

## **Padrões e inovações: laboratórios universitários de informáticas e a Reserva de Mercado no Brasil**

### **Standards and innovations: university computer labs and the Market Reserve in Brazil**

### **Estándares e innovaciones: laboratorios de computación universitarios y la Reserva de Mercado en Brasil**

Cláudio Bernardino Júnior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mestre em História da Ciência pela USP

[claudiob.junior@gmail.com](mailto:claudiob.junior@gmail.com)

Márcia Regina Barros da Silva<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Livre Docente em História da Ciência - do Departamento de História USP

[marciabarrossilva@usp.br](mailto:marciabarrossilva@usp.br)

#### **Resumo**

O objetivo deste artigo é analisar a produção de um dos laboratórios da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, o Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI), entre 1970 e 1980. A pesquisa avaliou teses, dissertações e projetos desenvolvidos buscando compreender como foram tratados os temas da inovação e do desenvolvimento tecnológico na produção de artefatos em ambiente acadêmico. Buscou-se elucidar possíveis tensões na utilização de equipamentos que deveriam seguir os padrões disponíveis no mercado interno, num momento em que ocorria, no Brasil, o controle de importações de insumos de informática, conhecido como Reserva de Mercado. O desenvolvimento de propostas de adaptação tecnológica foi a resposta nacional da engenharia àquela situação decorrente da política de informática brasileira.

**Palavras-chave :** História da Informática, Reserva de Mercado, Brasil, Pesquisa & Desenvolvimento

#### **Resumen**

El objetivo de este artículo es analizar la producción de uno de los laboratorios de la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo, el Laboratorio de Sistemas Integrados (LSI), entre 1970 y 1980. La investigación evaluó tesis, disertaciones y proyectos desarrollados en orden comprender cómo los temas de innovación y

desarrollo tecnológico en la producción de artefactos en un entorno académico. Buscamos dilucidar posibles tensiones en el uso de equipos que deben seguir los estándares disponibles en el mercado interno, en un momento en que en Brasil se estaba llevando a cabo el control de las importaciones de insumos informáticos, conocido como Reserva de Mercado. El desarrollo de propuestas de adaptación tecnológica fue la respuesta nacional de la ingeniería a esa situación derivada de la política brasileña de tecnologías de la información.

**Palabras clave:** Historia de la Informática, Reserva de Mercado, Brasil, Investigación y Desarrollo

### **Abstract**

The aim of this article is to analyze the production of one of the laboratories of the Polytechnic School of the University of São Paulo, the Integrated Systems Laboratory (LSI), between 1970 and 1980. The research evaluated theses, dissertations, and projects developed to understand how the themes of innovation and technological development were handled in the production of artifacts in an academic environment. We sought to elucidate possible tensions in the use of equipment that should follow the standards available in the domestic market while the control of imports of computer inputs, known as Market Reserve, was taking place in Brazil. The development of proposals for technological adaptation was the response of national engineering to that situation arising from the Brazilian information technology policy

**Keywords:** History of Informatics, Market Reserve, Brazil, Research & Development

## **1. Introdução**

A política nacional de informática dos anos 1970 e 1980, conduzida inicialmente pela Comissão de Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico (CAPRE), órgão da Secretaria de Planejamento da Presidência da República do Brasil, se desenvolveu em um período de acentuadas mudanças estruturais na história econômica brasileira. Foi neste período que a política econômica buscou modernizar, com novos processos, e tentando lidar com tecnologias mais sofisticadas, com vistas a “completar” a estrutura industrial brasileira”, nas palavras de Wilson Cano (1997, p. 108).

Conforme discutido na dissertação de mestrado de Claudio Bernardino Jr. (2020)<sup>1</sup>, cuja pesquisa partiu da análise da tecnologia de produzida no mesmo

---

1 O presente artigo deriva da dissertação de mestrado de Claudio Bernardino Jr. (2020), orientada por Márcia R. Barros da Silva (2015).

momento na pesquisa tecnológica acadêmica, o empenho dos técnicos brasileiros envolvidos com a informática na CAPRE *transladou* os interesses daquela política econômica em controle das importações de insumos de informática.

De acordo com Jennifer Hermann (2011, p. 75), “a rápida expansão das importações e da dívida externa brasileira durante o ‘milagre econômico’ (1968-73) implicou um aumento da dependência externa do país nesses anos e em anos subsequentes”. Porém, com a crise econômica causada pelo choque do petróleo de 1973 o governo passou a adotar uma série de medidas visando atenuar a dependência externa, sendo uma das medidas proposta o investimento “na ampliação da capacidade de produção doméstica de bens de capital e petróleo, o que, indiretamente e a longo prazo, contribuiria para reduzir também a dependência financeira” (*ibidem*, p. 78-79).

Foi nesse sentido que a política conduzida pela CAPRE abriu caminhos para a inovação tecnológica nacional na informática, caminhos explorados tanto pela iniciativa privada quanto por alguns centros de pesquisa e laboratórios ligados a universidades. Esta será a análise sobre o caso do Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) da Escola Politécnica, na Universidade de São Paulo (USP), cujos trabalhos de pós-graduação realizados naqueles laboratórios, possibilitam debater noções de inovação e padronização num país não central para a produção de tecnologia como o Brasil.

### 1.1 Os laboratórios de informática da Politécnica - USP

O LSI surgiu a partir da realização de pesquisas conduzidas na Escola Politécnica da USP, principalmente com o desenvolvimento de equipamentos para a realização de atividades com base na utilização de *chips* microeletrônicos (BERNARDINO Jr., 2020, p. 68). Fundado em 1975 pelo professor João Antônio Zuffo, o LSI atuava com pesquisa e desenvolvimento tecnológico, funcionando até hoje, especialmente com a produção de equipamentos ligados à medicina.

Conforme pretendemos mostrar ao longo desse artigo, a política conduzida pela CAPRE através das restrições de importações para insumos de informática criou possibilidades para o desenvolvimento de equipamentos brasileiros. Essa temática tem sido bastante discutida na bibliografia sobre a história da informática no Brasil, tendo em vista ter sido um marco na implantação da indústria de informática, criticada e comemorada por diferentes autores. O propósito no atual texto, contudo, não é debater propriamente a Reserva de Mercado, mas o ambiente em que a produção de conhecimento na área, propiciou diálogo com as expectativas de superação da dependência externa brasileira.

