

A recepção do computador IBM-1130 no Brasil dos anos 1970: o processador de ponto flutuante do NCE/UFRJ

IVAN DA COSTA MARQUES ^{*†} - PPG-UFRJ
FÁTIMA FERRÃO DOS SANTOS ^{*} - PPG-UFRJ

Nos anos 1970 o Núcleo de Computação Eletrônica/ UFRJ desenvolveu um processador de ponto flutuante (PPF) que dobrava o rendimento do computador IBM 1130. O BNDE financiou a passagem do projeto para a empresa Microlab. Cinco PPFs foram colocados em uso. Nossa história mostra que fatores radicalmente heterogêneos atuaram inseparavelmente na construção do PPF, sugerindo que a constituição de um artefato não pode ser bem creditada a fatores tão homogêneos que possam ser agrupados em um só campo, seja este campo o econômico, o técnico, o político ou o cultural. Em nossa história, adotando a visão ator-rede”, a heterogeneidade dos f/atores é resolvida no artefato PPF que media diversas equivalências. Chamamos de tradução/ translação estas equivalências conjecturais (não impostas por ninguém) entre elementos tão heterogêneos que vão desde algoritmos e técnicas de montagem até a geopolítica do regime militar, passando por conclusão de mestrados e associação/ dissociação universidade-empresa.

Entender a técnica para entender a história e vice-versa: números de ponto (vírgula) flutuante: Assim como no ensino da aritmética às crianças, na eletrônica digital multiplicar, por exemplo, 314 por 1208 e obter 379312 é simples e rápido mas multiplicar 3,14 por 12,08 e obter 37,9312 é relativamente complicado e lento. Mas nem as medidas dos objetos ditos mundanos nem as constantes da Física sujeitam-se à simplicidade dos números inteiros. Conseqüentemente, não são números inteiros e sim números fracionários que aparecem na maior parte dos cálculos na engenharia e nos laboratórios. A engenharia dos computadores separa o número fracionário em duas partes denominadas mantissa (*m*) e o expoente (*e*). A mantissa indica os algarismos que compõem o número e o expoente indica a posição da vírgula. Esta representação diferenciada exige mais trabalho da agência calculadora¹ que executa as operações aritméticas, pois além de calcular a mantissa do resultado, é preciso calcular também o expoente do resultado, como fica exemplificado na multiplicação abaixo:

Número	Mantissa (<i>m</i>)	Expoente (<i>e</i>)
3,14	314	1
12,08	1208	2
37,9312	379312	2

* Programa de Pós-Graduação em Informática DCC-IM/NCE

Universidade Federal do Rio de Janeiro

† Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Entre profissionais de informática os números fracionários são chamados de “números de ponto flutuante” em oposição aos inteiros que são chamados de “números de ponto fixo”.² As exigências práticas de confiabilidade alta e custo baixo são atingidas antes para as operações com números inteiros (de ponto fixo) do que para números fracionários (de ponto flutuante). Para nossos propósitos é suficiente observar que a capacidade de processar frações pode ser incorporada ao computador de duas formas: 1) aumentando o hardware, isto é, adicionando circuitos eletrônicos, fazendo um dispositivo físico que faz as operações adicionais com os expoentes, o que acarreta a construção de uma máquina com mais componentes; ou, alternativamente, 2) aumentando somente o software, isto é, fazendo um programa armazenado na memória que executa as operações adicionais, o que não aumenta a máquina (hardware) mas torna o sistema do computador como um todo mais lento.

