976.

CONCEIÇÃO, M. Uma luta desigual, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.2, n.3, p. 16-20, 1976/1977.

DESTAQUE. A difícil afirmação do G-10, o computador nacional, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.4, p. 35-36, 1976.

DÓRIA PORTO, J. R. O vício “incurável” da importação de tecnologia, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.2, n.2, p. 55-59, 1976.

ECONOMIA. Computadores: a acirrada disputa do mercado, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.2, n.6, p. 54-56, 1976/1977.

FALLER, N. Editorial, **Boletim do PLURIX**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 1, 1987.

MACEDO, L. T. Quando normatização quer dizer interesse nacional, **Dados e Ideias**, Rio de Janeiro, v.4, n.4, p. 2-8, 1979.

MAMMANA, C. Z. O grande equívoco do almejado prestígio científico, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.5, p. 4-8, 1976.

MARQUES, I. C. O momento decisivo para o computador brasileiro, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 13-16, 1975.

MARQUES, I. C. A opção urgente: autonomia ou dependência tecnológica?, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, p. 06-17, 1975.

MARTINEZ, J. A expectativa nacional dos semicondutores, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.3, n.3, p. 12-18, 1977/1978.

MARTINEZ, J. A hora da revisão do modelo tecnológico brasileiro, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, p. 18-23, 1975.

MARTINEZ, J. O círculo vicioso da dependência tecnológica, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 4-7, 1975.

MARTINEZ, J. Os componentes estratégicos da independência tecnológica, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.5, p. 43-45, 1976.

PACIORNIK, S. D. A outra faceta do mestrado computador, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.5, p. 9-13, 1976.

RIPPER, M. O peso da balança de pagamentos na decisão de uma implantação de uma indústria brasileira de computadores. **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.3, p. 51-58, 1975/1976.

TEIXEIRA, S. A função vital da transferência de tecnologia, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p. 52-55, 1975. MAMMANA, C. I. Z. Consumidores ou geradores de tecnologia?, **Dados & Ideias**, Rio de Janeiro, v.1, n.5, p. 24-28, 1976.

ULUP, E. Modens, um novo campo para a iniciativa nacional. **Dados e Ideias**, Rio de Janeiro, v. 2 n. 4, p. 17-21, 1977.

Medidas severas para equilibrar o balanço. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 03 de dezembro de 1975. Primeiro Caderno, p. 20.

Cacex suspende a importação de 292 itens. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 10 de fevereiro de 1976. Primeiro Caderno, p. 18.

TELECOMUNICAÇÕES BRASILEIRAS S/A. TELEBRÁS. Relatório da Diretoria. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 03 mar. 1974. Caderno de economia, p. 25.

Teses e dissertações (consultadas em detalhes)

BATTAIOLA, A. L. **Descricao e analise do desenvolvimento e da implementacao de interfaces graficas de um nucleo grafico 'GKS'**. 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1985.

JOTA, F. G. **Projeto e construcao de um terminal grafico retiforme**. 1982. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1982.

FERRARETTO, M. D. **Uma arquitetura voltada para o modelo de monitores**. 1980. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1980.

GRASSIANI, E. **Procedimentos microprogramados num minicomputador**. 1975. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1975.

GRINBERG, S. **Contribuição ao estudo e modelamento dos transistores de unijunção**. 1977. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1977.

HOMEM DE MELLO, L. S. **Predeterminação em computador do comportamento do sistema de tração elétrica de uma ferrovia**. 1976. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1976.

JOSÉ NETO, J. **Aspectos do projeto de software de um minicomputador**. 1975. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1975.

KOVACH, S. **Projeto de um sistema de entrada e saída de um minicomputador**. 1975. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1975.

LA NEVE, A. **Projeto e construção de uma máquina de calcular serial-binária**. 1980. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1980.

LAGANÁ, A. A. M. **Contribuições a uma tecnologia n-mos com carga em depleção e porta metálica, e projeto de uma fonte de autopolarização**. 1984. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1984.

PACIORNIK, S. D. **Da síntese de um processador digital : um estudo analítico**. 1976. 327 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1976.

RANZINI, E. **Projeto e ensaio de memórias de núcleos de ferrite**. 1975. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1975.

RANZINI, E. **Sistema de desenvolvimento de projetos com microprocessadores**. 1981. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1981.

ROBALINHO, E. J. **Sistemas digitais semidedicados implementados com lógica de injeção integrada**. 1981. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1981.

RUGGIERO, W. V. **Projeto de um processador central microprogramado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1975.

SOUZA, B. J. **Software de um minicomputador : sistema básico de controle**. 1976. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1976.

STIUBIENER, S. **Protocolo de transporte para redes de computadores**. 1981. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1981.

STRUM, M. **Estudo e realização de uma célula básica de memória EEPROM**. 1983. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1983.

ZUFFO, J. M. **Delineamento de um processador de dados modular serial-decimal**. 1974. Tese (Livre Docência em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1974.

Sites de internet

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DO ITA. Cláudio Zamitti Mammana – wikiITA. Disponível em <http://www.aeitaonline.com.br/wiki/index.php?title=Cl%C3%A1udio_Zamitti_Mammana>. Acesso em 3 de setembro de 2017.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Calculadora do cidadão. Disponível em <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>>. Acesso em 02 de agosto de 2019.