Usaremos a ideia de transgressão para assinalar que as ditas dificuldades encontradas para se criar uma tecnologia compatível com determinados padrões internacionais, naquele contexto de busca por equipamentos locais, longe de ser um

impeditivo para a P&D nas universidades brasileiras, levou alguns engenheiros e técnicos nacionais a agenciarem novas traduções e novos intermediários, para assim, utilizarem as já existentes redes estandardizadas internacionalmente em seus projetos locais. Construindo, neste processo, procedimentos que se apropriaram dos padrões internacionais que buscavam se solidificar internacionalmente, sob formas respeitáveis para a universidade na qual a pesquisa acadêmica ocorria, caso da Universidade de São Paulo.

As ideias de agenciamento, tradução e translação, intermediários e redes, remetem ao referencial teórico proposto pela Teoria Ator-Rede proposta por Bruno Latour, Michel Callon e John Law. A partir desses autores evidenciamos a compreensão de que todo processo de desenvolvimento tecnológico passa necessariamente em algum momento pela utilização de artefatos produzidos por outros atores que não aqueles envolvidos diretamente no mesmo processo de produção de conhecimento, seja para P&D, seja para criação de conhecimento novo.

Os artefatos podem ser de vários tipos, aqui serão discutidos: componentes microeletrônicos, fiações, circuitos integrados, ou qualquer outro objeto criado por outras equipes, que podem, por exemplo, ser adquiridos comercialmente. Propomos chamar esses artefatos de *entidades discretas*, uma vez que o técnico ou engenheiro envolvido no processo da nova tecnologia não necessariamente precisa saber como esse objeto funciona, mas sim o que de fato ele executa. Um breve parêntese, o termo 'entidade discreta' foi discutido por Loconto e Busch (2010) que buscaram avaliar o quanto, para serem utilizados em um determinado enquadramento, os objetos precisam ser individualizados e convertido em entidades discretas com propriedades (temporariamente) estabilizadas para tornarem-se, assim, objetos previsíveis. Esse processo de transformação de objetos em entidades discretas requer algum tipo de padronização e diferenciação que os permita atuar da maneira que os agentes calculadores esperam que elas atuem, permitindo que decisões sejam tomadas e, dessa forma, levem segurança para o mercado. No mesmo sentido, pensamos que o processo de desenvolvimento tecnológico pode ser correlato: um novo equipamento só pode ser desenvolvido se os componentes que o formam atuarem de maneira previsível e calculável.

Seria inviável para qualquer equipe desenvolver todos os componentes necessários para fazer com que, por exemplo, uma memória de núcleo de *ferrite* funcionasse; como no caso da técnica utilizada no Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) da Politécnica da USP durante os anos 1970, a produção envolvia a utilização de fios, agulhas, caixas e equipamentos de testagem cuja fabricação seria excessivamente dispendiosa, para não dizer impossível de ser feita integralmente em um único espaço. Seria necessário, portanto, comprar parte desses equipamentos prontos e utilizá-los como entidades discretas no processo de P&D.

Para que esses objetos padronizados se comuniquem quando de sua utilização, eles precisam participar todos de uma mesma rede estandardizada. O termo

foi empregado por, entre outros autores, Susan Star (1990), a autora discutiu as dificuldades práticas e teóricas da vida de pessoas que, devido a aspectos específicos, estavam fora de algumas dessas redes. Neste texto discutiremos algumas das implicações da participação em redes já estandardizadas, para o desenvolvimento tecnológico no Brasil num período de controle de importações, como aquele exercido pela CAPRE durante a Reserva de Mercado brasileiro, propondo avaliar que, sem o esforço de adaptação e de circulação daquilo que acataremos como ‘entidades discretas’ as redes locais não teriam como se comunicar com as redes estandardizadas, o que poderia implicar em desenvolvimento tecnológico totalmente inviabilizado, o que não poderia acontecer num laboratório de produção de P&D.

O controle da CAPRE afetava diretamente as redes estandardizadas da informática brasileira, tirando de circulação determinados equipamentos, produtos, e objetos, entidades discretas, e fazendo com que os técnicos e engenheiros nacionais tivessem que procurar ou criar alternativas com o material disponível no mercado local. A documentação utilizada neste artigo foram parte dos acervos utilizados na pesquisa de mestrado original, composta pelo acervo de teses e dissertações produzidas pelo LSI no período de 1974 e 1985, cujos trabalhos foram realizados com financiamento da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), a partir dos chamados Projetos de Subsistemas Integráveis, sob coordenação do então professor da Poli, João Antônio Zuffo.<sup>2</sup>

## 2. Tensões entre padronização e inovação tecnológica

O primeiro financiamento FINEP (IF/275) para o LSI, em 1981, foi realizado para a implementação de um processador baseado na tese de livre-docência de João Antônio Zuffo, intitulada ‘Delineamento de um processador de dados modular serial-decimal’, defendida em 1974. No projeto Zuffo afirmou que um dos planos de pesquisa que seriam desenvolvidos no denominado ‘II Projeto de Subsistemas Integráveis’ era o “desenvolvimento da arquitetura de um microprocessador modular destinado ao controle do fluxo de microinstruções de um microprocessador segmentado por bits” (II PROJETO, p. 145). Seu principal objetivo, conforme o que havia sido apresentado na tese de livre docência, tinha sido 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

---

2 Os documentos como contratos, lista de pesquisadores dos projetos, materiais adquiridos, orçamentos etc., foram cedidos pelo professor Zuffo de seu acervo pessoal. Os projetos serão referidos segundo sua numeração original: ‘I - Projeto de Subsistemas Integráveis’, ‘II - Projeto de Subsistemas Integráveis’ e assim por diante.

gerar uma família de máquinas de calcular e mini-processadores de informações que podem eventualmente ser empregados, entre outras aplicações, na codificação automática de informação” (ZUFFO, 1974, p. 1.1).

Zuffo estabeleceu duas características para o processador: 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 seria um processo lento.

