

O futuro do futuro

Marcos de Oliveira

Um brasileiro pouco conhecido em seu país pode estar à frente de um novo tipo de tecnologia para memória de computadores e demais dispositivos eletrônicos. Carlos Paz de Araújo nasceu em Natal, no Rio Grande do Norte, e está há 42 anos nos Estados Unidos. É professor da Universidade do Colorado, em Colorado Springs, e sócio da empresa Symetrix, que ganhou importância no mundo nos últimos anos por ter desenvolvido e licenciado as memórias de acesso aleatório ferroelétricas (FeRAM) que estão em uso em mais de 2 bilhões de aparelhos, de *smartphones* a processadores eletrônicos, de eletrodomésticos a automóveis, *DVD players* e na mais jovem geração de cartões magnéticos com *chips*. Essas são memórias não voláteis, que não perdem as informações quando se desliga a corrente elétrica e podem ser reutilizadas bilhões de vezes de forma diferente das memórias *flash* usadas em *pen drives*, mais lentas e com capacidade de reutilização não superior a 100 mil vezes. As memórias voláteis são aquelas usadas nos computadores que utilizam disco rígido e funcionam com o auxílio de um *software* quando o equipamento é ligado.

A tecnologia desenvolvida por Carlos Paz foi licenciada para empresas como Panasonic, Siemens, Delphi, Hughes, Sony, Sharp e várias outras. Embora há tanto tempo fora do país, ele guarda o sotaque potiguar e não lembra em nada um executivo que voa constantemente entre vários países da Ásia para expor em cifras de milhões de dólares suas inovações tecnológicas, como o Ja-

pão, onde é também professor consultor da Universidade Tecnológica de Kochi – além de assessorar a Universidade de Fudan, em Xangai, na China. Carlos Paz é antes de tudo um cientista. Ele ficou durante sete anos estudando sozinho as memórias resistivas que devem substituir as ferroelétricas e são candidatas a memórias universais para uso em *pen drives*, máquinas fotográficas, *notebooks*, *desktops*, e também em celulares a um custo baixo. Uma situação diferente da atual, quando existem vários tipos de memória, uma para cada uso.

O resultado do estudo de Carlos Paz é a memória CeRAM (*correlated electrons RAM*), que deve eliminar o disco rígido dos computadores e tornar o processamento deles mais rápido. Desenvolvida na Symetrix, a nova tecnologia já está sendo testada por grandes empresas do setor. A empresa fatura por ano US\$ 4 milhões apenas com *royalties* e não licencia qualquer tecnologia por menos de US\$ 20 milhões. Por todas essas contribuições, Carlos Paz foi o primeiro brasileiro a ganhar um prêmio por inovação tecnológica do Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE), com sede nos Estados Unidos, o Daniel Noble, considerado o Nobel da área de engenharia eletrônica. Essa entidade tem mais de 300 mil membros em 160 países.

A vida acadêmica de Paz começou na Universidade de Notre Dame, em South Bend, no estado norte-americano de Indiana, onde fez a graduação em engenharia elétrica, mestrado e doutorado na área e também se graduou em filosofia e teologia. Aos 60 anos de idade, ca-

IDADE 60 anos

ESPECIALIDADE

Engenharia de dispositivos eletrônicos

FORMAÇÃO

Graduação em engenharia elétrica, mestrado e doutorado na Universidade de Notre Dame, nos Estados Unidos

INSTITUIÇÕES

Universidade do Colorado, em Colorado Springs, e Symetrix Corporation

PRODUÇÃO CIENTÍFICA

310 artigos, 203 patentes nos Estados Unidos e 321 patentes em outros países



Existia um ambiente de start-up na minha cabeça, mas na universidade ainda não

sado com Maureen Paz de Araújo, uma norte-americana, também professora da Universidade do Colorado, e com três filhos, Carlos Paz vem poucas vezes ao Brasil. Na mais recente, ele concedeu essa entrevista a *Pesquisa FAPESP* durante o XII Encontro da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais, realizado em Campos do Jordão, no interior paulista.

Como foi sua trajetória de Natal até a Universidade de Notre Dame, nos Estados Unidos?