Por volta de 1974 havia no Brasil cerca de 100 computadores IBM 1130, a maioria delas instalada em universidade ou empresas de consultoria, e o computador IBM 1130 fazia as operações de ponto flutuante por software. Nesta época uma equipe de pesquisa do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da UFRJ desenvolveu um processador de ponto flutuante (PPF) para o computador IBM 1130: um dispositivo eletrônico (hardware + software) abrigado em uma caixa de 50x45x24cm que funcionava acoplado e integrado ao computador, executando as operações aritméticas de números fracionários de dez a cinquenta vezes mais rápido do que a máquina tal como entregue pela IBM. Isto mais do que dobrava a capacidade média de processamento do sistema resultante em relação ao sistema original.³ Pretendemos contar uma história do PPF em que sua concepção, projeto, passagem da universidade para a empresa, fabricação e uso são processos onde o “social” e o “técnico” atuam de forma inseparável e estão indissociavelmente fundidos em algo híbrido. Já no primeiro consenso, na primeira volta da espiral de concepção/ adoção⁴ do PPF, estabeleceu-se uma primeira equivalência entre entidades heterogêneas, entre um campo de pesquisa e um objetivo político: construir o PPF era dominar a tecnologia da informática no Brasil e isto era a independência tecnológica, que se estendia à independência econômica e política do país. Era preciso que o Brasil desse os primeiros passos para a independência, mesmo que parcial, na informática, e a construção do PPF era justamente um destes passos, acreditavam, admitiam e/ ou propagavam tanto a equipe de pesquisadores do NCE/UFRJ como os demais envolvidos. No campo dos Estudos de Ciência e Tecnologia (ECT – *Science and Technology Studies*) esta equivalência posta em cena entre objetivos heterogêneos, equivalência não imposta por ninguém, e que é, conseqüentemente, conjectural, é chamada de tradução/ translação.⁵ Como se deu esta tradução/ translação? Isto é, como a equivalência {desenvolvimento do PPF} = {independência

do Brasil} fortificou-se a ponto de entrar na cena nacional da época mobilizando aliados para gerar efeitos de verdade, provocando acontecimentos, adquirindo densidade e constituindo uma versão da realidade? Como toda tradução/ translação, ela ocorreu pela justaposição, sempre precária, de elementos heterogêneos reunidos mediando atores e comunidades diversas, em meio a diversas outras traduções. Uma tradução/translação raramente entra em cena sem contestações e dificilmente poderia se sustentar isoladamente.

Traduções/ translações: Vejamos algumas traduções/ translações que, tomadas em seu conjunto, conformaram o PPF do NCE/UFRJ:

1. {desenvolvimento do PPF = melhor serviço prestado aos professores e alunos usuários do NCE} A equipe de pesquisa e desenvolvimento do NCE avaliou que uma vez pronto e instalado o PPF tornaria o sistema IBM 1130 muito mais rápido e que os usuários seriam bem melhor atendidos pois o tempo de espera entre a entrega de seus programas e o recebimento da resposta diminuiria drasticamente.⁶ Note que como toda tradução/ translação, esta também tem um grau de arbitrariedade. No universo mais ou menos aberto de possibilidades havia muitas formas de melhorar o atendimento aos usuários do NCE.⁷ No entanto, embora o NCE buscasse também a aquisição de um computador de maior porte, a tradução/ translação **{IBM 1130 + PPF = IBM 1130 mais rápido = melhor serviço prestado aos professores e alunos usuários do NCE}** fortificou-se a ponto de corporificar-se em um projeto de pesquisa.

2. {Desenvolvimento do PPF = economia de divisas para o Brasil} Cada um dos sistemas IBM 1130 custava algumas centenas de milhares de dólares.⁸ Muitos deles estavam sendo utilizados 24 horas por dia e portanto as instituições onde eles estavam instalados consideravam sua substituição. Além disto, uma grande porcentagem destes sistemas, talvez 50%, estavam instalados em universidades e centros de pesquisa apoiados por programas do BNDE⁹, ou seja, a decisão sobre o que fazer com estes sistemas estava em última instância fortemente concentrada em uma entidade ou ator social. Havia na época uma grande carência de dólares. O custo do PPF produzido em uma operação de produção industrial seria uma pequena fração do preço de um sistema IBM 1130. Como a adição do PPF na prática fazia com que o sistema IBM 1130 que o recebesse concluísse em 12 horas o trabalho de 24 horas, evidenciava-se a oportunidade de adiar por períodos relativamente longos a importação de novos sistemas para substituir os velhos IBM 1130. Eis aí algo que permitiu que, justamente em uma época de escassez aguda de dólares, o desenvolvimento do PPF colocasse em cena a economia de divisas para o Brasil. O PPF fortificou-se e sua existência ganhou densidade tornando equivalentes o objetivo do BNDE de economizar os

escassos dólares da época e o objetivo do NCE de melhorar seus serviços. O PPF fortificou-se aliando duas instituições cujos objetivos heterogêneos tornou equivalentes.