A adoção da ideia de *serie* permitia, especialmente, 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 problema. A ideia era indicar, com um número hexadecimal, o começo e o término de cada palavra armazenada. Assim, as palavras poderiam ser armazenadas sequencialmente, não deixando nenhum ‘espaço em branco’ que outrora ficaria reservado para números maiores, portanto, palavras de comprimento variável.

Para o professor, o segundo ponto importante era o sistema *microprogramado*, ou seja:

“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).

Tal escolha permitia o armazenamento de instruções em memórias de apenas leitura (MAL<sup>3</sup>) que, quando necessário, poderiam ser substituídas, possibilitando a troca do repertório de instruções sem a necessidade de um novo projeto. É importante verificar que as escolhas ‘técnicas’ estavam diretamente correlacionadas a

---

3 Em inglês, *read-only memory* (ROM), terminologia comumente aceita até os dias atuais. Zuffo 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 à sua historicidade.

encaminhamentos que permitiriam a tomada de outras decisões, que no futuro poderiam permitir novas adaptações, conforme necessidades técnicas, mas também circunstanciais.

Essa opção elevou o preço para o desenvolvimento do processador, porém, por se tratar de um trabalho acadêmico a opção foi pela primazia da pesquisa e menos pela possibilidade de industrialização daquele equipamento, fazendo com que Zuffo na Livre Docência adotasse a ideia, apesar de seus custos. O autor argumentava, porém, em termos de “evolução” e futuro:

“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 bases rigorosas sobre a evolução da tecnologia, têm sido não só realizadas como amplamente superadas” (ZUFFO, 1974, pag. 1.3, grifos nossos).

Mas, o que viria a ser o “preço a ser pago”, indicado pelo autor? Está envolvida na resposta discutir a procura por caminhos alternativos aos já estandardizados pelas redes sociotécnicas em que a microeletrônica estava inserida naquele momento. Todavia, neste trecho, cabe notar que o autor orientou sua tese acadêmica no sentido de criar uma possibilidade de geração de nova tecnologia, mesmo que ela se diferenciasse ou talvez, se opusesse, ao que já existia de concreto sendo comercializado no exterior.

Caso a pesquisa de Zuffo fosse orientada para fins comerciais, sua proposta precisaria ter como meta primordial os custos para o consumidor final. Ou seja, a primeira percepção sobre a escolha e decisões em P&D é a de que uma das vantagens em se utilizar padrões já estabilizados é a diminuição dos custos e riscos envolvidos nos novos projetos.

A preocupação em produzir uma tecnologia original levou Zuffo a adaptar, ou remover as características comuns aos sistemas micro programados convencionais, tais como o conceito de ciclo básico de tempo da máquina, constituído por um número fixo de ciclos de relógio, característica que foi eliminada; o emprego de subsistemas autônomos cuja ideia, já conhecida pelas comunidades de engenheiros em geral, foi utilizada de maneira ampla neste projeto e a alteração na expectativa de precisão, presente 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 fosse adequada ao resultado que se esperava obter da calculadora. Neste caso, se o processador fosse preparado para a 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 almejava versatilidade no projeto.

Por fim, cabe salientar a principal particularidade do processador projetado por Zuffo. O processador foi dividido em duas partes: a Unidade de Processamento e Fluxo de Dados (UCPDF). Este último 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” (ZUFFO, 1974, p. 1.11). Dada a complexidade de cada uma das partes, essas duas foram consideradas como independentes; sendo que a UCPDF 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 [pudessem] possam progressivamente serem integradas em um único componente” (ZUFFO, 1974, p. 3.4).

Esses subsistemas capazes de ampliar a capacidade do processador eram memórias MAL que poderiam ser adquiridos no mercado, sem a necessidade de produzi-las 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 de valor e tornaria possível o armazenamento confiável de mais informações, e neste caso, a questão dos custos estava sendo jogado em favor do seu projeto.

Porém, o processador apresentava um problema no momento de utilização das 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 entradas (ZUFFO, 1974, p. 3.31-3.32). No momento da produção da tese de livre-docência, ou seja, no momento de pesquisa acadêmica básica, a adaptação apresentava um custo aceitável.

As memórias MAL disponíveis no mercado são justamente exemplos das entidades discretas às quais nos referimos anteriormente. Contudo, a inserção dessas entidades em redes que propositalmente saíram da padronização para a qual a memória foi proposta, tornou necessária a utilização de circuitos que atuassem como tradutores de uma interface para outra.

Segundo autores que discutem os temas da produção em ciência e em tecnologia interesses específicos de diferentes agentes envolvidos em um processo de produção científica, do tipo que reunimos aqui, podem transladar interesses de diversos outros agentes, de maneira indefinida, de acordo com as expectativas em curso, como aponta Bruno Latour (2000). Michel Callon *et al.* (1983), complementarmente, afirma que a noção de tradução fornece um enquadramento apropriado para responder questões que envolvam as transformações efetivadas nas relações entre pesquisa e contexto sociopolítico geral. Para os autores cada ator constrói um universo em volta de si, que é uma rede complexa e mutável, com uma variedade de elementos que ele tenta juntar e tornar necessário também para esses elementos, trazendo assim uma estabilidade temporária para a rede, que permanece unida porque seus atores precisam uns dos outros. Cada ator, por sua vez, constrói e é construído por outros universos, outras redes e assim sucessivamente.

De maneira correlata, propomos que as traduções utilizadas por João Antônio Zuffo para fazer com que seu projeto de pesquisa utilizasse uma memória MAL projetada para uma rede já estandardizada, constitui-se como uma tradução, na medida em que agenciava uma entidade discreta de uma rede sociotécnica preexistente, colocando essa entidade em outra rede. Por outro lado, trata-se, também, de uma transgressão, uma vez que Zuffo optou por não utilizar elementos de uma rede estandardizada que certamente facilitariam o seu trabalho, para assim preservar determinados aspectos originais de sua pesquisa. Para Zuffo, seria mais importante a tentativa de desenvolvimento de uma tecnologia nacional do que simplesmente montar uma calculadora com os elementos que já existiam no mercado.

