

O PATINHO FEIO COMO CONSTRUÇÃO SOCIOTÉCNICA

Marcia de Oliveira Cardoso

NCE/UFRJ

Introdução.

Em 4 de outubro de 1984 o Congresso Nacional aprovou a Lei de Informáticaⁱ. Através deste ato, o Congresso reforçava legalmente a chamada reserva de mercado de informática, iniciada alguns anos antes através de portarias da Capreii.

Os movimentos que levaram à aprovação da lei de informática foram iniciados no final da década de 60. Durante os anos 70, as universidades brasileiras se empenhavam em criar condições favoráveis para que professores e alunos de pós-graduação pudessem efetivamente desenvolver produtos para a área de computaçãoⁱⁱⁱ. Por volta de 1968, o BNDE estimulou a construção de um computador para a Marinha, reunindo representantes das duas instituições – BNDE e Marinha do Brasil, que ficou conhecido como G10^{iv}.

Antes de 1984, a indústria nacional de informática já estava suficientemente estruturada, baseada nas iniciativas da comunidade. Tendo como origem diferentes universidades e institutos de pesquisa, entre as quais a UFRJ, a USP, a PUC-RJ e o ITA, esta comunidade acadêmica se distribuía entre as recém criadas empresas e os órgãos reguladores ligados ao governo federal. Esta comunidade, da qual fazem parte José Ellis Ripper, José Rubens Dória, Cláudio Zamitti Mammana, Ivan da Costa Marques, Mário Ripper, Edson Fregni, entre outros, era porta-voz de uma época essencialmente criativa, do ponto de vista do desenvolvimento da área de computadores, e altamente repressiva, do ponto de vista da política brasileira existente. Hoje, estes atores são pontos de passagem obrigatórios para quem desenvolve estudos baseados na teoria ator-rede nesta área.

Este quadro geral concorreu para que a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo iniciasse o seu próprio projeto para a construção de um minicomputador - o Patinho Feio. Este minicomputador, desenvolvido no início da década de 70 pelo Laboratório de Sistemas Digitais - LSDv, possuía uma memória de 4.096 palavras de 8 bitsvi.

Em julho de 1972, a EPSUP e o LSD “inauguraram” o Patinho Feio em uma cerimônia onde compareceram jornalistas e personalidades do cenário político brasileiro. Durante os próximos oito^{vii} anos, o minicomputador auxiliaria em pesquisas na área de sistemas digitais e no treinamento de professores e alunos dos cursos de graduação oferecidos pela EPUSP. Hoje, o Patinho Feio está desativado, liberado de sua função educacional, e encontra-se exposto para visitação pública no prédio da administração da Escola Politécnica da USP.

Este trabalho apresenta uma descrição da construção do Patinho Feio segundo a teoria ator-rede, mais especificamente, tal qual ela é apresentada por Michel Callon (CALLON, 1995) e por Bruno Latour (LATOURE, 1987). Assim sendo, a construção será vista como resultado da dinâmica das relações entre os elementos recrutados e envolvidos no processo, sendo essa dinâmica, por sua vez, resultado das decisões resultantes das negociações entre estes elementos. Esta dinâmica será vista segundo ciclos de concepção/adoção das partes que compunham o computador. Para se colher registros dessa dinâmica Latour recomenda “uma volta no tempo e no espaço” (LATOURE, 1987, p. 4). O Patinho Feio estará em construção, e serão observadas as tarefas da equipe que o desenvolveu, como o “escutar” do desenrolar de suas conversas, onde será possível encontrar cientistas e engenheiros negociando as primeiras formas do minicomputador. Para efetuar este retorno no tempo, o início desta narrativa coincidirá com, o início do funcionamento do LSD e a criação de novos cursos de pós-graduação na EPUSP.

O Recrutamento dos atores.