BRASIL, Câmara dos Deputados. Decreto nº 55.820, de 8 de Março de 1965 - Publicação Original. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-55820-8-marco-1965-396252-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

BRASIL, Câmara dos Deputados. Decreto nº 70.370, de 5 de Abril de 1972. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-70370-5-abril-1972-418827-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 03 de janeiro de 2019.

BRASIL, Câmara dos Deputados. Decreto nº 77.118, de 9 de fevereiro de 1976 - Publicação Original. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-77118-9-fevereiro-1976-425743-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 26 de julho de 2017.

BRASIL, Palácio do Planalto. Decreto-Lei nº 1.427, de 2 de Dezembro de 1975. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del1427.htm>. Acesso em 11 de setembro de 2017.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. Centro de Memória. Dirigentes de 1977. Disponível em <<http://centrodememoria.cnpq.br/Dirigente77.html>>. Acesso em 31 de julho de 2019.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. Currículo do Sistema de Currículos Lattes (Paulo Gomes Lima). Disponível em <<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?metodo=apresentar&id=K4702337T4>>. Acesso em 30 de dezembro de 2018.

EXCHANGE-RATES. Conversão de Dólares Americanos (USD) para Reais Brasileiros (BRL) - Taxas de Câmbio. Disponível em <<https://pt.exchange-rates.org/Rate/USD/BRL>>. Acesso em 2 de agosto de 2019.

FARIAS, G. Introdução à Computação. 1.2. As gerações dos computadores. Disponível em <<http://producao.virtual.ufpb.br/books/camyle/introducao-a-computacao-livro/livro/livro.-chunked/ch01s02.html>>. Acesso em 19 de fevereiro de 2019.

HOLLANDA, H. B. A cultura nos anos 60. Disponível em: <http://www.itaucultural.org.br/ocupacao/zuzu-angel/anos-de-chumbo/?content_link=15> Acesso em 14 de janeiro de 2019.

MELO, P. R. S.; ROSA, S. E. S.; Perspectivas para a microeletrônica no Brasil. Informe setorial. Área de operações industriais – AO1. **Gerência setorial do complexo eletrônico**. n. 3, 20/06/1995. Disponível em <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9650/1/Informe%20Setorial%20da%20Ger%C3%Aancia%20Setorial%20do%20Complexo%20Eletr%C3%B4nico%20-%20n.3,%20jun.%201995_P_BD.PDF>. Acesso em 27 de fevereiro de 2019.

MUSEU DA PESSOA. Desvendando o FIPEC – Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico-Científica. 2009. Disponível em <<http://www.museudapessoa.net/pt/conteudo/historia/-47177>>. Acesso em 05 de maio de 2019.

MONSERRAT NETO, J. Introdução à Arquitetura de Computadores. Disponível em <<http://professores.dcc.ufpa.br/~monserrat/icc/Capitulo2.html>>. Acesso em 9 de abril de 2019.

OLIVEIRA, M. João Antônio Zuffo: Da eletricidade para o mundo digital. 2017. Disponível em <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/03/17/joao-antonio-zuffo-da-eletricidade-para-o-mundo-digital/>>. Acesso em 15 de janeiro de 2019.

TECMUNDO. O que é memória ROM?. 2011. Disponível em <<https://www.tecmundo.com.br/memoria/9346-o-que-e-memoria-rom-.htm>>. Acesso em 04 de agosto de 2017.

TORRES, G. Monitores de Vídeo - Varredura entrelaçada. 1997. Disponível em <<https://www.clubedohardware.com.br/artigos/video/monitores-de-video-r33715/?nbcpage=7>> em Acesso em 19 de abril de 2019.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Decreto nº 52.326, de 16 de Dezembro de 1969 | Normas USP. Disponível em <<http://www.leginf.usp.br/?historica=decreto-no-52-326-de-16-de-dezembro-de-1969>>. Acesso em 17 de julho de 2019.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Decreto nº 52.906, de 27 de Março de 1972 | Normas USP. Disponível em <<http://www.leginf.usp.br/?historica=decreto-no-52-906-de-27-de-marco-de-1972>>. Acesso em 17 de julho de 2019.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Prof. Dr. Antônio Francisco de Paula Souza – 1893-1917. Disponível em <<https://www.poli.usp.br/institucional/diretoria/galeria-de-diretores/prof-dr-antonio-francisco-de-paula-souza>>. Acesso em 17 de outubro de 2018.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. PSI - Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos. Disponível em <<http://sites.usp.br/psi/pesquisa/lme/>>. Acesso em 15 de janeiro de 2019.

WOLFFENBÜTTEL, A. O que é? FOB. 2006. Disponível em <http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2115:catid=28&Itemid=23>. Acesso em 26 de julho de 2017.

Entrevistas

MARQUES, Ivan da Costa: depoimento [set. 2018]. Cláudio Bernardino Junior. São Paulo. 1 arquivo sonoro. Entrevista concedida para autoria da dissertação Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP: FINEP-LSI e FDTE-LSD (1974-1985).

MOSCATO, Lucas: depoimento [set. 2018]. Cláudio Bernardino Junior. São Paulo. 1 arquivo sonoro. Entrevista concedida para autoria da dissertação Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP: FINEP-LSI e FDTE-LSD (1974-1985).