3. {Desenvolvimento do PPF} = {autonomia tecnológica do Brasil} Em 1974 os circuitos eletrônicos de processamento de números fracionários estavam na vanguarda dos produtos da indústria de computadores. Não havia, nos EUA, na Europa, ou no Japão, uma tentativa de padronização e muito menos um consenso sobre sequer que algoritmo utilizar para as operações de ponto flutuante nos computadores. Cada fabricante escolhia isolada e independentemente seu algoritmo.¹⁰ Os processadores eletrônicos de números de ponto flutuante podiam ser adquiridos como um dispositivo adicional, oferecido somente para os computadores de maior porte, e a capacidade de fazê-los estava restrita a poucos fabricantes que a guardavam a sete chaves. Portanto, a construção do PPF era na época um projeto de alto risco tecnológico, um desafio de grande monta, uma vez que teria que ser feito, como foi, sem o apoio da IBM. Assim o desenvolvimento bem sucedido do PPF e os métodos adotados em sua pesquisa evidenciariam uma capacidade tecnológica básica, limitada mas significativa, sobre a qual poderia ser erguido com segurança um edifício para a engenharia eletrônica digital brasileira. A reprodução desta capacidade em maior escala dotaria o país de uma autonomia no setor, no sentido de ter aqui a capacidade de projetar praticamente qualquer artefato eletrônico digital. Esta autonomia estava em foco nos meios militares devido a então recente aquisição de fragatas inglesas, uma primeira geração de armamentos cujo bom funcionamento dependia de computadores embarcados cuja manutenção independente, por sua vez, representava um grande desafio para os técnicos da Marinha Brasileira. Novamente o PPF fortificou-se, agora através de uma aliança tácita. Não houve envolvimento direto entre a Marinha e o NCE, como veremos que aconteceu no caso do BNDE, mas novamente o PPF mediou uma aliança tácita ao tornar equivalentes dois objetivos institucionais heterogêneos. Além desta, que outras traduções/ translações justapuseram-se para ao final dar ao PPF a densidade de um objeto?

4. {Desenvolvimento do PPF = infra-estrutura de laboratório industrial para a Microlab = criação de empresas nacionais de tecnologia de ponta} O NCE não tinha os meios para disseminar o uso do PPF no país, uma expectativa decorrente das traduções/ translações que vinculavam o PPF à economia de divisas e à autonomia tecnológica. Além de não ter aqueles meios, o NCE, como órgão universitário, não via maneira de adquiri-los diretamente. A equipe de pesquisa do NCE procurou a Microlab, uma pequena empresa do Rio de Janeiro fabricante de equipamentos eletrônicos simples voltados para a área de controle de processos. Como quase todas as empresas brasileiras em setores de tecnologia de ponta, a Microlab tinha dificuldades de

reunir capital: “A Microlab, naquele época, era uma empresa pequena, com todas as dificuldades e problemas normais. Tinha muito know-how em eletrônica linear, mas pouco conhecimento na área de eletrônica digital. Tinha ótimos profissionais em eletrônica e mecânica, mas poucos recursos financeiros.”¹¹ Apresentava-se assim a possibilidade de uma aliança profícua, novamente reunindo diversos objetivos heterogêneos em um único. Juntos o NCE e a Microlab reuniam elementos que, adicionados aos recursos financeiros, poderiam dotar o PPF de um corpo sólido, traduzindo-o/ transladando-o para a chamada realidade dos fatos. O PPF tornou-se também equivalente aos objetivos empresariais da Microlab, uma pequena empresa nacional. E naquela época o BNDE, além de estar conjunturalmente interessado na economia de divisas, tinha também como um de seus principais objetivos o desenvolvimento da empresa nacional, especialmente no setor de bens de capital. Uma tradução/ translação amplia, prolonga, apóia e é apoiada por outras. O PPF fortifica-se na rede como um nó que media, vincula e alia três instituições heterogêneas em meio a um complexo entrelaçado de objetivos também heterogêneos.