O processo de recrutamento dos atores que desenvolveram o Patinho Feio é iniciado, aqui, com a própria criação do LSD, em 1968. Já em 1970, o laboratório apoiava a parte administrativa da EPUSP e se mobilizava para conseguir a aprovação da mudança do currículo do departamento de Eletricidade, com a inclusão da cadeira de sistemas digitais. As estratégias para tornar viável esta mudança incluíam o recrutamento de estudantes para atuarem em projetos e a contratação de professores estrangeiros. Em conjunto com estas iniciativas alguns integrantes da turma de 1969 de Engenharia de Eletricidade também iniciaram a sua pós-graduação junto ao LSD.

A contratação de Glen Langdon, funcionário licenciado da IBM, para ministrar uma cadeira na pós-graduação da EPUSP intitulada: “Projetos de Sistemas Digitais”, conhecida como arquitetura de computadores, iria produzir uma parceria, Glen-LSD, para os próximos dois anos. Esta cadeira, ministrada no primeiro semestre de 1971, reuniu a maior parte do grupo do LSD, entre mestrandos e pesquisadores, como Edson Fregni, Edith Ranzini, Lucas Moscato, Paulo Patullo, Célio Ikeda, Victor Mammana e Antônio Massola. E também atraiu o interesse de integrantes de outras áreas, que terminaram por participar do curso, como os engenheiros eletrônicos, formados pelo ITAix, Cláudio Mammana, Sílvio Davi Paciornik e Wilson de Pádua e Maria Alice Varellax, que participou do curso como aluna externa^{xi}. Estava sendo consolidado um grupo para colocar em prática a idéia da construção de um computador, que receberia a orientação técnica de Glen Langdon.

Como trabalho final desta cadeira, Glen dividiu o grupo em equipes que ficaram responsáveis pela definição, em papel, de um computador. Durante a correção dos trabalhos Glen selecionou o

conteúdo, por ele considerado mais interessante, do projeto de cada equipe. Estas partes selecionadas serviriam para formar um sistema computacional passível de implementação. Nasce a primeira versão do minicomputador ou o seu embrião, ainda em papel. Mas para concretizar esta construção, novos atores, que dessem suporte financeiro, deveriam ser convencidos e envolvidos no projeto.

Para Latour (1987, p. 108) atrair pessoas como participantes da construção de um artefato envolve ações centradas na noção de tradução de interesses e em mecanismos para manter estas pessoas interessadas na construção. Latour apresenta estratégias que podem ser executadas com esses objetivos. Segundo Latour, uma destas estratégias é apresentar o objeto de negociação de forma que ele atenda aos interesses explícitos das pessoas que serão recrutadas. Esta é uma maneira fácil de fazê-las acreditar e investir na construção do objeto. Além disto, para manter os atores já recrutados interessados, isto é, mantê-los como aliados, se faz necessário constituir estas novas alianças (LATOURE, 1987, p. 121). Seguindo esta estratégia, a obtenção dos recursos para a construção do computador poderia ajudar ao LSD a manter o grupo já recrutado coeso. E como a liberação dos recursos dependia da direção da Escola Politécnica, o LSD deveria tornar o projeto atraente para esta direção.

O projeto foi levado ao conhecimento do diretor da EPUSP, o professor Oswaldo Fadigas quando, então, alguns fatores seriam enfatizados, entre eles a opinião de Glen sobre a viabilidade do projeto e a possibilidade de novas produções acadêmicas. A opinião de Glen com relação ao projeto era importante, uma vez que ele trazia consigo, em sua bagagem, o conhecimento de uma área ainda obscura para os brasileiros do LSD. Esta bagagem incluía: a rede de desenvolvimento e montagem de sistemas digitais, a IBM e o fato de ter estudado nos Estados Unidos, país com pesquisas avançadas nesta área xii. Nas negociações do projeto dentro da EPUSP tais atributos qualificavam Glen como o porta-voz (LATOURE, 1987, p.71) do computador. Um segundo fator dizia respeito ao fortalecimento do curso de pós-graduação na área de sistemas digitais e à qualificação de seu corpo docente xiii, e era importante para o fortalecimento do laboratório que mais projetos de tese fossem desenvolvidos. Portanto, construir o minicomputador poderia gerar efetivamente as novas teses. O terceiro fator que contribuiu para o recrutamento de novos aliados foi a divulgação, através de jornais da época, de que o GTE, grupo responsável pelo projeto do computador da Marinha, estava escolhendo um grupo universitário para o desenvolvimento do projeto.