RANZINI, Edith: depoimento [ago. 2018]. Cláudio Bernardino Junior. São Paulo. 1 arquivo sonoro. Entrevista concedida para autoria da dissertação Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP: FINEP-LSI e FDTE-LSD (1974-1985).

ZUFFO, João Antônio: depoimento [ago. 2018]. Cláudio Bernardino Junior. São Paulo. 1 arquivo sonoro. Entrevista concedida para autoria da dissertação Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP: FINEP-LSI e FDTE-LSD (1974-1985).

ZUFFO, João Antônio: depoimento [nov. 2018]. Cláudio Bernardino Junior. São Paulo. 3 arquivos sonoros. Entrevista concedida para autoria da dissertação Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP: FINEP-LSI e FDTE-LSD (1974-1985).

ANEXOS

Anexo I: Listagem das teses e dissertações publicadas pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP. Fonte: Dédalus

Grau	Ano	Autor	Orientador	Título	Laboratório Do Orientador
Doutorado	1974	Edgar Charry Rodriguez	Ademar Ferreira	Desenvolvimento e aplicações de uma tecnologia MOS canal N de poço	LME
Doutorado	1975	Wilson de Padua Paula Filho	Antonio Hélio Guerra Vieira	Projeto estruturado de redes de comutação de pacotes	LSD
Doutorado	1975	Claudio Zamitti Mammana	Walter Del Picchia	Contribuições ao projeto e implementação de arquiteturas de sistemas	--
Doutorado	1976	Silvio Davi Pacornik	José Rubens Dória Porto	Da síntese de um processador digital : um estudo analítico	LSI
Doutorado	1977	Waldir Pó	Giorgio Gambirasio	Realização de um modelo de interligação em corrente contínua com carga	--
Doutorado	1977	Edson Benedicto Ramos	Normonds Alens	Malha de sincronismo de fase : aperfeiçoamentos e aplicações	--
Doutorado	1978	Lucas Antonio Moscato	Antonio Hélio Guerra Vieira	Sistemas virtuais de computação : análise e projeto	LSD
Doutorado	1978	Joel Pereira de Souza	Edgar Charry Rodriguez	Tecnologia simples para circuitos digitais MOS Canal N com carga em	LME
Doutorado	1978	Eduardo Mario Dias	Ernesto João Robba	Estudos de ferrovias em corrente alternada	--
Doutorado	1978	Jorge Mieczyslaw Janiszewski	Giorgio Gambirasio	Método dos elementos finitos aplicado a problemas de campos eletromagnéticos	--
Doutorado	1979	Aderbal Alves Borges	Jacyntho José Angerami	Desenvolvimento de terminal de assinantes para sistema de comutação PTC	PTC
Doutorado	1979	Leopoldo Antonio de Oliveira	Plinio Benedicto de Lauro	Contribuição à gerência dos recursos humanos : integração da avaliação	--
Doutorado	1979	Maria Alice Grigas Varella	Tamio Shimizu	Linguagem estruturada para processamento concorrente : definição e	LSD
Doutorado	1980	Geraldo Lino Campos	Antônio Marcos de Aguiar	Síntese de voz para o idioma português	LSD
Doutorado	1980	João José Neto	Antônio Marcos de Aguiar	SPD : um sistema automático de apoio ao projeto e desenvolvimento de	LSD
Doutorado	1980	Augusto Ferreira Brandão	Ernesto João Robba	Aspectos econômicos e probabilísticos em estudos de instalação de	--
Doutorado	1980	Mário Dias Ferraretto	José Rubens Dória Porto	Uma arquitetura voltada para o modelo de monitores	LSI
Doutorado	1980	Maria Lucia dos Santos Teles	Plinio Benedicto de Lauro	Da abordagem minimax para identificação de sistemas dinâmicos	--
Doutorado	1981	Edit Grassiani Lino Campos	Antonio Hélio Guerra Vieira	Contribuição ao estudo do nível conceitual para sistemas de gerenciamento	LSD
Doutorado	1981	Edith Ranzini	Antonio Hélio Guerra Vieira	Sistema de desenvolvimento de projetos com microprocessadores	LSD
Doutorado	1981	Elédio José Robalinho	Carlos Américo Morato de Souza	Sistemas digitais semidedicados implementados com lógica de injeção	LME
Doutorado	1981	Jacobus Willibrordus Swaen	Edgar Charry Rodriguez	BCCD : estudo teórico-experimental e desenvolvimento de um processador	LME
Doutorado	1981	Luiz Cláudio Ribeiro Galvão	Ernesto João Robba	Confiabilidade em redes de distribuição primária	--
Doutorado	1981	Antonio Octavio Martins de Almeida	José Thomaz Senise	Método para medida de permissividades em microondas utilizando uma	--
Doutorado	1981	Stefania Stiubliener	Lucas Antonio Moscato	Protocolo de transporte para redes de computadores	LSD
Doutorado	1982	Selma Shin Shimizu Melhi	Carlos José Pereira de Lauro	Sistema AP ² : um ambiente para a programação paralela	--
Doutorado	1982	Mario Cavaleiro Fernandes	Jair Candido Melo	Estudo de sincronização em TDM	--
Doutorado	1982	Alessandro La Neve	João Antônio Zuffo	Projeto e construção de uma calculadora programável serial binária	LSI
Doutorado	1982	Moacyr Martucci Júnior	Lucas Antonio Moscato	Especificação da arquitetura de um sistema distribuído para controle	LSD
Doutorado	1982	Cícero Couto de Moraes	Rubens Guedes Jordão	Estudos sobre aplicações de máquinas elétricas em tração ferroviária	--
Doutorado	1983	José Hiroki Saito	Antônio Marcos de Aguiar	Automação de projetos de circuitos impressos em um sistema gráfico	LSD
Doutorado	1983	Marius Strum	Carlos Américo Morato de Souza	Estudo e realização de uma célula básica de memória EEPROM	LME
Doutorado	1983	Vitor Marques Pinto Leite	Plinio Benedicto de Lauro	Desacoplamento de perturbações em sistemas lineares descentralizados	--
Doutorado	1984	Benício José de Souza	Antônio Marcos de Aguiar	Análise de sistemas microcomputadores que desempenham funções de	LSD
Doutorado	1984	Marcio Cherem Schneider	Carlos Américo Morato de Souza	Modelamento de transistores bipolares para simuladores de circuitos	LME