Eu fui primeiro para Chicago como estudante de intercâmbio, aos 17 anos. Era para ficar três meses, fiquei seis e voltei para Natal. Depois fui convidado pela família que me hospedou para voltar e aí, com 18 anos, fui fazer um intercâmbio novamente. Na época, eu estava no segundo científico [um dos cursos equivalentes ao atual ensino médio]. Voltei para o Brasil, comecei a fazer o terceiro científico e então me chamaram novamente. Terminei o científico nos Estados Unidos. A família americana tinha sete filhos, nenhum com média para entrar na Notre Dame, conhecida como a Harvard católica, e eles queriam que alguém entrasse. Conseguí e fiquei lá por 10 anos. Depois do doutorado fui convidado para ser professor na mesma instituição, mas fiquei apenas seis meses porque a Universidade do Colorado me fez uma boa oferta e estou lá desde 1982.

Na sua ida para a Universidade do Colorado o senhor já trabalhava com microeletrônica, semicondutores?

Isso, com semicondutores, em física de dispositivos eletrônicos, que é uma área de engenharia eletrônica, e não de física, apesar do nome. Um ano depois entrei na área de ferroeletricidade.

Por quê? Aliás, o que é ferroeletricidade?

Eu entrei na universidade e vi que era uma opção, porque na época o conhecimento sobre ferroeletricidade era pequeno e nem se falava em memória ferroelétrica. O prefixo “ferro” é errado, está ligado a ferromagnetismo. Isso acontece quando um ímã é colocado perto de um material e ele vai se tornando magnético. O mesmo acontece em dielétricos, que são materiais isolantes que têm a possibilidade, com a carga elétrica, de mudar a posição de um átomo de um material. Então a memória ferroelétrica muda a posição do átomo e leva

à histerese [condição de um material guardar as informações sem o estímulo elétrico inicial que as criou]. Usaram esse nome “ferroelétrico” por causa de ferromagnetismo, mas não tem ferro em memória ferroelétrica.

Logo em 1984 o senhor, com mais dois outros sócios, cria a Ramtron. O que ela fazia?

Desde o começo da minha carreira a pesquisa era feita para criação de empresas novas. Então a Ramtron era empresa de risco, ela fazia a pesquisa para a memória ferroelétrica virar realidade. Eu comandava a parte de pesquisa e tinha o pessoal que fazia *design* e levantava os financiamentos. Ela foi em frente, ficou muito famosa e foi vendida no ano passado.

Já existia um ambiente, na Universidade do Colorado, para start-ups e inovação?

Não. Na verdade, existia um ambiente para *start-up* na minha cabeça, mas na universidade ainda não. A Universidade do Colorado era menos sofisticada que a Notre Dame, então eu já tinha visto que para conseguir financiamento da National Science Foundation [NSF] ia ser muito difícil. Assim, quando vi a oportunidade da ferroeletricidade comecei com um plano de negócios em vez de uma proposta de pesquisa. Isso criou para mim um modo de operar. Tudo o que procuro fazer é uma combinação de um nível bem profundo de pesquisa em um fenômeno novo que poucos conhecem, com a possibilidade de imediata aplicação.

E por que montou a Symetrix em 1986?

Com o mesmo objetivo. Na Ramtron os fundadores, e eu sou um deles, levantaram muito dinheiro e tivemos alguns problemas operacionais, e aí eu fiquei chateado e criei minha própria empresa. Mas existe uma diferença enorme de tecnologia, inclusive depois a Ramtron comprou uma licença de tecnologia da Symetrix, mas não usa. A Symetrix acabou competindo com a Ramtron. Hoje existem duas famílias de memórias ferroelétricas: a deles e a nossa. A deles usa uma liga que tem chumbo e a nossa usa tântalo bismuto e estrôncio. A nossa liga é 10 vezes mais rápida, usa menos energia e é mais barata de se fazer. Mas, como a ferroelétrica é tão desejável, tem empresas que estão seguindo a Ramtron.

Qual a vantagem das ferroelétricas?