Todos estes movimentos fortalecem as novas alianças que estão sendo formadas: o LSD mostra que os seus interesses são também interesses da EPUSP. Sendo interesse da EPUSP, o projeto de construção passa a ser de interesse do diretor da escola, Oswaldo Fadigas. A EPUSP, através do projeto de construção do seu computador, poderia estar entre as Universidades

candidatas ao projeto da Marinha-BNDE. E este seria mais um argumento para que a construção física do projeto no LSD tivesse o apoio, material e financeiro, da Escola.

Assim, surgiu o projeto Patinho Feio – aquele que iria virar cisne, cujo nome foi decorrente de uma brincadeira com outra Universidade candidata.

Mas para a efetiva construção do Patinho seria necessário efetuar modificações daquilo que estava documentado em papel - re-concepções do Patinho Feio. O projeto inicial, isto é a primeira versão compilada dos exercícios, seria modificado para se adequar ao material elétrico, eletrônico e humano existentes. Mesmo considerando os trabalhos finais como sendo as raízes do Patinho, para transformar a máquina do papel em um protótipo o LSD iria necessitar de soldas, fios, placas de circuitos integrados, parafusos, gabinete, placas de metal, maquinário auxiliar, brocas e homens. E a inclusão destes atores no processo acarretaria negociações, as quais, por sua vez, modificariam as definições iniciais. O grupo alocado para o projeto Patinho Feio, cuja espinha dorsal era formada pelos integrantes do curso ministrado por Glen, foi dividido em equipes que correspondiam à própria divisão do esquema de J. Von Neumann^{xiv}. Esta divisão da equipe já vinha sendo articulada pelas respostas dadas aos exercícios propostos durante o curso e pelas pesquisas que já vinham sendo desenvolvidas por alguns integrantes do grupo. Tal como esta definição, a construção do minicomputador do LSD estava dividida em desenvolvimento da unidade de controle, construção da memória, implementação da unidade aritmética e adaptação de unidades de entrada e saída. Para melhor poder avaliar as negociações das técnicas que o constituíram, a dinâmica deste processo será analisada em ciclos de concepção/adoção de algumas partes, ou que constituíram o Patinho Feio, ou que foram introduzidas para tornar viável a sua construção.

A construção da memória

Na época da construção do Pato Feio um tipo de memória que estava sendo bastante utilizado era a memória de núcleo de ferrite. As memórias de núcleo de ferrite foram desenvolvidas pela empresa americana Wang Labs e consistiam basicamente de fios de cobre cruzados e do metal ferrite inserido nestes pontos de cruzamento. Quando uma corrente elétrica percorria estes cruzamentos, o ferrite tornava-se magnetizado.

As relações entre Edith Ranzini, que representava a equipe de construção da memória, e os projetos de desenvolvimento da memória para o Patinho Feio tornaram-se enfraquecidas devido a diversos fatores. Em primeiro lugar, uma memória de ferrite de utilização confiável exigia em uma fabricação industrializada.

“Difícilmente uma memória de ferrite fabricada em um laboratório experimental teria a confiabilidade necessária para funcionar bem num computador.” (FREGNI, 2002).

Também existia o problema da volta de Glen Langdon para os Estados Unidos, pois ele poderia permanecer na USP por um período aproximado de 18 meses.

Por outro lado, estes obstáculos para o desenvolvimento de uma memória própria, tornaram-se convenientes tendo em vista a proximidade do projeto do GTE Sendo assim, o LSD optou por comprar uma memória já confeccionada, modelo Philips FI-21, com capacidade de 1k (1024) palavras e um ciclo de 1.6 μ s. Segundo alguns integrantes do LSD, esta memória já existia e havia sido comprada para ser utilizada na construção de um computador. Desta forma, a memória comprada criou um vínculo entre ela e o grupo participante do projeto, se transformando em um novo ator recrutado para as próximas negociações.