5. {Desenvolvimento do PPF = pesquisa original de valor acadêmico} Durante a década de 1970, a equipe de pesquisadores/ professores do NCE, acompanhada por equipes de outras universidades,¹² colocou em cena uma outra equivalência: a idéia da pesquisa universitária de vanguarda, com valor acadêmico, tradicionalmente associada às fronteiras dos conhecimentos ditos universais, foi traduzida/ transladada para as fronteiras do conhecimento local. Para os profissionais destas equipes, a legitimação da atividade de pesquisa passa a ser também um assunto de alçada local, ou seja, se os engenheiros brasileiros não sabem como um processador de ponto flutuante é construído, então é tão legítimo para a universidade brasileira pesquisar este produto de uma tecnologia estrangeira desconhecida quanto pesquisar um fenômeno natural (pesquisa de conhecimentos ditos universais). Os métodos e as qualidades dos esforços de pesquisa de um coletivo local para descobrir como funciona um fenômeno que se apresenta já construído por uma tecnologia estrangeira¹³ que não revela seus segredos para os locais, não difere do esforço a ser despendido para descobrir os segredos de um fenômeno que se apresenta como natural. Assim a legitimidade de apoiar “pesquisa original” foi traduzida/ transladada para a legitimidade de apoiar “pesquisa tecnológica local do que é localmente desconhecido”. Esta tradução/ translação deu respeitabilidade acadêmica ao tipo de desenvolvimento tecnológico feito pelas equipes do NCE/UFRJ e de outras universidades brasileiras na época.¹⁴

6. A tradução/ translação {Desenvolvimento do PPF = pesquisa original de valor acadêmico} não ficou restrita aos muros dos departamentos de filosofia e epistemologia mas transbordou para o “mundo-da-vida”,¹⁵ pois ela legitimou o financiamento do de-

envolvimento do protótipo do PPF com recursos “a fundo perdido” pelo BNDE. Foi assinado um contrato estipulando que o NCE/UFRJ transferiria para a Microlab o know-how necessário para reproduzir o PPF. Neste mesmo contrato o BNDE adquiriu da Microlab as cinco primeiras unidades produzidas, vendidas ao preço de custo do desenvolvimento do projeto. Desta forma o BNDE financiou tanto o NCE/UFRJ quanto a Microlab, ao comprar da Microlab cinco unidades do PPF por ela fabricadas, que o BNDE destinou a outras universidades que usavam sistemas IBM 1130 de propriedade do BNDE. “O projeto PPF foi uma boa injeção de dinheiro na Microlab, [que] investiu em equipamentos e ferramentas para a área digital, treinou pessoal, e disponibilizou os recursos necessários... Além do apoio do pessoal de mecânica e desenho, a equipe contava com 3 montadores e 2 estagiários fixos.”¹⁶ “O PPF foi pioneiro. Foi a primeira vez que o pessoal fez um projeto usando circuito integrado no Brasil. Depois do PPF a coisa decolou ... [Em 1974, a] Microlab era uma das poucas empresas [brasileiras], senão a única, que possuía capacitação para manusear artefatos digitais.”¹⁷ Juntou-se portanto às demais traduções/ translações mais uma, também acariciada pelo BNDE: **{Desenvolvimento do PPF = integração universidade-empresa}**.

As traduções/ translações, assim como os (sujeitos-)objetos que elas conformam, são sempre provisionais e, além disto, raramente se dão sem contestações e oposições que colocam em xeque sua capacidade de resistir e condicionam sua extensão. Em permanente transformação, as traduções/ translações modificam as redes e os (sujeitos-)objetos a ponto de não distinguirem-se neste tecido sem costura. Como todos os objetos, o PPF também foi algo provisional, em transformação, e desfez-se quando esgarçou-se sua rede, quando a capacidade de criar novos e ou manter antigos vínculos foi fortemente contestada e foram-se rompendo os vínculos que sustentavam as traduções/ translações que conferiam à rede densidade suficiente para fazer acontecer um objeto “real”, algo que passou do “pólo latente ao pólo manifesto”.¹⁸

Para redes extensas, de grande escala, atores poderosos de porte nacional como o BNDE, o projeto PPF (construção do protótipo pelo NCE e a reprodução industrial de 5 unidades pela Microlab) enfeixava uma seqüência de traduções/ translações que levavam o PPF à condição de mediador em redes de escala nacional e até internacional:

{Desenvolvimento do PPF = integração universidade-empresa} ← →
{Desenvolvimento do PPF = criação de empresas nacionais de tecnologia de ponta} ← →
{Desenvolvimento do PPF = economia de divisas para o Brasil} ← →
{Desenvolvimento do PPF} = {independência do Brasil} ← →