A memória ferroelétrica guarda a informação em nanossegundos. Já a *flash*, que está nos *pen drives*, é um tipo de memória de semicondutor que leva mais ou menos 10 microssegundos por bit para arquivar – então é muito vagarosa ainda, não dá para ser memória universal. E ela se autodestrói. Quanto mais se usa, mais ela gasta e se acaba.

Essa memória em 1984, 1986, foi usada em quais equipamentos eletrônicos?

A primeira grande venda da Ramtron foi de US\$ 40 milhões para uma companhia de energia elétrica da Europa. Eles fizeram medidores que medem o consumo de energia para o sistema *smart grid*. Então, quando falta energia elétrica, toda a medição é jogada na memória em nanossegundos. É uma memória rápida, com baixa potência.

Voltando um pouco na história, quando o senhor criou a Ramtron e a Symetrix, houve dificuldades dentro da universidade?

Com a Ramtron não, porque ela era separada, teve capital de risco australiano e eu atuava como consultor de tecnologia. Mas quando criei a Symetrix todo o capital inicial, de US\$ 4 milhões, veio do governo americano, da NSF, de um programa chamado Small Business Innovation Research [SBIR].

O SBIR, aliás, serviu de modelo para a criação do Pipe-FAPESP, o Programa de Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas. Então o SBIR teve um papel muito importante no nascimento da Symetrix.

Sim. Mas quando alcançamos o faturamento de US\$ 4 milhões por ano paramos de entrar nesse programa. Eu já tinha financiamento de empresas japonesas. Depois vendi uma licença para uso militar à empresa americana Hughes Aircraft.

Mas o senhor continuou na universidade, pesquisando as memórias ferroelétricas e fazendo pesquisa dentro da própria empresa.

Na realidade, a empresa passou a ser um centro de pesquisa que financiava a universidade. Era uma parceria. Nós nos colocamos como uma entidade independente que fazia os contratos com as firmas, vendia licença e pagava a universidade como se fosse uma verba. Pelo menos US\$ 8 milhões foram destinados à universidade, mas o faturamento da empresa foi muito maior, só com licenciamento e contrato de pesquisa.

Com quais empresas a Symetrix trabalhou?

As empresas que trabalharam comigo em memória ferroelétrica foram Panasonic, Sony, NEC, Siemens, Sharp, STMicro, National Semiconductors. No total, foram cerca de 20 empresas.

Em que equipamentos podemos encontrá-la?

Aqui no Brasil podemos encontrar essa memória em todos os cassetes de impressoras. No Playstation e em quase todos os leitores de DVD de computadores há uma memória dessas. Em celular, no início teve e agora vol-

tou. Está começando a ficar uma coisa que toda empresa quer. Por exemplo, os novos *smartphones* e câmeras vêm com o NFC, ou Near Field Communication, um sistema que facilita a comunicação e troca de dados entre dois aparelhos, com a capacidade também de ligar a distância eletrodomésticos dentro de uma casa. E o NFC usado pela Panasonic, Sony e Samsung tem essa memória que desenvolvi.

Então o que a Symetrix recebe são licenciamentos pelas patentes e royalties. Tudo foi patenteado. Quantas patentes o senhor tem hoje?

Nos Estados Unidos, mais de 200 patentes, e no resto do mundo umas 350, mais ou menos. E nenhuma com a universidade, eu paguei por todas as patentes. Não pago nem o *royalty* para universidade, separei tudo.

No começo era junto?

Não. Eu pagava a universidade como se eu fosse o governo pagando a mim mesmo. A universidade não tinha o direito de ficar com nenhuma patente minha.

Mas foi fácil fazer isso, ou foi uma negociação difícil?

No começo foi fácil porque ainda não tinha dinheiro envolvido. Quando você começa a ganhar dinheiro, todo mundo quer desmanchar alguma coisa, e aí foi tarde demais. A maneira fácil foi utilizar a teoria da compensação. Se a universidade fosse pagar pela patente ela não teria condições de desenvolver a tecnologia, seria muito caro. Então a compensação foi eu dar uma participação de 5% da empresa à universidade, o que é melhor do que qualquer *royalty*. E eles assinaram esse acordo tranquilamente. Só que depois a universidade teve problemas financeiros com a área de incubação e eles precisaram cobrir o déficit. Para cobrir esse buraco, eles quiseram vender a parte deles na empresa e venderam por um preço irrisório. Mas uma parte da universidade vendeu e outra não soube, e quando vieram a saber que não eram mais donos de nada foi tarde demais. Ficaram chateados comigo, porque a Symetrix comprou de volta os 5% que eram da universidade.