Unidade de controle

Em linhas gerais, a unidade de controle gerencia a execução de programas, isto é, ela é responsável pela realização de micro-operações^{xv} que executam as instruções de um programa. Edson Fregni, cuja dissertação de mestrado^{xvi}, concluída em agosto de 1972, teve como título “Projeto Lógico da Unidade de Controle de um Minicomputador”, fez parte da equipe de construção da UCP.

A negociação em torno da UCP passou pela escolha do tipo de unidade de controle, que determinaria a implementação física da UCP. Nesta negociação, foi escolhida a unidade de controle fixo, cuja programação é feita através dos circuitos geradores de sinais elétricos, devido aos recursos existentes no LSD na época. Após esta definição, o próximo passo foi negociar o ciclo de máquina, que tomaria como referência o ciclo da memória. Os valores para leitura, acesso e escrita especificados no manual da memória Philips foram somados, perfazendo um total de 2.0 μ s para o ciclo da unidade de controle. As especificações da memória também foram utilizadas para definir como os dados fluiriam internamente no computador^{xvii}.

Definido o tempo total do ciclo da máquina, a próxima etapa foi definir como distribuir as micro-operações dentro do ciclo de máquina. Com base nesta distribuição os circuitos lógicos seriam implementados. Por sua vez, estas micro-operações dependiam de quais instruções^{xviii} básicas estavam definidas para a operação interna do computador: adição, subtração, armazenamento, comparação, etc. Para possibilitar a confecção das micro-operações necessárias, a equipe utilizou um conjunto de caracteres alfabéticos, baseados em um dos trabalhos finais do curso de Glen Langdon, que representaram provisoriamente as instruções. Mais tarde, estes mnemônicos foram modificados para outros códigos, em um total de 55^{xix}. De posse da relação de instruções e suas micro-operações, a equipe poderia preparar a carta de micro-operações^{xx}.

Uma vez definida, a UCP foi simulada em um computador existente no LSD para depuração e testes. Esta simulação é uma nova versão/visão da UCP - a primeira versão em software. Além

destes testes, o ciclo de concepção-adoção da UCP englobou um estudo sobre a forma de transpor o circuito desenhado para a sua implementação em placas de circuito impresso. O projeto da UCP estava pronto para a montagem dos circuitos impressos. E este seria um final “provisório” da concepção da UCP e o início de sua adoção.

A fábrica de circuito impresso

Com os projetos dos circuitos já definidos, o próximo passo seria encomendar as placas impressas em alguma fábrica de São Paulo, unindo-as à memória Philips, e testar a funcionalidade do conjunto. Mas os fornecedores locais de placas de circuito impresso, consultados na cidade de São Paulo, que possuíam prazo de entrega mínimo de 30 dias e a exigüidade de tempo com o qual a equipe estava lidando para este projeto mudaria o rumo dos acontecimentos.

A necessidade de redução do prazo para a fabricação das placas de circuito impresso, levou o LSD a considerar a possibilidade de construir estas placas dentro da própria EPUSP. A idéia de montar as placas do Patinho Feio se transformou em um projeto para desenvolver uma tecnologia para a montagem de placas de circuito impresso de face dupla e com furos metalizados. Foi criada, então, uma oficina para a fabricação de circuitos impressos na EPUSP. E assim, todo o processo de construção das placas de circuito impresso para o Patinho Feio, incluindo o preparo dos seus desenhos, ficou dentro da própria Escola Politécnica. Este processo motivou uma re- concepção da UCP para adaptá-la ao formato das novas placas de circuito.

A implementação do software

No início do desenvolvimento do software, foi necessário um mês para a construção de um conjunto básico de rotinas. O programador precisava analisar o objetivo da rotina, escrever as instruções, verificar seus códigos binários correspondente e visualizar o resultado. Para isto, ele trabalharia na base binária e efetuaria uma “simulação mental” que auxiliaria na depuração da rotina. Para funcionarem em conjunto, as rotinas eram carregadas para o Patinho Feio uma a uma, através das chaves do painel. Este processo repetia-se diariamente, pois para acrescentar uma nova rotina, e verificar se todas funcionavam conjuntamente, era necessário carregar a biblioteca na memória para depois carregar a nova rotina.