A escolha pelo que traduzir no projeto e o que criar, possibilitava a construção de um *know-how* capaz de fornecer elementos tidos como essenciais para o desenvolvimento tecnológico local. Por exemplo, a Memória Principal (MP) era considerada por Zuffo um subsistema mais importante e sofisticado e, ao contrário das memórias MAL, não poderia ser adquirido no mercado nacional. Por essa razão, o LSI construiu a MP, que era a parte do sistema em que se encontrava a Unidade de Controle Local (UCL) que, por sua vez, atuava como auxiliar da UCC na localização, retirada e armazenamento de informações. Assim como o processador, a MP era micro programada e poderia operar em conjunto com a UCC, através de variáveis de transferência de controle, dando versatilidade ao endereçamento e localização de endereços, o que também justificava o esforço transgressor de construí-la (ZUFFO, 1974, p. 3.31).

Contudo, quando observamos o desenrolar dos projetos efetivamente desenvolvidos, a ideia de serial-decimal desaparece e dá lugar a ideia de serial-binário, conforme veremos adiante na dissertação de Alessandro La Neve, um dos orientandos de Zuffo. Não há explicações documentadas para a mudança de estratégia. Contudo, 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)<sup>4</sup> não eram interessantes para o desenvolvimento de projetos futuros.

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 pelo desenvolvimento da tecnologia *bit slicing* em 1975 pela empresa de microprocessadores norte-americana *Advanced Micro Devices, Inc.* (AMD). De acordo com o autor, “as coisas [tecnológicas] evoluíram mais”<sup>5</sup> e levaram os pesquisadores brasileiros a seguirem novos caminhos.

Em entrevista Zuffo explicou que a ideia da AMD era interligar diversos segmentos para assim produzir um computador muito maior, ou seja, tratava-se de uma proposta de criação de módulos ligados em série. Outra característica do *bit slicing* era a possibilidade dada ao projetista do *hardware* de programar seu próprio conjunto de instruções através de micro programação. Em outras palavras, a tecnologia norte-americana fora desenvolvida por meio de ideias de modularidade, serialização e micro programação, tal qual o processador desenvolvido de maneira autônoma por Zuffo no Brasil.

Observamos aqui uma tensão entre o desenvolvimento tecnológico realizado em países periféricos, como é o caso do Brasil, no caso da Politécnica, na USP, e o desenvolvimento tecnológico realizado em países centrais, como a norte-americana *AMD*, fundada em 1969 e sediada em Sunnyvale, na Califórnia. A princípio ambas as propostas para o desenvolvimento de processadores modulares eram viáveis, ambas davam abertura para a crescente complexificação dos projetos através do emprego de uma quantidade variável de módulos seriados, ao mesmo tempo que tornavam o *hardware* versátil, através do emprego de micro programação. 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.

---

4 Para manter a historicidade dos documentos e das ideias dos atores aqui analisados, utilizaremos a nomenclatura dos componentes da forma como aparece na documentação. Afirmamos anteriormente que Zuffo optava por traduzir os nomes técnicos como um esforço de descolonização do conhecimento. Em La Neve e em documentos dos Projetos de Subsistema, há a adoção dos nomes em inglês. É muito provável que essa mudança ocorreu para que os técnicos e analistas da FINEP soubessem com mais precisão a respeito das propostas de produção do LSI. Contudo, a opção pela adoção do nome difundido internacionalmente é emblemática, pois sinaliza que os esforços de produção de uma tecnologia nacional começam a sucumbir perante a força dos padrões desenvolvidos internacionalmente.

5 Entrevista concedida à Claudio Bernardino Júnior em 29 de agosto de 2018.

Quais as possíveis causas que levaram o LSI a descartar algumas ideias originais e a aceitar as ideias desenvolvidas pela AMD? Uma possibilidade de leitura é verificar esse processo, apoiados na Teoria Ator-rede. Trata-se de avaliar a inserção dos trabalhos realizados nos laboratórios citados às redes sociotécnicas, mais especificamente à estabilidade e a coordenação que estas redes possuem. De acordo com Susan Star (1990), a vantagem de se aderir a uma rede já estabilizada é a possibilidade de usufruir das externalidades que essa mesma rede possui. No caso, considerando as externalidades propostas por Star, assim como as entidades discretas propostas por Loconto e Busch (2010), a afirmação fica particularmente destacada 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 estavam estandardizados pelos (e nos) dispositivos disponíveis no mercado.

Para fins acadêmicos, postular uma tecnologia diferente da estandardizada por empresas estrangeiras poderia ser de interesse e ainda ser 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” (ZUFFO, 1974).

No entanto, também é função do ensino universitário da engenharia formar pesquisadores para atuarem em empresas cujas prioridades são diferentes da pesquisa universitária. Por exemplo, uma empresa busca uma tecnologia que seja comercialmente viável e neste cenário o custo de produção precisa ser levado em conta. Desta forma, utilizar componentes que já existem e reduzir o número de adaptações necessárias para sua utilização possibilitaria a produção de tecnologias com custos reduzidos. Em outras palavras, o “preço a se pagar” pela iniciativa privada é diferente do “preço a se pagar” pela universidade, uma vez que os objetivos das duas são diferentes. Para as empresas, a inovação acadêmica não padronizada pode tornar-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 em outros espaços.

Em *Techno-economic networks and irreversibility* Michel Callon (1990) discutiu os mecanismos que permitem a uma rede tornar-se altamente coordenada, 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 atuassem 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 anteriormente, para que o trabalho de outro ator pudesse ser realizado com eficiência, mais coordenada seria a rede, portanto, maior a sua capacidade para criar padrões que, por sua vez, serão adotados no futuro por outros atores. Nestes casos, há o que Callon chamou de forte convergência; redes

totalmente convergentes, ou seja, redes cujos diversos atores heterogêneos que a compõe atuam de maneira independente e complementar, semelhantes a uma Torre de Babel: todos falam suas próprias línguas, porém todos se entendem. 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 aqui discutida padronizou determinadas práticas na informática e se assemelha àquela descrita por Callon (1990). Nestas a Memórias ROM, utilizadas para armazenamento de informações, só conseguem atuar se receberem dados que elas consigam processar (no caso, dados binários). Caso sejam armazenados outros tipos de caracteres, como os números decimais, uma nova tradução seria necessária. Para Callon, além dos trabalhos, ações realizadas pelos atores e intermediários de maneira complementar uns aos outros, o grau de coordenação da rede deve ser dado também pela quantidade de atores e intermediários heterogêneos que dela fazem parte. Quanto maior for este número, maior o seu grau de coordenação e maior a probabilidade de resistir a traduções alternativas (*Ibidem.*, p. 150).