A regra então é registrar logo a patente. E depois publicar?

Sim, depois publico. Às vezes publico um pedaço antes de sair a patente. A gente escolhe com cuidado. Por exemplo, essa memória nova [memórias resistivas – conhecidas como ReRAM – candidatas a substituir as ferroelétricas. Ele criou a *correlated electrons RAM*, a CeRAM] foi muito mais cuidadosa na publicação de patentes. Todo mundo fez essas

Não será mais necessário outro tipo de memória, a CeRAM é universal e substitui todas as outras

memórias de um jeito, e analisei o que não está funcionando. Deduzimos que o paradigma do dispositivo estava errado. Assim, fizemos a ciência, patenteamos e começamos a publicar. Agora tanto é novidade na ciência quanto é novidade na tecnologia.

As ferroelétricas e a CeRAM são memórias não voláteis, que não apagam a informação mesmo sem energia. Como funcionam num circuito integrado?

Um circuito integrado funciona com lógica binária com zero e um. Todos os transistores e resistências constituem o que chamamos de parte baixa. O que está em cima é a memória. Como a ênfase agora são os equipamentos móveis, então tudo tem que ter memória não volátil.

Como foi o desenvolvimento da memória CeRAM? O senhor parou de dar aulas?

Continuei dando aula e fiquei calado em termos comerciais, porque eu já sabia que essa memória ia ser diferente logo no começo. Fui procurar toda a literatura envolvida para saber o que estava acontecendo. Eu comprei uns 2 mil livros e li 7.500 artigos científicos. São 72 mil páginas. Aí, com tudo entendido, eu comecei a publicar. Em 2011 fizemos uma publicação sobre memória CeRAM que virou capa do *Journal Applied Physics*.

A CeRAM seria uma memória universal?

É uma memória de alta densidade que seria não volátil. Com uma quantidade enorme de gigabytes, ou seja, a capacidade dela seria muito grande, além de ter ótima velocidade de processamento, baixa potência, custo pequeno e longa vida. Com isso não precisaria mais de ter DRAM, SRAM [utilizadas em desktops, notebooks], flash (pen drives), e o disco rígido também deixaria de existir. A CeRAM ocuparia todas essas posições.

E a que ponto estamos dessa memória universal? A demanda é grande?

É questão de investimento. Todos da área estão procurando essa próxima memória. E a memória resistiva é a primeira candidata. Só que tem duas memórias resistivas: uma que já é feita há 12 anos, e não consegue ser aperfeiçoada, e a CeRAM. É por isso que nós mudamos de nome, em vez de ser ReRAM é CeRAM, porque o efeito que faz ela virar memória é o efeito que

na física é chamado elétrons fortemente correlacionados. Nós tratamos o elétron como onda e não como partícula porque caímos no estado quântico. Fizemos o material com níquel, um metal de transição, com uma propriedade conhecida desde 1937 que ninguém soube usar ainda. O óxido de níquel é capaz de manipular a quantidade de elétrons que está passando no material. Na verdade, ele é um novo transistor que pode resistir até 400°C sem apagar a memória.

Como foi essa descoberta?

Eu não descobri esse fenômeno, o que eu fiz foi controlar, primeiro na parte química. Quando o material estava todo estável fui entender o fenômeno para poder fazer as equações e explicar como é que estão os estados de memória, a condução, por meio de dois campos, um chamado física mesoscópica [trata da miniaturização de fenômenos macroscópicos] e a física quântica.

Qual é o investimento necessário para a linha de produção?