Posteriormente a equipe utilizou uma forma de armazenar a biblioteca produzida de evitando o uso constante das chaves do painel de controle. A equipe começou a fazer uso dos dispositivos de leitura e perfuração de fita de papel, existentes no LSD. Para isto, foi necessário o desenvolvimento de um programa que perfurava bytes na fita de papel e de um programa para ler os bytes de fita de papel, um a um. Assim, a equipe iniciava o dia com uma fita perfurada no dia anterior com novas rotinas e carregava o programa para ler a fita perfurada, através das chaves do painel. Depois, era só

deixar o programa ler as demais rotinas da fita. Somente após estes processos era iniciado o trabalho rotineiro de novamente utilizar a binômio braço-chave de painel para carregar os novos programas.

Pouco tempo depois, haveria uma nova re-concepção deste sistema.. A equipe montou uma forma de gerar a fita para o Patinho, composto de quatro passos. Em um primeiro momento, ele gerava o programa no IBM, verificando o seu funcionamento. Depois de pronto, o programa era convertido para binário e perfurado em cartões no próprio IBM. Em seguida, os cartões eram lidos na leitora de cartões do sistema HP e perfurados em fita de papel, da própria HP. O último passo era carregar aquela fita no Patinho Feio. Assim, foram desenvolvidos os programas para o Patinho Feio

Virando Cisne

Com as placas de circuito impresso preparadas havia chegado a hora de uni-las, testá-las e fazê-las funcionar em conjunto. Para minorar a quantidade de erros que poderiam aparecer, as placas de circuito impresso foram interligadas por grupos. O Patinho Feio foi tomando forma a partir do painel, do relógio central^{xxi}, do cartão de controle de estado, do fluxo de dados e da memória.

“... Depois de alguns dias nesta tarefa, finalmente conseguimos fazer o computador funcionar com um programa de uma única instrução em ‘loop’. Imagina a algazarra no laboratório? Começamos a gritar” Está vivo!”, “ Está vivo!” ...” (FREGNI, 2002).

Esta algazarra chamou a atenção dos dirigentes da EPUSP. E o resultado foi sentido por todos: a inauguração do Patinho Feio havia sido anunciada e marcada para o mês seguinte.

Embora existisse um conjunto de programas chamado Sinfonia, o Patinho Feio foi inaugurado em 24 de Julho de 1972 desligado, pois um fotógrafo esbarrou nos fios do Patinho Feio, soltando a tomada da parede e descarregando a máquina. Mas, o LSD havia conseguido o seu objetivo e estava se preparando para um novo desafio. Em um curto espaço de tempo após a inauguração do Patinho Feio, o grupo do LSD já estava envolvido com o projeto do G-10.

Conclusão

Neste trabalho, descrevi algumas características do processo de construção do Patinho Feio em ciclos de concepção e adoção. Este formato me permitiu o uso da escassa documentação existente sobre o Patinho e, como havia uma tese sobre a UCP e a apostila descrevendo o Patinho Feio para os programadores, optei por dividir a construção do computador conforme o material encontrado. Ao olhar a forma de organização do grupo para a construção do Patinho Feio, era

possível visualizar a divisão do esquema do minicomputador: unidade central de processamento, memória, interfaces de entrada e saída. E esta divisão ainda ficou inscrita nas produções das teses de mestrado^{xxii} oriundas deste projeto. O trabalho descreveu a dinâmica de concepção/adoção do Patinho Feio em pequenos ciclos de concepção e adoção de partes do seu esquema definido. Este processo, viabilizou a verificação da adoção de alguns procedimentos e o abandono de outros para a convergência da rede do Patinho Feio.