Doutorado	1984	Fernando Selles Ribeiro	Luiz Cláudio Ribeiro Galvão	Microcomputador na análise de sistemas elétricos : procedimento com--
Doutorado	1984	Roberto Moura Sales	Plínio Benedicto de Lauro	Contribuição à teoria de sistemas adaptativos --
Doutorado	1985	Reusi Ines Fonseca	Carlos Américo Morato de	Estruturação de um método de fabricação de transistores bipolares auLME
Doutorado	1985	Aderbal de Arruda Pentea	Eduardo Mario Dias	Compensadores estáticos para desequilíbrios : um procedimento de e--
Doutorado	1985	Pedro Luís Próspero Sanc	João Antônio Zuffo	Sistemas de apoio e automação de projeto de circuitos integrados digilLSI
Doutorado	1985	Paulo Faria Santos Amara	Lucas Antonio Moscato	Concepção e implementação de um laboratório para desenvolvimentoLSD
Doutorado	1985	Geraldo Francisco Burani	Luiz Cláudio Ribeiro Galvão	Aplicação de técnicas de transporte no planejamento da distribuição d--
Doutorado	1985	Priscila Goldenberg	Luiz de Queiroz Orsini	Redução de ordem em sistemas lineares --
Doutorado	1985	Alcindo do Prado Júnior	Plínio Benedicto de Lauro	Sobre controle adaptativo de sistemas de fase não mínima --
Doutorado	1985	Francisco Eneas da Cunha	Wilson Vicente Ruggiero	Arquitetura de computadores dirigidos pelo fluxo de dados LSD
Doutorado	1985	Graça Bressan	Wilson Vicente Ruggiero	Ambiente de programação distribuída : definição, análise e síntese LSD
Mestrado	1974	Luiz David Alfabet	Ademar Ferreira	Alguns aspectos da construção de células solares de silício LME
Mestrado	1974	Stefania Stiubienier	Antonio Hélio Guerra Vieir	Aspectos da transmissão de dados por canais telefônicos LSD
Mestrado	1974	Megumi Saito	Carlos Ignácio Zamitti M	Projeto e construção de diodos schottky para aplicação em micro-ondaLME
Mestrado	1974	Jose Lindolpho Alves de L	Ernesto João Robba	Alguns aspectos da estimação de estado estática nos sistemas elétric--
Mestrado	1974	Luiz Sergio Zasnico	João Antônio Zuffo	Projeto e construção de retificadores controlados de silício utilizando aLSI
Mestrado	1974	Mário Cavaleiro Fernandes	Luiz de Queiroz Orsini	Filtros ativos de segunda ordem : realizados com amplificadores oper--
Mestrado	1974	Maria Alice Grigas Varella	Tamio Shimizu	Sistema de programação "Cross-Montador" para um minicomputador. LSD
Mestrado	1975	Edit Grassiani	Antonio Hélio Guerra Vieir	Procedimentos microprogramados num minicomputador LSD
Mestrado	1975	Edith Ranzini	Antonio Hélio Guerra Vieir	Projeto e ensaio de memórias de núcleos de ferrite LSD
Mestrado	1975	Sérgio Gonçalves	Antonio Hélio Guerra Vieir	Incorporação de um display gráfico e de caracteres a um sistema de LSD
Mestrado	1975	Stephan Kovach	Antonio Hélio Guerra Vieir	Projeto de um sistema de entrada e saída de um minicomputador LSD
Mestrado	1975	Wilson Vicente Ruggiero	Antonio Hélio Guerra Vieir	Projeto de um processador central microprogramado LSD
Mestrado	1975	João José Neto	Antônio Marcos de Aguirr	Aspectos do projeto de software de um minicomputador LSD
Mestrado	1975	Roberto Katumi Nakagum	Décio Leal de Zagottis	Análise viscoelástica linear utilizando a transformada de Laplace e o --
Mestrado	1975	Lineu Belico dos Reis	Ernesto João Robba	Alguns aspectos do comportamento transitório das máquinas assíncro--
Mestrado	1975	Luiz Cláudio Ribeiro Galvão	Ernesto João Robba	Dimensionamento de cabos em redes de distribuição radiais --
Mestrado	1975	Jocelyn Freitas Bennaton	Plínio Benedicto de Lauro	Classe de problemas de controle associados a sistemas bilineares --
Mestrado	1975	Maria Lucia dos Santos T	Plínio Benedicto de Lauro	Algunas técnicas iterativas para identificação de sistemas lineares --
Mestrado	1976	Nestor de Mattos Cunha J	Antônio Marcos de Aguirr	Automação de projetos de sistemas digitais : participação de circuitos LSD
Mestrado	1976	Eduardo Mario Dias	Ernesto João Robba	Estudos de curto-circuito em sistemas de potência --
Mestrado	1976	Jose Alberto Salazar Ram	Ernesto João Robba	Dimensionamento econômico de malha de terra para subestações --
Mestrado	1976	Marcio Szechtman	Giorgio Gambirasio	Estabilidade para pequenas perturbações de um elo de transmissão e--
Mestrado	1976	Miguel Bussolini	Giorgio Gambirasio	Modelo de usina elétrica realizado por grupo conversor estático-motor--
Mestrado	1976	Mário Dias Ferraretto	José Rubens Dória Porto	Ligação de computadores : um sistema cooperacional para aquisição LSI
Mestrado	1976	Plínio Francisco dos Sant	Jose Thomaz Senise	Sobre um método automático de medida de impedâncias em micro-on--
Mestrado	1976	José Carlos Teixeira de B	Luiz de Queiroz Orsini	Capacimetro digital --