Existem vários tipos de fábricas com níveis de tecnologia de impressão de circuitos integrados. Por exemplo, uma companhia que faz microcontroladores e quer colocar memórias precisa de uma tecnologia de 130 nanômetros de impressão, para fazer as linhas de um circuito integrado atualmente. Comparando, a nossa tecnologia é de 10 nanômetros, 20 vezes mais fina do que o comprimento de onda da luz. E as máquinas que fazem a impressão na pastilha, para marcar onde é o transistor, são grandes e sofisticadas. Apenas uma máquina de impressão custa, no mínimo, de US\$ 40 milhões a US\$ 50 milhões. E não é possível ter apenas uma. Nesse nível, uma fábrica não sai por menos de US\$ 4,5 bilhões. O estado de Nova York, por exemplo, anunciou em setembro que vai fazer três fábricas de semicondutores e está investindo US\$ 45 bilhões.

E por que eles querem fazer isso lá?

Lá virou um centro de alta tecnologia, de nanotecnologia. Não tem influência do governo federal, é o governo estadual e várias empresas que financiam. O estado foi muito inteligente porque pegou o dinheiro da loteria e fez um centro de nanotecnologia de alto nível com uns US\$ 500 milhões e isso atraiu as empresas.

Mas a sua memória CeRAM já está no ponto de ir para a área de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de uma empresa?

É um processo até interessante, porque é como uma campanha política e o candidato é a memória. Geralmente a melhor coisa do

mundo é você ter um mau exemplo, porque para o mau exemplo qualquer coisa melhor vira um bom exemplo. Então o mau exemplo é que todo mundo fez pesquisa sobre memória resistiva usando o mesmo material, a mesma coisa. Todos fizeram, principalmente a Samsung, que é a maior do mundo em memórias. Aí você aparece nessa campanha [por meio de comunicados à imprensa, entrevistas e congressos] dizendo “isso aí não presta pra nada, o nosso é que funciona e está aqui”. Aí começam os telefonemas e *e-mails*. Nós já temos duas empresas grandes trabalhando com a gente, mas não posso dizer os nomes.

Como é esse processo?

Eles têm P&D. Mas uma companhia como a Samsung gasta US\$ 4 bilhões de P&D por ano. Eles ficam loucos quando aparece uma pessoa como eu para resolver o problema. Precisam comprar a licença, mas primeiro procuram saber se isso é verdade. Eles se engajam e começa o que chamamos de um período em que podem perguntar qualquer coisa e passamos a responder e até preparar um *chip*, para que eles fabriquem com a nossa tecnologia. Depende da companhia também, algumas já compram a licença, mas outras querem testar, sentir.

E a licença de um material desse, quanto é?
Não sai por menos de US\$ 20 milhões e com mais 3% das vendas. Então se eles venderem US\$ 10 bilhões, 3% são da Symetrix.

Qual o faturamento da Symetrix e quantos pesquisadores emprega?
Hoje é de US\$ 4 milhões apenas em *royalties*, não contando licenças e projetos. São 10 funcionários atualmente. Nós ganhamos muito dinheiro transferindo a tecnologia. Quando ficamos sem atividade comercial, estamos criando. Quando fica pronto todo mundo quer saber e aprender. Geralmente a comunidade científica não sabe nem o que falamos. Por exemplo, quando lançamos a memória ferroelétrica, quase ninguém sabia o que era e ainda hoje pouca gente entende.

Não existe pesquisa sobre isso nas universidades, mesmo nas americanas?

Nós fomos os primeiros, então muita gente copiou. Acontece que os laboratórios de universidades não têm a disciplina para fazer uma memória que vire produto. E também muitas vezes perdem muito tempo publicando, num lento processo que a própria academia estimula. A coisa fica mais clara na área de memória porque se a pesquisa não se transformar em produto ela não tem valor.

Mas esse não é o objetivo das universidades.

Bom, em engenharia deveria ser. Mas eles não têm isso porque o professor está sempre procurando verba. Nós da empresa fazemos parceria com uma grande companhia e chamamos seus engenheiros para morar conosco em Colorado. Aí eles passam três, quatro anos na empresa, aprendendo. Não há custo de desenvolvimento, só de pesquisa. Quando passa para as mãos da empresa que está licenciando eles já estão desenvolvendo o que chamamos de *test chip*, um dispositivo que faz todos os testes. Aí quando todos os parâmetros estão entendidos é possível dizer: “Agora vai para a linha de produção”. A razão de os engenheiros estarem na Symetrix é transferir a tecnologia para a empresa em que eles trabalham.