Durante as décadas de 70 e 80, cientistas, políticos e empresários contribuíram e participaram da implantação da indústria de informática no Brasil. Alguns dos integrantes tanto da equipe envolvida com o desenvolvimento do Patinho Feio, tais como Edson Fregni e Cláudio Mammana, quanto da equipe de desenvolvimento do G-10, participaram ativamente das definições das propostas que nortearam a criação de uma indústria de informática nacional. Muitos dos que não são citados como atores da dinâmica de desenvolvimento do Patinho Feio são pontos de passagem obrigatórios quando nosso olhar se estende para a reserva do mercado de informática no Brasil. A história de tais atores se mistura com a própria história da computação no Brasil^{xxiii}.

A construção do Patinho Feio estava sendo costurada dentro de uma rede, onde as mudanças nos currículos de graduação e pós-graduação no departamento de Engenharia de Eletricidade eram fatores preponderantes. Ela possuía objetivos definidos: fortalecer uma pós-graduação recém-criada e preparar uma equipe capaz de desenvolver projetos na área de sistemas digitais. Quanto mais se desenhava a possibilidade de capacitação na área digital, mais fortalecida se encontrava a idéia de desenvolvimento de um minicomputador. A possibilidade de envolver a USP na construção de um computador para a Marinha fortaleceu os vínculos mais fracos: a direção da EPUSP se posiciona como um novo aliado e possibilita que o Patinho Feio saia do papel. A rede para a construção do minicomputador se estabiliza.

Eu acredito que os objetivos foram alcançados, pois o laboratório fortaleceu o seu curso de sistemas digitais, as teses foram produzidas e o minicomputador atuou como um equipamento integrante do departamento de engenharia de eletricidade. Todos os relatos apontam o Patinho Feio como colaborador da graduação após 1972. Neste contexto, o Patinho Feio se transformou em cisne.

Bibliografia

BAGNOLI, Helena. RODRIGUES, Jaime. **Escola Politécnica: Cem anos de tecnologia brasileira**. Grifo Projetos Históricos e Editoriais. Janeiro, 1994. 176p.

BARROS, Victor Francisco Mammana de – **Entrevista** realizada em 6 de abril de 2001.

CALLON, Michel, Technological Conceptions and Adoption Network: Lessons for the CTA Practitioner. In: RIP, Arie; MISA, Thomas J.; SCHOT, Johan (eds). **Managing Technology in Society**. Pinter 1995. p. 307-330.

DANTAS, Vera. **A guerrilha Tecnológica: a verdadeira história da política nacional de informática**. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Ed. 1988. 302p.

DEDALUS – **Banco de Dados Bibliográficos da USP**. Disponível em <http://dedalus.usp.br:4500/ALEPH/por/USP/USP/DEDALUS/START>. Acesso em 2000-2002.

FREGNI, Edson. **Projeto Lógico da Unidade de Controle de um minicomputador**. 1972. 69 p. Dissertação (mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LANGDON, Glen George; FREGNI, Edson. **Projeto de Computadores Digitais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1974. 1977. 2a. Edição. 357p.

LATOUR, Bruno. **Science in action**. Cambridge, Massachusetts: Havard University Press. 1987. 274 p.

LSD. **A USP constrói o primeiro computador brasileiro**. São Paulo: Laboratório de Sistemas Digitais. Departamento de Engenharia de Eletricidade. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. 1972.^{xxiv}

_____. **Laboratório de Sistemas Digitais**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Eletricidade. 1980. 49 p.

MASSOLA, Antônio M. de Aguirra; NETO, João José; BAIN, Moshe. **Montador do Patinho Feio**. São Paulo: Laboratório de Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. Julho, 1977.