Neste mesmo sentido, Susan Star (1990) afirmou que a partir do momento em que determinados arranjos e disposições se tornam padronizados, a criação de padrões alternativos torna-se ou impossíveis ou muito custosos. No momento das inovações tecnológicas não padronizadas propostas na tese de livre-docência de Zuffo, determinadas práticas da informática já estavam consolidadas internacionalmente. Tal rede, robusta e de longa data, já se encontrava em um estágio descrito por Callon como de irreversibilidade. Isso não significa afirmar que ela nunca se transformará. Embora pareça uma contradição em termos, a irreversibilidade descrita por Callon é contingente e exige grande esforço para sua manutenção.

Se outra rede fortemente coordenada surgir, pode acontecer o que Shapiro e Varian (1999) chamaram de guerras de padrões. Mas na maioria dos casos a disputa por padrões envolve poder, e poder envolve a mobilização de uma rede fortemente coordenada. Se levarmos em conta essas características, qual força teria uma tecnologia desenvolvida nas universidades de um país periférico como o Brasil? Claramente, ao contrário do conhecimento produzido ela AMD, o que era produzido no Brasil não estava facilmente acessível para atores internacionais.

Um laboratório universitário, como o LSI, ou qualquer instituição, 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 tecnológico bastante limitado.

A análise de Callon (1990) nos permite afirmar que, sem uma coordenação capaz de agregar diferentes atores e intermediários em uma rede sociotécnica comprometida com a inovação tecnológica nacional, dificilmente esse projeto se

concretizará. Para Latour (2000), se fatos são construções coletivas, indivíduos sozinhos constroem sonhos. Diversos atores que participaram das atividades nacionais para produção tecnológica classificaram seus esforços como “heroicos”.<sup>6</sup>

Desta forma, aceitando os padrões que já estavam postos nas redes sociotécnicas ligadas à informática, o II Projeto de Subsistemas Integráveis iniciou a produção de quinze artefatos tecnológicos, que concomitantemente geraram dissertações de mestrado e teses de doutorado, mostrando como o ensino de engenharia estava, e precisava estar, diretamente associado à produção tecnológica já padronizada e não necessariamente ligado à inovação.

Este é o caso da dissertação de Alessandro La Neve (1980) a respeito das máquinas de calcular seriais-*binárias*. O trabalho foi apresentado como uma “tentativa de estabelecer uma máquina de calcular que permitisse executar funções algébricas e trigonométricas (...) e que fossem tão simples quanto possível” (*Ibidem*, Introdução, s/p). A escolha pelo sistema serial-binário, motivado “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” (*Ibidem.*), notadamente argumento semelhante usado pelo orientador no seu próprio trabalho de pesquisa.

Outra razão para não priorizar a velocidade do processamento foi a opção do autor pela utilização de circuitos eletrônicos mais simples. Diferentemente da máquina proposta por Zuffo, a máquina desenvolvida por La Neve utilizava um circuito que convertia os códigos decimais em 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, evitando traduções que, naquele momento, não eram mais necessárias.

Assim como o sistema de armazenamento e operações adotados por La Neve já 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. Entre a tese de Zuffo e a dissertação de La Neve, ambas sobre basicamente o mesmo assunto, há a aceitação dos padrões estabelecidos, que se refletiram inclusive nos nomes dos componentes desenvolvidos,

---

6 Encontramos o emprego deste termo em entrevistas realizadas por Claudio Bernardino Júnior com Antônio Zuffo e Edith Ranzini, professora emérita da Escola Politécnica da USP. Além disso, a ideia é recorrente em diversas obras bibliográficas do período.

tendo em vista que La Neve adotou a nomenclatura já consolidada internacionalmente, como UC (Unidade de Controle) no lugar de UCC (Unidade de Controle Central).

Houve também, preocupação em permitir que o objeto sociotécnico desenvolvido pudesse ser facilmente empregado em aplicações futuras que ainda não tinham sido planejadas, como com o uso dos botões da calculadora com funções alteradas, ou com operações matemáticas realizadas em programas armazenados em memórias ROM.

Em sua 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 Escola Politécnica, uma vez que diversos computadores ou componentes não podiam ser adquiridos para pesquisa. No mesmo sentido, outros docentes, como Lucas Moscato, também professor da Escola Politécnica, fez afirmações semelhantes:

“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 de mestrado, doutorado, trabalhos científicos, a gente muitas vezes está precisando daquilo que não está disponível aqui no Brasil, porque não é comercial” (...)<sup>7</sup>

Outro trabalho que surgiu a partir dos Projetos de Subsistemas foi a dissertação de mestrado de André Luiz Battaiola (1985), 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” (*Ibidem.*, *Sumário*).

Sabe-se que 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 cenas. A dissertação de Battaiola concentrou-se apenas na geração de imagens através de dispositivos de terminais gráficos inteligentes e traçadores gráficos (Battaiola, 1985, p. 1.2). 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, independentemente de suas nacionalidades.

Battaiola explicou que existiam naquele momento, dois tipos de dispositivos bem estabelecidos, capazes de exibir imagens produzidas por um computador. Partindo da descrição de Bruno Latour podemos considerar tais dispositivos como caixas-pretas. Para o autor, a caixa-preta, termo utilizado na cibernética, refere-se a

---

7 Entrevista concedida a Cláudio Bernardino Júnior, em 05 de setembro de 2018.

um conjunto de comandos ou a uma máquina cujo funcionamento é complexo demais para explicar (LATOURE, 2000, p. 14). Trata-se de um artefato já acabado, fruto de uma rede sociotécnica já estabilizada e cujo funcionamento não é encarado como um problema. A primeira caixa-preta, chamada 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. O terminal de “Rasterização” (Raster terminals) era outro artefato capaz de exibir imagens. Eram monitores do tipo dos televisores, que possuíam um feixe de elétrons que rastreavam continuamente a tela e exibiam imagens numa sequência fixa, normalmente de cima para baixo e da esquerda para direita.