O senhor já teve uma experiência em trazer uma fábrica de memórias ferroelétricas para o Brasil em 2008, por que não deu certo?

Essa questão é complicadíssima. A Symetrix é uma firma que inventa. Não é todo dia que o ser humano se levanta e diz: vou inventar a próxima memória. O setor de semicondutores gira em torno de US\$ 300 bilhões por ano e uma grande parte disso é memória. O que acontece há 20 anos nos Estados Unidos é o investimento em *fabless*, companhias sem fábrica, que fazem o *design* dos *chips*. Isso foi um sucesso. Noventa e nove por cento dos *chips* são desenhados nos Estados Unidos, mas feitos na China. Isso começou em Taiwan, com uma firma chamada TSMC, que tem US\$ 77 bilhões em fábricas. Os governos desses lugares investiram para dar emprego, então o preço da mão de obra barata ficou numa sociedade entre os Estados Unidos e Taiwan. Aí a China começou a copiar e tem agora três enormes fábricas, mas não chega nem perto de Taiwan. A ideia nasce nos Estados Unidos e a fábrica fica na China. Depois os americanos vêm para o resto do mundo – é o que chamamos de firma borboleta. Uma asa é a da fabricação, o meio é o controle do *design* e o outro lado é o *marketing*. Então, há uns oito ou nove anos fizeram no Brasil um estudo, no começo do governo Lula, sobre como o país iria fabricar semicondutores e chegou-se à conclusão de que o governo investiria US\$ 5 milhões no setor de *design* e criaram-se algumas companhias de desenho aqui. O modelo de negócios seria o mesmo dos Estados Unidos, desenhar aqui e fazer na China. Só que na China fica cada vez mais complicado porque eles também aprendem a desenhar com o tempo. A ideia deles é de domínio, mas eles não conseguem dominar tanto esse setor. A inovação é você criar o *design*, ou o tipo de *chip*, que vai para um novo iPhone e isso aí ainda é tudo feito nos Estados Unidos. No Brasil, o governo

Antes existiam aparelhos de som e imagem, hoje a tecnologia está integrada e é difícil criar um novo produto

federal também resolveu investir, no Rio Grande do Sul, numa fábrica de semicondutores, a Ceitec, só que eles usaram equipamentos doados pela Motorola, que eram muito atrasados. Nunca completaram a fábrica. É um exemplo de ineficácia tanto acadêmica como governamental do Brasil em relação a essa área. Quando vim aqui com a memória ferroelétrica, fui até o BNDES [Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social], estava interessado em ter a Symetrix do Brasil, mas eu não ia investir o meu dinheiro porque o risco é muito grande. Eu passaria a tecnologia para alguém comprar. Seria possível começar com um *wafer* [material fino em forma de círculo de material semicondutor] comprado por US\$ 500 em Taiwan, colocar a memória ferroelétrica no fim, em uma fábrica brasileira que custaria no máximo US\$ 50 milhões, e não US\$ 4 bilhões. A ideia era exportar principalmente. Se tivéssemos feito isso o país estaria exportando hoje microcontroladores com memória ferroelétrica. O microcontrolador é barato e serve para vários tipos de circuito integrado, em automóvel, fogão e geladeira, por exemplo. Iríamos suprir o mercado e ter uma companhia com um investimento de US\$ 50 milhões, com faturamento de US\$ 150 milhões por ano, para começar.

E os cartões com memória ferroelétrica?

Outra ideia era usar a memória ferroelétrica aqui para produzir também um *smart card*, já usado no Japão para pagar passagens em metrô, ônibus e servir como carteira de identidade e cartão de crédito ao mesmo tempo. Esse *chip* avançado é um microcontrolador com estação de rádio, com memória *RFID* [*radio frequency identification* ou identificação por frequência de rádio]. Se colocássemos esse cartão no Brasil, preencheria a produção da fábrica em um ano. Isso já está tão evoluído que não é possível mais comprar computador [*desktops, notebooks*] no Japão sem leitora do cartão. É só colocar o cartão em cima, entrar na internet e ver tudo o que você comprou, o que fez ou carregar mais créditos. Assim, uma empresa brasileira iria ter uma coisa mais avançada e ter porte perante as outras no resto do mundo.