-
- ⁱ Sob o número de 7.232, esta lei, chamada Política Nacional de Informática - PNI, definia instrumentos que incluíam o controle de importação de bens e serviços da área de computação pelos próximos oito anos, objetivando a capacitação nacional nas atividades desta área.
- ⁱⁱ Comissão de Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico, cuja principal função era disciplinar e organizar a utilização de computadores no âmbito do governo federal (ROZENTHAL; MEIRA, 1995, p.29).
- ⁱⁱⁱ . A comunidade acadêmica investia na criação de laboratórios especializados e de novos cursos de pós-graduação. Auxiliando este nicho acadêmico, o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDE) ⁱⁱⁱ contribuía com três por cento de seu orçamento de investimentos para um fundo que fomentava projetos tecnológicos.
- ^{iv} Esta integração se refletiu com a criação de um grupo chamado Grupo de Trabalho Especial (GTE), que se dispôs a encontrar grupos capacitados para tal tarefa nos centros de pesquisas.
- ^v LSD – Hoje é o departamento de Computação e Sistemas Digitais (PCS).
- ^{vi} Do inglês *binary digit* – Dígito binário: unidade mínima de informação; por conseguinte, é também a mínima informação a transmitir. Um bit pode ter o valor de “0” ou “1”. (Enciclopédia Universal).
- ^{vii} Ao longo destes anos, o Patinho Feio sofreu modificações na sua configuração original.
- ^{viii} Segundo Antônio Massola, Edith Ranzini trabalhava inicialmente em outro grupo, com o professor Plínio Castelo. “Mas por afinidade ela se incorporou ao nosso grupo do LSD” (Antônio Massola).
- ^{ix} Instituto Tecnológico da Aeronáutica.
- ^x Segundo Maria Alice Varella, trabalhando em uma empresa de consultoria e desejando retornar à USP para concluir seu mestrado e doutorado, ela soube do curso e se interessou em freqüentar o programa.
- ^{xi} Os professores Cláudio, Sílvio e Wilson trabalhavam no Instituto de Física da USP e tinham interesse em conseguir os créditos do curso para as suas respectivas pós-graduações.
- ^{xii} Segundo Marcos Dantas (1989, p.15), em comparação aos países que já desenvolviam pesquisas e fabricavam computadores, em 1971, o Brasil estava atrasado 35 anos.
- ^{xiii} Em julho de 1971, alguns pesquisadores do laboratório participaram da Conferência Nacional de Tecnologia Aplicada, realizada no Hotel Glória, no Rio de Janeiro. Segundo Edith Ranzini, “neste seminário foram apresentadas duas dissertações de mestrado quase concluídas: sobre o desenvolvimento de um modem e a transformação de uma máquina de escrever elétrica em terminal de computador ou telex”.
- ^{xiv} A Máquina de Von Neumann era dividida em cinco partes básicas: memória, acumulador, unidade de controle, unidade aritmética e unidades de entrada e saída.
- ^{xv} são as operações elementares necessárias para a execução de uma instrução básica. Uma micro-operação é uma operação elementar característica da máquina como, por exemplo, a leitura da memória, a soma do valor ‘um’ ao conteúdo de um registrador de dados, etc.
- ^{xvi} Orientado por Glen Langdon.
- ^{xvii} Em palavras de 8 bits.
- ^{xviii} Uma instrução é finalizada pela execução de uma seqüência de micro-operações em uma determinada ordem.
- ^{xix} O conjunto completo de instruções aparece no ciclo “A UCP e o painel na visão do programador”.
- ^{xx} Esta carta era uma lista das seqüências das micro-operações necessárias para a execução das instruções “encaixadas” em ciclos de máquina. Desta forma seria possível visualizar o tempo que a execução de cada micro-operação iria gastar e, assim, distribuí-las respeitando o tempo de acesso à memória. Para esta distribuição, o ciclo de máquina foi subdividido.
- ^{xxi} Parte integrante da UCP.
- ^{xxii} FREGNI, Edson. Projeto Lógico da Unidade de Controle de um Minicomputador. 1972; RANZINI, Edith. Projeto e ensaio de memórias de núcleos de ferrite. 1975; RUGGIERO, Wilson. Projeto de um processador central microprogramado. 1975 ; KOVACH, Stephan. Projeto de um sistema de entrada e saída de um minicomputador. 1975; SHIMIZU, Selma. Automação de projetos de sistemas digitais: posicionamento de components. 1975; SOUZA, Benício J.. Software de um minicomputador: sistema básico de controle. 1976; NETO, João J.. Aspectos do projeto de software de um minicomputador. 1975.
- ^{xxiii} Para uma leitura sobre esta época e nesta ótica, ver Dantas (DANTAS, 1984).
- ^{xxiv} Data provável de edição.