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. Nos anos 1970, com reduzidas opções de memória disponíveis no mercado, é possível que essa opção não pudesse ter sido feita nos casos anteriormente citados.

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, era preciso que os engenheiros empenhados na construção de computadores “combinassem” linguagens em comum, disponíveis através dos núcleos e dos pacotes gráficos. O GTK é essa linguagem padronizada capaz de ampliar as traduções.

Ao estudar um outro objeto de P&D, o sistema operacional SOX, produção para a empresa estatal brasileira de fabricante de computadores COBRA, Ivan da Costa Marques, Márcia de Oliveira Cardoso e Vitor Andrade Barcellos, apontaram que:

“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).

No artigo intitulado *The history of computer graphics standards development*, de CARSON et al. (1998), a afirmação de que a padronização é um “mal necessário”, apesar de permitir a portabilidade de programas, e de programadores, a interoperabilidade e a redução do tempo necessário para se criar uma aplicação, demonstra que esse é um tema controverso. Para os autores, a 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” para os demais (*Ibidem.*, p. 34). Battaiola (1985) afirmou que o GSPC (Graphics Standard Planning Committee, um dos maiores padrões de mercado) analisou, para seus estudos, oito softwares gráficos que estavam em uso à época. A partir daí, em 1977, foi proposta a primeira versão do Core Graphics System, sendo a segunda versão lançada em 1979. O objetivo do Core era, obviamente, padronizar a comunicação entre os dispositivos que trabalhavam na reprodução de imagens, pelo menos nos EUA.

Movimento semelhante ocorreu na Alemanha, em 1975, quando o Instituto Alemão de Padronização (Deutsches Institut für Normung) encarregou um grupo para projetar um sistema gráfico, o que resultou foram diversas versões do Graphical Kernel System (GKS). Cabe ainda ressaltar que quando um padrão surge ele disputa espaço com os modelos já existentes, como pode ser observado no trabalho de Shapiro e Varian (1999). 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.

De acordo com Loconto e Busch (2010) os padrões são normalmente atribuídos ao que os autores chamam de Regime Tripartite de Padrões (Tripartite Standards Regime ou TSR), que operam através do estabelecimento dos protocolos do padrão (standards-setting), do credenciamento (accreditation) e da certificação (certification). Esses processos são comumente referidos pelos técnicos como uma avaliação de conformidade (conformity assessment) e atravessam as esferas públicas e privadas, normalmente através dos organismos de normalização (standards development organizations – SDO), como a ISO (International Organization for Standardization), a IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association) e, no Brasil, a ABNT (Associação Brasileira de Normas e Técnicas).

Embora as discussões conduzidas por autores como Carson *et. al* (1988) tendam a encarar os padrões como os mais bem estabelecidos possíveis, as análises propostas por autores como Callon (1990), tendem a ver no padrão uma questão de poder que emana a partir de mecanismos atrelados às redes fortemente coordenadas. A política tecnológica da China, por exemplo, tal qual discutida em Lee e Oh (2006), ajuda a compreender como as disputas pelos padrões dizem respeito também a questões políticas ligadas ao desenvolvimento tecnológico. Em uma breve indicação

vemos que a China, grande exportadora de equipamentos eletroeletrônicos na atualidade, atua concomitantemente com duas políticas: a tecno-nacionalista, que utiliza padrões de tecnologias que devem ser seguidas dentro das fronteiras nacionais; e a tecno-globalista, que produz equipamentos para serem exportados para outras partes do mundo (*Ibidem.*, p. 183). A estratégia serve tanto para garantir a exportação de equipamentos para todo o mundo quanto para garantir a autonomia nacional em relação à tecnologia. Dessa forma, obviamente, a escolha por um determinado padrão não se dá de maneira neutra.

Nos casos aqui discutidos é fácil perceber que os anos 1970 e 1980 eram um momento em que as disputas por padrões de informática era grande ao redor do mundo. Obviamente, um padrão não é estanque ou imune a transformações. Mas, como mostram Star (1990) e Shapiro e Varian (1999), e como pretendemos discutir aqui, há um custo em propor o novo e esse custo não pode ser arcado por qualquer engenheiro, técnico ou mesmo instituição de pesquisa individualmente.

No caso da produção tecnológica do LSI nas redes estandardizadas globais vimos que este processo estava sendo discutido também nos espaços do laboratório. Enquanto Battaiola (1985) ocupou-se de escrever sobre a implementação do GKS, outra tese, do mesmo grupo, de Fábio Gonçalves Jota (1982), apresentou trabalho a respeito do terminal gráfico retiforme (TGR), cuja principal característica para o autor, era a sua “modularidade, flexibilidade, média resolução e baixo custo” (*Ibidem.*, *Resumo*). Esses temas, conforme explicado no II Projeto de Subsistemas Integráveis, tratavam de terminais *iterativos*, que se davam devido à possibilidade de o usuário interagir com o terminal gráfico, uma vez que o terminal definia que através da exibição de imagens 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, Fábio G. 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 fabricantes (*Ibidem.*, *Preâmbulo*). A compatibilidade de seu sistema com outros disponíveis no mercado seria apenas parcial, ligado entre suas unidades por um duto padrão S-100, composto por uma:

“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 modificações” (*Ibidem.*, *Resumo*).

A diferença significativa presente neste trabalho de Fábio S. Jota, consistia na sua tentativa de produção de um artefato tecnológico voltado para atender, ai sim, as demandas do mercado do período. A orientação mercadológica esteve mais presente apenas no IV Projeto de Subsistemas Integráveis. No caso de sua dissertação, Jota argumentava que o atendimento ao mercado estava nos planos da LSI e do Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sua instituição de origem. 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. 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. (*Ibidem.*, p. 1.15).

Tal entendimento fica explícito quando o autor cita os 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 conectados (*Ibidem.*, p. 1.15-1.16).