Mestrado	1976	André Fábio Kohn	Normonds Alens	Sistema de aquisição de dados e análise eletrocdeográfica, um mini	--
Mestrado	1976	Francisco Murari Pires	Normonds Alens	Observações a respeito da aplicação do conceito de "informação" ao c	--
Mestrado	1976	Paulo Cesar Pinto Calabrieri	Roberto Marconato	Obtenção de uma técnica de fabricação de diodos retificadores	--
Mestrado	1976	Mario Roberto Granziera	Roberto Yoshiyuti Hukai	Análise de acidentes de criticalidade no reator de potência zero do Ins	--
Mestrado	1976	Antonio Soares de Gouveia	Romulo Ribeiro Pieroni	Estudo da cinetica de sistemas multicompartimentalizados com tracad	--
Mestrado	1976	Benício José de Souza	Tamio Shimizu	Software de um minicomputador : sistema básico de controle	LSD
Mestrado	1976	Luiz Scaramelli Homem de	Wagner Waneck Martins	Predeterminação em computador do comportamento do sistema de tra	--
Mestrado	1977	Selma Shin Shimizu Melhi	Antônio Marcos de Aguirr	Automação de projetos de sistemas digitais : posicionamento de compl	LSD
Mestrado	1977	Elédio José Robalinho	Bernard Waldman	Projeto e construção de dispositivos hall epitaxiais	LME
Mestrado	1977	Miguel Carlos Guerrero Vá	Carlos Américo Morato de	Estudo da camada enterrada obtida através de arsenosilicafime	LME
Mestrado	1977	Marius Strum	Edgar Charry Rodriguez	Uma contribuição ao estudo teórico e experimental de um TEC-MOS d	LME
Mestrado	1977	Aderbal de Arruda Pentea	Ernesto João Robba	Estudo do comportamento dinâmico de motores assíncronos de grand	--
Mestrado	1977	Fernando Selles Ribeiro	Ernesto João Robba	Estudo de fluxo de potência em instalações industriais de grande porte	--
Mestrado	1977	Sérgio Grinberg	João Antônio Zuffo	Contribuição ao estudo e modelamento dos transistores de unijunção	LSI
Mestrado	1977	Edmar Camargo	José Kleber da Cunha Pin	Projeto e construção de circuitos de microondas a quadripolos ativos	--
Mestrado	1977	Verena Maria Giongo Gui	José Rubens Dória Porto	Linguagem auxiliar de microprogramação	LSI
Mestrado	1977	Fenelon Arruda	Plinio Benedicto de Lauro	Modelo dinâmico para o sistema financeiro de uma empresa industrial	--
Mestrado	1977	Marco Antonio Barragan	Plinio Benedicto de Lauro	Controle ótimo estocástico aplicado a uma coluna de destilação	--
Mestrado	1977	Marcos Antonio Vieira Pel	Roberto Yoshiyuti Hukai	Sistema de controle e instrumentação do reator de potência zero do IE	--
Mestrado	1977	Irso Collussi	Willem Jan Oosterkamp	Efeito de "streaming" em reatores rápidos do tipo GCFR	--
Mestrado	1978	Marcelo Pessôa	Antonio Hélio Guerra Vieir	Fonte de alimentacao chaveada para um minicomputador	LSD
Mestrado	1978	Cicero Couto de Moraes	Aurio Gilberto Falcone	Comportamento dos motores assíncronos em regime de tensão e freq	--
Mestrado	1978	Alfeu Fissore	Bernard Waldman	Corrosao anisotropica do silicio e caracterizacao dessa corrosao pela	LME
Mestrado	1978	Antonio Carlos Fiore de M	Carlos Américo Morato de	Contribuicao a caracterizacao dos transistores bipolares	LME
Mestrado	1978	Francisco Javier Ramirez	Carlos Américo Morato de	Contribuição ao projeto e construção de transistores bipolares pnp.	LME
Mestrado	1978	Amilcar Araujo Milasch	Dimetri Ivanoff	Transitorios em transformadores de correntes para reles de protecao	--
Mestrado	1978	Nelson Fontella Goncalves	Edgar Charry Rodriguez	Estudo teorico-experimental do sistema 'SI'-'SI' 'O IND'2' utilizando c	LME
Mestrado	1978	Wilhelmus Adrianus Maria	Edgar Charry Rodriguez	Contribuicao ao estudo teorico e experimental de uma memoria ram e	LME
Mestrado	1978	Augusto Ferreira Brandão	Ernesto João Robba	Políticas de instalação e operação de transformadores	--
Mestrado	1978	Carlos Márcio Vieira	Ernesto João Robba	Fluxo de potência : método de Newton-Raphson	--
Mestrado	1978	Geraldo Francisco Burani	Ernesto João Robba	Estudo sobre redes reticuladas	--
Mestrado	1978	Cecilia Helena de Magalhã	Giorgio Gambirasio	Confiabilidade de sistemas eletricos de potencia interligados radialme	--
Mestrado	1978	Marcio de Campos Villar	Giorgio Gambirasio	Influencia da manutencao das unidades geradoras na confiabilidade d	--
Mestrado	1978	Bruno Souza Vianna	Normonds Alens	Sistema eletrónico de processamento de sinais da coclea para avaliac	--
Mestrado	1978	Mario Kaphan	Normonds Alens	Desenvolvimento de um sistema de aquisicao, impressao e processan	--
Mestrado	1978	Conrado Alceste Montiner	Normonds Alens	Desenvolvimento de um sistema de modulacao delta com passo de qu	--
Mestrado	1978	Paulo Roberto Borba	Roberto Yoshiyuti Hukai	Calculo das probalidades de falha de suprimento de energia eletrica d	--