7. A tradução/ translação {PPF = integração universidade-empresa} fez-se visível tanto no NCE quanto na Microlab, mas a escala a ser abrangida para que ela se ampliasse alcançando {Desenvolvimento do PPF = independência do Brasil} dependia de outra

tradução **{Desenvolvimento do PPF = construção de um molde industrial}** e esta não se sustentou diante das contestações dos elementos heterogêneos envolvidos na reprodução industrial do PPF. O protótipo desenvolvido pelo NCE era fiado (*wire-wrapped*) sobre placas Cambion[®], uma tecnologia flexível típica da construção de artefatos experimentais em laboratórios. A industrialização deveria substituir a fiação sobre Cambion[®] por placas de circuito impresso, uma tecnologia que exige maior investimento inicial mas torna-se mais barata quando a produção cresce. Era esta a expectativa de um projeto PPF que pretendia “turbinar” senão todos, pelo menos algumas dezenas dos computadores IBM 1130 instalados no Brasil.¹⁹ Isto, no entanto, não aconteceu. O protótipo do NCE utilizava componentes de alta qualidade, com especificações mais rígidas do que os componentes normalmente utilizados na indústria, o que exigiu o re-projeto parcial do PPF, especialmente o de uma de suas placas. No entanto, mesmo após a resolução deste problema, a Microlab optou por fabricar as 5 unidades reproduzindo o protótipo do NCE, mantendo a fiação e as placas Cambion[®]. Em outras palavras, entre a construção de um molde industrial e o PPF do NCE/UFRJ havia ainda mais trabalho a ser feito do que haviam imaginado o NCE, a Microlab e o BNDE.²⁰

8. Mais uma tradução/ translação antes implícita, de grande influência sobre as possibilidades das escalas a serem atingidas, foi também contestada: **{Desenvolvimento do PPF = um IBM 1130 mais desejado}**. Esta contestação consubstanciou-se na falta de pedidos para outras unidades do PPF além das cinco previamente adquiridas pelo BNDE. Nesta etapa de nosso trabalho não temos elementos que nos permitam ir além da observação de cunho mais geral de que há muitas possíveis razões para esta ausência de novos pedidos, que variam, por exemplo, desde uma ação de marketing/ vendas ineficaz por parte da Microlab até uma representação equivocada dos processos decisórios e dos desejos dos agentes em meio a uma penúria cambial: “todos acham bom economizar dólares contanto que seus desejos de modernização convencional não sejam afetados”. Sem uma escala mínima a tradução/ translação {Desenvolvimento do PPF = economia de divisas para o Brasil} e {Desenvolvimento do PPF = criação de empresas nacionais de tecnologia de ponta} não se sustentou e a tradução/ translação {Desenvolvimento do PPF = independência do Brasil} deixou de poder ser feita em fato para esvaecer-se em uma ficção no final dos anos 1970.

No entanto, em seu conjunto, na década de 1970, os artefatos desenvolvidos por equipes locais lograram mediar entre o uso indiscriminado da tecnologia da informática pronta, trazida de fora, e a independência do Brasil. Em 1980, o general Figueiredo criou a SEI, que justapôs algumas das traduções similares às descritas acima a outras redes, enclausurando-as em outros coletivos e re-configurando a Política Nacional de Informática em um desenho autoritário.²¹

Notas:

¹ Estamos tomando emprestado de Michel Callon a expressão “agência calculadora” para realçar que a observação se aplica ao cálculo seja ele realizado por uma pessoa ou por um computador. Callon, Michel. 1998. *The Laws of the Markets*. Londres: Blackwell.

² Deveríamos dizer no Brasil “números de vírgula flutuante” uma vez que, quando escrevemos os números, usamos a vírgula e não o ponto, como fazem os americanos e ingleses, para separar a parte inteira da parte fracionária. Note também que quando todo um universo numérico tem sua parte fracionária escrita com um número fixo de algarismos, este universo não contém propriamente números fracionários pois pode trivialmente ser convertido para um universo de números inteiros. Por exemplo, se expressássemos todos os preços em centavos teríamos somente números inteiros nos supermercados.

³ César, Christian et alii. “Processador de Ponto Flutuante para o sistema IBM-1130” in *Anais do Congresso Nacional da SUCESSU*. 1973.

⁴ Callon, Michel. 1995. “Technological Conception and Adoption Network: Lessons for the CTA Practitioner” in Rip, Arie et alii (eds) *Managing Technology in Society – The approach of Constructive Technology Assessment*. Londres: Pinter Publishers.