De acordo com Fábio G. 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 dificultarem o acesso às entidades discretas já disponíveis no mercado, bem como formar profissionais não completamente adequados ao mercado existente internacionalmente, elevava os custos e o tempo necessário para a construção de um novo artefato, uma vez que novos componentes precisariam ser desenvolvidos no lugar das entidades discretas que já existiam. Mais do que possibilitar a compatibilidade de diversos artefatos entre si, aceitar a padronização possibilita que as demandas de mercado fossem atendidas, o que era particularmente sensível no contexto de reserva de mercado brasileiro.

Conforme afirmamos anteriormente, os atores envolvidos com o processo de desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP, assim como vários pesquisadores posteriores (CUKIERMAN, 2012; MARQUES, 2015a, 2015b, 2003, 2002, 2000; VIANA, 2016) vivenciaram a reserva de mercado como uma possibilidade de desenvolvimento da indústria nacional de informática. A mesma reserva de mercado, ao limitar as possibilidades de desenvolvimento na universidade, obrigava os atores brasileiros a buscarem alternativas, seja criando circuitos que promoviam adaptações nos equipamentos já existentes, muitas vezes usando recursos de *software* para simular efeitos que poderiam ser alcançados caso existissem alternativas no mercado (SILVA, 2018).

De fato, observamos até aqui que a reserva de mercado interferia na produção dos artefatos também no ambiente universitário, porém, longe de ser um fator de “limitação”, a reserva de mercado levou a substituição de determinados componentes por outros que significavam soluções desenvolvidas localmente, seja através da proposição de novos artefatos ou através da criação de traduções que possibilitaram diálogos com componentes que estavam disponíveis no Brasil. Nesse sentido, a tecnologia nacional não deixou de ser desenvolvida, apenas agenciou componentes que, em outras redes sociotécnicas, não precisariam ser agenciados.

### **Considerações finais**

O presente artigo buscou explorar as escolhas feitas por pesquisadores do Laboratório de Sistemas Integráveis da USP quando produziam seus artefatos tecnológicos nos seus trabalhos acadêmicos. Buscamos elucidar as tensões existentes entre o que inovar e o que utilizar do padrão existente no mercado. O controle de importações de insumos de informática praticado no Brasil abriu a possibilidade para o desenvolvimento de uma tecnologia nacional, porém limitou para os engenheiros brasileiros o acesso a recursos disponíveis no exterior.

Compreendemos o desenvolvimento tecnológico como uma prática coletiva, o que obriga a discutir o desenvolvimento de uma língua e linguagem comum entre os diferentes atores, suas máquinas e equipamento, como partícipes desta mesma prática. Em nossos exemplos vimos que o surgimento de determinados padrões obrigou

engenheiros e técnicos a buscarem essa “linguagem comum”, localmente, quando convinha, e internacionalmente, quando necessário. Um dos benefícios da discussão sobre os padrões em negociação é a percepção da grande circulação do foi chamado de entidades discretas. Essa entidades, por sua vez, possibilitaram a construção de artefatos de informática a serem empregados de diferentes maneiras dentro de uma mesma rede sociotécnica, ampliando em muito o quadro de opções técnicas e tecnológicas, e as expectativas dos informáticos com atuação fora do grande circuito dos países centrais de produção tecnológica em informática no Brasil, pelo menos por um tempo e em um espaço determinado, aquele da universidade e de seus laboratórios especializados.

Sem acesso a muitas dessas entidades padronizadas lá fora, os engenheiros da Escola Politécnica desenvolveram uma série de estratégias para transgredir essa situação: alguns optaram por criar traduções; outros escolheram componentes mais simples disponíveis no mercado e os rearranjaram de maneiras diferentes. As escolhas sempre foram motivadas pelo “custo” do projeto: quando a ideia era avançar a tecnologia local, como a calculadora serial-decimal, os custos de desenvolvimento poderiam ser maiores e mais adaptações ou traduções eram feitas; quando o objetivo era desenvolver um artefato de cunho mais comercial, como o terminal de rasterização, o custo a ser pago era menor e, por esta razão, utilizava-se recursos disponíveis no mercado de maneira mais livre e inventiva.

A tecnologia desenvolvida foi sempre fruto de escolhas feitas pelos seus desenvolvedores. Em nenhum momento, nas teses, dissertações e projetos analisados, encontramos falas apontando a impossibilidade de se desenvolver tecnologia no Brasil dada as limitações do ambiente nacional. Ao contrário: cada dificuldade encontrada era seguida de pelo menos uma tentativa de solução possível. Nesse sentido, desenvolver tecnologia na Escola Politécnica foi um ato transgressor, uma vez que frequentemente as regras das redes standardizadas foram desobedecidas para assim produzir um artefato inédito, que poderia ser construído com o que estava disponível no país. Essa é uma visão também local sobre as expectativas de desenvolvimento tecnológico para analisar aquele período. Decerto uma análise externa, feita por autores estrangeiros, distantes da percepção daqueles que atuam localmente, de certo, trariam outras interpretações. Talvez partindo da ideia de que a falta de participação nas redes standardizadas ou a distância das instituições tecnologicamente mais desenvolvidas, significaria defasagem, porém, esse tipo de interpretação não faria jus às ideias de “esforços heroicos” que os próprios atores envolvidos possuíam sobre suas práticas e sobre os enfrentamentos e desafios vivenciados naquele período e neste nosso lugar.