Mestrado	1978	Assuero de Moraes Escóti	Wagner Waneck Martins	Aplicação de componentes simétricas a sistemas elétricos desequilibrados	--
Mestrado	1979	Moacyr Martucci Júnior	Antônio Marcos de Aguiar	Projeto de uma memória monolítica : recurso para ampliação da memória	LSD
Mestrado	1979	Jose Augusto de Alencar	Bernard Waldman	Construção e caracterização de um fotodiodo de silício	LME
Mestrado	1979	Fernando Antonio de Castro	Dimetri Ivanoff	Fluxo de potência ótimo por programação linear sucessiva : alguns aspectos	--
Mestrado	1979	Ana Maria Kuniyoshi	Edgar Charry Rodriguez	Desenvolvimento básico de uma tecnologia CMOS porta metálica	LME
Mestrado	1979	Hugo Oscar Brodskyn	Ernesto João Robba	Influência da resistência de aterramento de transformadores na sobre-tensão	--
Mestrado	1979	Marcos Roberto Gouvêa	Ernesto João Robba	Método planejamento de redes radiais de distribuição secundária	--
Mestrado	1979	Francisco Eneas da Cunha	João Antônio Zuffo	Projeto e construção de um terminal de vídeo alfanumérico	LSI
Mestrado	1979	Rubens Rodrigues Seway	José Rubens Dória Porto	Técnicas de síntese de interfaces	LSI
Mestrado	1979	Paulo Rogério Pinto Coelho	Lao Holland	Análise não destrutiva da massa de urânio natural através da medida de emissão	--
Mestrado	1979	Celso de Oliveira	Luiz de Queiroz Orsini	Detector digital de tons : teoria e aplicação	--
Mestrado	1979	Jose Dalvio Ghirello Garcia	Plinio Benedicto de Lauro	Identificação e estimação de modelos lineares para estudo da correção de erros	--
Mestrado	1979	Ricardo Geretto Kortas	Plinio Benedicto de Lauro	Modelo matemático do sistema de autoregulação do fluxo de irrigação	--
Mestrado	1980	Serafim Bragança Mendes	Dimetri Ivanoff	Modelo de simulação a subsistemas equivalentes : aplicação de programação	--
Mestrado	1980	Egon Palma da Rosa	Ernesto João Robba	Localização de bancos de capacitores em redes de sub-transmissão	--
Mestrado	1980	Fernando Luiz Marcelo Arrais	Ernesto João Robba	Custeio de redes primárias de distribuição por computador	--
Mestrado	1980	Gilvan Diogenes de Sousa	Ernesto João Robba	Análise técnico-econômica dos sistemas de distribuição usados na eletrificação	--
Mestrado	1980	Jose Luiz da Silva Junior	Ernesto João Robba	Bases para estudos de sistemas "spot-network"	--
Mestrado	1980	Marcos Antonio Dias de Almeida	Ernesto João Robba	Bases para estudos de sistemas primários seletivos	--
Mestrado	1980	Tomaz Nunes Cavalcante	Ernesto João Robba	Determinação da confiabilidade de redes radiais primárias por simulação	--
Mestrado	1980	Mario Lucio Cortes	Francisco José de Oliveira	Avaliação da confiabilidade em sistemas digitais triplicados	LSD
Mestrado	1980	Alessandro La Neve	João Antônio Zuffo	Projeto e construção de uma máquina de calcular serial-binária	LSI
Mestrado	1980	Jader Alves de Lima Filho	João Antônio Zuffo	Projeto e elaboração de uma unidade lógica e aritmética utilizando tecnologia	LSI
Mestrado	1980	Ruy Pepe da Silva	João Antônio Zuffo	Sistema eletrônico do TBR	LSI
Mestrado	1980	Frank André Schaffa	Lucas Antonio Moscato	Reconfiguração de uma máquina de arquitetura distribuída	LSD
Mestrado	1980	Victor Alfonso Valenzuela	Paulo Antonio Mariotto	Equipamento modular de testes : módulos base de tempo, gerador de pulsos	--
Mestrado	1980	Claudette Junqueira de Castro	Plinio Benedicto de Lauro	Preditores para séries temporais climáticas com horizonte de algumas horas	--
Mestrado	1981	Jose Djalmas Palazzo Rolim	Antônio Marcos de Aguiar	Controle autônomo de um rastreador gráfico planar	LSD
Mestrado	1981	Walter Alberto Morita	Antônio Marcos de Aguiar	Implementação de um protocolo síncrono de comunicação de dados	LSD
Mestrado	1981	José Jaime da Cruz	Atair Rios Neto	Pilotagem automática de embarcações com emprego de controle estocástico	--
Mestrado	1981	Dante Augusto Couto Barreto	Carlos Américo Morato de Almeida	Contribuição ao estudo e a caracterização da difusão de bósons e de fótons	LME
Mestrado	1981	Carlos Alberto Figueiredo	Ernesto João Robba	Técnica para avaliação da confiabilidade nas subestações, em termos de custos	--
Mestrado	1981	Fumitaka Nishimura	Ernesto João Robba	Cálculo de parâmetros elétricos de cabos subterrâneos	--
Mestrado	1981	José Augusto Pereira da Silva	Ernesto João Robba	Estudo térmico de transformadores.	--
Mestrado	1981	Giancarlo Guenzi	Giorgio Gambirasio	Confiabilidade de sistemas de sub-transmissão com método de simulação	--
Mestrado	1981	Emilio Bernardes de Melo	Jacyntho José Angerami	Interfaces de sinalização MFC para uma central telefônica CPA de pequeno porte	PTC
Mestrado	1981	Paul Jean Etienne Jeszen	Jacyntho José Angerami	Desenvolvimento de um modulador delta, com compensação silábica por	PTC