⁵ No campo interdisciplinar que os países de língua inglesa denominam Science Studies, aos quais aqui nos referimos como “Estudos de Ciência e Tecnologia”, “[e]m lugar de uma rígida oposição entre contexto e conteúdo, as cadeias de [tradução/] translação referem-se ao trabalho graças ao qual os atores modificam, deslocam e transladam seus vários e contraditórios interesses”. Latour, Bruno. 2001. *A Esperança de Pandora*. Bauru, SP: EDUSC.

⁶ O sistema IBM 1130 funcionava na modalidade chamada “batch”. Os usuários entregavam seus programas em cartões perfurados a um operador através de um balcão e aguardavam as respostas impressas em formulário contínuo e colocadas em escaninhos organizados alfabeticamente.

⁷ Observe-se que provavelmente a tradução/ translação mais usual em um CPD (centro de processamento de dados) seria outra: o encaminhamento a financiadores de um pedido para a aquisição de um sistema de maior porte, isto é, {melhor serviço prestado aos professores e alunos usuários do NCE = aquisição de um novo computador para substituir o IBM 1130}.

⁸ O preço da configuração básica constituída por uma unidade central de processamento de 8Kbytes (64000 bits aproximadamente), uma unidade de disco removível de 1Mbytes, uma impressora de tambor capaz de imprimir 110 linhas por minuto e uma leitora de cartões perfurados atingia US\$ 110.000,00.

⁹ Atual BNDES.

¹⁰ Por mais estranho que isto possa parecer, computadores de fabricantes diferentes davam resultados diferentes para operações com os mesmos números fracionários. A adesão e a eventual preponderância de um padrão foi exemplarmente estudada por Donald Mackenzie, que registra “um problema de juros compostos que produz quatro respostas diferentes quando os cálculos são feitos em calculadoras de quatro tipos diferentes: \$331,667.00, \$293,539.16, \$334,858.18 e \$331,559.38” MacKenzie, Donald. 1996. *Knowing Machine – Essays on Technical Change*. The MIT Press. P. 168.

¹¹ Entrevista com o Engenheiro Antonio Menezes, 54, responsável pelo projeto PPF na empresa Microlab (realizada em 22/06/2004).

¹² Além do NCE/UFRJ, havia equipes universitárias de desenvolvimento de tecnologia de computadores em diferentes departamentos, especialmente naqueles ligados à engenharia e à física, além da informática, e especialmente na USP, PUC/RJ, UFMG e UFRGS.

¹³ Tal como a multiplicação controlada de dois números fracionários em átimos de segundo.

¹⁴ Observe-se que hoje, passados 30 anos, os pedidos de patentes e os compromissos de “non disclosure” nas universidades do primeiro mundo, especialmente americanas, atestam que esta tradução/ translação está se tornando de certa forma a opção preponderante na política do conhecimento nos países desenvolvidos. Com a relativização do conhecimento universal, os resultados antes ditos “universais” das atividades de pesquisa universitária, que almejavam desenvolver conhecimentos “originais”, passam a ter sua circulação regulada e balizada pelos limites das redes locais.

¹⁵ Tomamos este termo emprestado à fenomenologia de Edmund Husserl.

¹⁶ Entrevista com o Engenheiro Antonio Menezes, 54, responsável pelo projeto PPF na empresa Microlab (realizada em 22/06/2004).

¹⁷ Entrevista com o Comandante Antonio Didier, proprietário da empresa Microlab (realizada em 03/04/2004).

¹⁸ Se adotarmos o referencial de Lévy, Pierre. 1996. *O que é o virtual?* São Paulo: Editora 34.

¹⁹ Esta pretensão era plausível não só para a equipe do NCE e para a Microlab, mas também para um órgão como o BNDE em meio a uma ditadura que se surpreendeu sem dólares para levar adiante seus planos desenvolvimentistas.

²⁰ Entrevistas com Professor Eber Schmitz e Engenheiro Menezes.

²¹ Marques, I. 2003. *Minicomputadores brasileiros nos anos 1970: uma reserva de mercado democrática em meio ao autoritarismo* in *História Ciências Saúde – Manguinhos*. Vol. 10, No. 2, Maio-Agosto. Rio de Janeiro: Casa de Oswaldo Cruz. P. 657-681.