### Referências bibliográficas

- BATTAIOLA, André Luiz. Descrição e análise do desenvolvimento e da implementação de interfaces gráficas de um núcleo gráfico “GKS”. 1985. Mestrado em Engenharia - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1985. Disponível em: [http://dedalus.usp.br/F/PCQBYTFS7YTMV1ESKPA55F47NIDHBR9UCAYKJUQT9K98AR182HY-31456?func=full-set-set&set\\_number=001499&set\\_entry=000001&format=999](http://dedalus.usp.br/F/PCQBYTFS7YTMV1ESKPA55F47NIDHBR9UCAYKJUQT9K98AR182HY-31456?func=full-set-set&set_number=001499&set_entry=000001&format=999). Acesso em 30/05/2021.
- BERNARDINO JUNIOR, Cláudio. Dois arranjos em prol do desenvolvimento tecnológico na Escola Politécnica da USP: FINEP-LSI e FTDE-LSD (1974-1985). 2020. Mestrado em História Social - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8138/tde-21022020-141757/>. Acesso em 18/03/2020.
- CANO, Wilson. Concentração e desconcentração econômica regional do Brasil 1970/95. *Economia e Sociedade*, Campinas, SP, v. 6, n. 1, p. 101–141, 2016. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8643294>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- CALLÓN, Michel. Techno-economic Networks and Irreversibility. *The Sociological Review*, [S. l.], v. 38, n. 1\_suppl, p. 132–161, 1990. DOI: 10.1111/j.1467-954X.1990.tb03351.x.
- CALLON, Michel; COURTIAL, Jean-Pierre; TURNER, William A.; BAUIN, Serge. From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis. *Social Science Information*, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 191–235, 1983.
- CARSON, Steve; VAN DAM, Andries; PUK, Dick; HENDERSON, Lofton R. The history of computer graphics standards development. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 34–38, 1998.
- HERMANN, Jennifer. Auge e Declínio do Modelo de Crescimento com Endividamento: O II PND e a Crise da Dívida Externa (1974-1984). In: GIAMBIAGI, Fabio; VILLELA, André; CASTRO, Lavinia Barros De; HERMANN, Jennifer (eds.). *Economia brasileira contemporânea [recurso eletrônico]: 1945-2010*. 2. ed. São Paulo: Elsevier Editora, 2011. p. 73–95.
- JOTA, Fábio Gonçalves. Projeto e construção de um terminal gráfico retiforme. 1982. Mestrado em Engenharia - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1982. Disponível em: [http://dedalus.usp.br/F/7N775TX7H49492UKPMNVTKR1DEB7TEXQNPBEE656N7J1HH9F1B-15002?func=full-set-set&set\\_number=002372&set\\_entry=000002&format=999](http://dedalus.usp.br/F/7N775TX7H49492UKPMNVTKR1DEB7TEXQNPBEE656N7J1HH9F1B-15002?func=full-set-set&set_number=002372&set_entry=000002&format=999).
- CUKIERMAN, H. L.. Um mapa inicial para uma história comparada da informática brasileira. In: Klaus Bodemer. (Org.). *Cultura, sociedad y democracia en America*

Latina - Aportes para un debate interdisciplinario. 1ed.Madri / Frankfurt: Iberoamericana - Vervuert, 2012, p. 343-358.

LA NEVE, Alessandro. Projeto e construção de uma máquina de calcular serial-binária. 1980. Mestrado em Engenharia - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1980.

Disponível em:  
[http://dedalus.usp.br/F/PCQBYTFS7YMV1ESKPA55F47NIDHBR9UCAYKJUQT9K98AR182HY-15540?func=full-set-set&set\\_number=001344&set\\_entry=000001&format=999](http://dedalus.usp.br/F/PCQBYTFS7YMV1ESKPA55F47NIDHBR9UCAYKJUQT9K98AR182HY-15540?func=full-set-set&set_number=001344&set_entry=000001&format=999).

LATOURE, Bruno. Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LATOURE, Bruno. A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. Bauru, SP: EDUSC, 2001.

LEE, Heejin; OH, Sangjo. A standards war waged by a developing country: Understanding international standard setting from the actor-network perspective. *The Journal of Strategic Information Systems*, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 177–195, 2006.

LOCONTO, Allison; BUSCH, Lawrence. Standards, techno-economic networks, and playing fields: Performing the global market economy. *Review of International Political Economy*, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 507–536, 2010.

MARQUES, Ivan da Costa. History of Computing in Latin America [Guest editors' introduction]. *IEEE Annals of the History of Computing*, v. 37, p. 10-12, 2015a.

MARQUES, Ivan da Costa. Brazil's Computer Market Reserve: Democracy, Authoritarianism, and Ruptures. *IEEE Annals of the History of Computing*, v. 37, p. 64-75, 2015b.

MARQUES, Ivan da Costa. Minicomputadores brasileiros nos anos 1970: uma reserva de mercado democrática em meio ao autoritarismo. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, Rio de Janeiro, v. 10, n.2, p. 657-681, 2003.

MARQUES, Ivan da Costa. O mercado como construção sociotécnica. *Cadernos do ICHF. Série Estudos e Pesquisas (UFF)*, Niterói, RJ, v. 79, p. 33-44, 2002.

MARQUES, Ivan da Costa. Reserva de mercado: um mal entendido caso político-tecnológico de 'sucesso' democrático e 'fracasso' autoritário. *Revista de Economia (Curitiba)*, Curitiba, PR, v. 24, n.26, p. 91-116, 2000.

MARQUES, Ivan da Costa; CARDOSO, Márcia de Oliveira; BARCELLOS, Vitor Andrade. SOX: controvérsias “padrão X produto” nos sistemas operacionais na década de 1980. In: 2009, Campinas, SP. Anais [...]. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA ECONÔMICA E 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE HISTÓRIA DE EMPRESAS. Campinas, SP p. 1–23. Disponível em: <http://www.abphe.org.br/viii-congresso-brasileiro-de-historia-economica-e-9-conferencia-internacional-de-historia-de-empresas>.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Reforma Universitária: Relatório do Grupo de Trabalho. Brasília: Poder Executivo, 1968.

SHAPIRO, Carl; VARIAN, Hal R. The Art of Standards Wars. *California Management Review*, [S. l.], v. 41, n. 2, p. 8–32, 1999.

SILVA, Márcia Regina Barros da. 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.

SILVA, Márcia Regina Barros da. 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*. 1ed. Barcelona, Madri: Editorial Ariel S.A; Fundacion Telefonica, v. 1, p. 1-18, 2015.

STAR, Susan Leigh. Power, Technology and the Phenomenology of Conventions: On being Allergic to Onions. *The Sociological Review*, [S. l.], v. 38, n. 1\_suppl, p. 26–56, 1990.

VIANA, Marcelo. Entre burocratas e especialistas: a formação e o controle do campo da informática no Brasil (1958-1979). Tese. Programa de Pós-Graduação em História. PUC RGS, 2016.

ZUFFO, João Antônio. Delineamento de um processador de dados modular serial-decimal. 1974. Tese (Livre-Docência) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1974.

ZUFFO, João Antônio. Projeto de Subsistemas Integráveis (I, II, III, IV), 1981 - 1986.