Mestrado	1981	Paulo Martins Engel	Joel Pereira de Souza	Captura de impurezas metálicas em silício por camadas implantadas dLSI
Mestrado	1981	Roberto Moura Sales	Plinio Benedicto de Lauro	Sistema de controle auto-otimizante para processo de fermentação co--
Mestrado	1981	Berenice Pescuma Domei	Rino Curti	Metodo de otimização aplicado a resolução do fluxo de carga em siste--
Mestrado	1982	José Roberto de Almeida	Bernard Waldman	Construção e caracterização de um fototransistor de silício LME
Mestrado	1982	Mario Klimkowski	Ernesto João Robba	Operação de redes subterrâneas com secundário em malhas --
Mestrado	1982	Newton Rocha Gotelip	Ernesto João Robba	Sistemática mecanizada para planejamento de sistemas de distribuição--
Mestrado	1982	Cesar Francisco Martins	Giorgio Gambirasio	Análise da utilização de caldeiras elétricas na indústria --
Mestrado	1982	Fabio Goncalves Jota	João Antônio Zuffo	Projeto e construção de um terminal gráfico retiforme LSI
Mestrado	1982	José Augusto Suruagy Mc	Lucas Antonio Moscato	Descrição, validação e geração automática de implementações de proLSD
Mestrado	1982	Orlando Del Bianco Filho	Lucas Antonio Moscato	Definição, projeto e aspectos da implementação de um controlador logLSD
Mestrado	1982	Demi Getschko	Normonds Alens	Realçamento de imagem e detecção de bordas --
Mestrado	1982	Roberto Gerencer	Normonds Alens	Estudo de critérios de avaliação da faixa necessária para transmissão--
Mestrado	1982	Henrique Prado Alvarez	Orlando Silvio Lobosco	Motores assíncronos trifásicos : teste de carga sob duas frequências --
Mestrado	1982	Augusto Celso Zanella	Paulo Antonio Mariotto	Projeto e aplicação de um conversor CC-CA para fins industriais --
Mestrado	1983	Fabio Pettinati	Antônio Marcos de Aguirr	Modelamento digital e representacao grafica de superficies LSD
Mestrado	1983	José Vieira do Vale Neto	Carlos Américo Morato de	Aplicações da tecnologia CCL em blocos lógicos LME
Mestrado	1983	Martha Friedel	Carlos Américo Morato de	Projeto de um "gate-array" ecl de logica emplilhada LME
Mestrado	1983	Miryam de Moraes	Carlos Américo Morato de	Projeto de um gate-array ecl de logica a dois niveis LME
Mestrado	1983	Neun Kong Lai Song	Dimetri Ivanoff	Modelagem da histerese magnetics em programas digitais de simulacão--
Mestrado	1983	Eduardo Cesar Senger	Ernesto João Robba	Ajustes dos parâmetros de reguladores de tensão em alternadores : u--
Mestrado	1983	Paulo Silas de Oliveira C	Francisco José de Oliveira	Sistema confiavel e seguro de parada de emergencia LSD
Mestrado	1983	Celio Antonio Finardi	José Kleber da Cunha Pin	Desenvolvimento de uma tecnologia para confecção de circuitos inte --
Mestrado	1983	Fatima Salete Correra	José Kleber da Cunha Pin	Oscilador de microondas controlado por tensao --
Mestrado	1983	Eloah Goncalves da Cunha	Luiz de Queiroz Orsini	Estudo comparativo de metodos quase-newton com metodos de gradi--
Mestrado	1983	Sergio Leopoldo Liwschitz	Luiz de Queiroz Orsini	Estudo de metodos computacionais aplicados a redes nao lineares --
Mestrado	1983	Walter Kaiser	Waldir Pó	Estudo de cargas trifásicas controladas por ciclos inteiros --
Mestrado	1983	Márcio Rillo	Walter Del Picchia	Controlador programável utilizando grafos de comando etapa-transição--
Mestrado	1984	Marcio Tarozzo Biasoli	Adnei Melges de Andrade	Películas de dióxido de estanho : obtenção, caracterização e aplicac LME
Mestrado	1984	Roberto Salvador Mengat	Antônio Marcos de Aguirr	Concepção de um sistema para projeto automatico com matrizes de pLSD
Mestrado	1984	Milton Itsuo Samesina	Eduardo Mario Dias	Compensadores estaticos de reativos e de desequilibrios em sistemas--
Mestrado	1984	Cicero Romao Cavati	Ernesto João Robba	Carregamento economico de transformadores de distribuicao --
Mestrado	1984	Eduardo Benevolo Lugo	Ernesto João Robba	Metodologia para calculo de projeções de mercado em sistemas eletri--
Mestrado	1984	Ivanildo Pires Queiroz	Ernesto João Robba	Arranjos tecnico-economicos de bancos de capacitores para subestac--
Mestrado	1984	Jose Ernani da Silva	Ernesto João Robba	Aplicação de computação a proteção de sistema de distribuição de en--
Mestrado	1984	Max Gerken	Jacyntho José Angerami	Estudo da transformada de Fourier discreta e sua aplicação a análise PTC
Mestrado	1984	Armando Antonio Maria L	João Antônio Zuffo	Contribuições a uma tecnologia n-mos com carga em depleção e portaLSI
Mestrado	1984	João Antonio Martino	João Antônio Zuffo	Proposta de uma sequência simples de fabricação de circuitos integralLSI

Mestrado	1984	Antonio Dias De Matteo	José Kleber da Cunha Pin	Amplificadores de potência e estado sólido para frequências de micro	--
Mestrado	1985	Sandra Maria Dotto Stumpf	Antônio Marcos de Aguiar	Sistema para transcrição de partitura com auxílio de computadores	LSD
Mestrado	1985	Andre Luiz Battaiola	Antônio Marcos de Aguiar	Descrição e análise do desenvolvimento e da implementação de interf	LSD
Mestrado	1985	Aloisio da Cunha Ramalho	Ernesto João Robba	Análise de transferência de blocos de carga entre alimentadores radia	--
Mestrado	1985	Levi Alves Machado	Ernesto João Robba	Tensoes alternativas para distribuicao	--
Mestrado	1985	Luiz Cera Zanetta Júnior	Ernesto João Robba	Análise do controle da excitação da sincronia e pequenas perturbações	--
Mestrado	1985	Antonio Idelvar de Barros	Francisco José de Oliveira	Projeto de um filtro digital controlado a microcomputador	LSD
Mestrado	1985	Edson Luiz Ursini	Jacyntho José Angerami	Calculo da capacidade de processamento de chamadas de processad	PTC
Mestrado	1985	Rogério Furlan	João Antônio Zuffo	Projeto e implementação de uma memoria de acesso direto estatica d	LSI
Mestrado	1985	Jose Luiz de Albuquerque	José Kleber da Cunha Pin	Elementos concentrados para microondas em filmes finos : tecnologia	--
Mestrado	1985	Armando Santos Barbosa	Lucas Antonio Moscato	Aspectos do projeto de sistemas multimicroprocessadores	LSD
Mestrado	1985	Ricardo Costa Zerbini	Lucas Antonio Moscato	Sistema de transmissao de dados para controle de processos : analis	LSD
Mestrado	1985	Roberto Luigi Bettoni	Lucas Antonio Moscato	Projeto de um sistema de supervisao e controle predial	LSD
Mestrado	1985	Gilberto Jose Loureiro	Luiz Cláudio Ribeiro Galvão	Estudo preliminar da expansao de sistemas eletricos de transmissao p	--
Mestrado	1985	Jee Quim Chan	Luiz de Queiroz Orsini	Sistemas de regulacao de turbinas hidraulicas	--
Mestrado	1985	Antonio Fabio Mello Mont	Rino Curti	Aplicacao de bancos de capacitadores em alimentadores radiais de dis	--
Mestrado	1985	Antonio Benedito Robazzi	Walter Del Picchia	Proposta de modelo para o processamento digital de sinais mioelectric	--