Voltando a essa questão do Brasil, o senhor apresentou a tecnologia aqui e entrou em contato com o Centro Multidisciplinar para

o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos, um dos Cepids da FAPESP. Por quê?

Os professores Elson Longo e José Arana Varella, como já tinham feito a ciência de ferroelétrico, conheciam o valor do que eu estava apresentando e iriam colaborar na formação do pessoal. Mas não fizemos nada porque não houve nenhum investimento. Foram promessas de empresários de São Carlos, dos governos, que não resultaram em nada, BNDES, ministérios. Aí foi muito desgastante e nem gostaria mais de falar nisso. Fiquei esperando alguém dizer “vamos fazer porque é bom para o Brasil”, não existe isso, não teve essa conversa. Mas não tenho raiva de nada.

O investimento seria de quanto naquela época?

Olha, não é investimento pra mim. Era para o Brasil. Alguém tinha de dizer “eu quero fazer uma fábrica de semicondutores”, mas como já tinha o Ceitec no Rio Grande do Sul bancado pelo governo federal, não houve espaço para nós. O investimento em São Carlos seria de no máximo US\$ 70 milhões.

A fábrica foi instalada onde?

No Japão. A Panasonic montou a fábrica, dentro de uma já existente, com US\$ 20 milhões e hoje é a que dá mais lucro para a empresa na área de circuito integrado.

Como o senhor vê a área de semicondutores no Brasil hoje?

Hoje é uma complicação enorme, não é possível o Brasil não ter indústria de semicondutores, principalmente pelo tamanho da economia. O *chip* é o petróleo da eletrônica. O mundo é dividido em países que têm independência do *chip* e os que não têm. Há empresas no Brasil desenhando *chip*. Mas ainda é incipiente. O problema fundamental, em termos de tecnologia, é que nós misturamos ciência com tecnologia. Tem que ter um ministério de tecnologia. Precisamos separar alta tecnologia de ciência fundamental e acadêmica.

Não um ministério de ciência e tecnologia?

Tem que ter um ministério de ciência, para dar bolsas a alunos, fomento à pesquisa, mas a tecnologia, no nível da transformação do país, que implica como estamos competindo com os países, tem que ser vista como forma de proteger o desenvolvimento tecnológico feito aqui. Lembra no tempo da Guerra das Malvinas? Ninguém vendia nada para a Argentina. Faltou *chip* lá. Como tudo vai andar na direção de ser cada vez mais dependente do *chip*, cada vez mais informação, um país do tamanho do Brasil, com essa dimensão de população e a sé-

tima maior população do mundo, não pode de maneira nenhuma ser uma colônia tecnológica de *chips*, porque temos que importar todos que são usados aqui. Assim, estamos na era da informação sem a matéria-prima básica, o *chip*.

O senhor tem apresentado algumas palestras em que fala do futuro do futuro. O que são essas palestras?

Eu fiz uma palestra há muito tempo atrás, no Japão, chamada Futuro do Futuro. Foi uma palestra para vários executivos japoneses e ficou meio famosa. No ano passado fiz uma série de palestras financiadas pelo consulado americano no Japão, junto com outros inventores, o que inventou a tela de plasma, o raio laser azul etc. As palestras depois foram transformadas em um livro que agora é leitura obrigatória em cursos de MBA lá no Japão. Mas Futuro do Futuro foi uma palestra bem diferente. Eu verifiquei que a coisa que envelhece mais rápido é a nossa visão de futuro. Quando eu era jovem, todo mundo sabia que ia ter um futuro, o homem iria para a Lua, ia ter micro-ondas e relógio com telefone. Mas cheguei à conclusão de que não temos mais uma visão do futuro. Tudo acontece rapidamente e quem tem poder de capitalizar ideias cria um futuro que o resto tem que seguir. Antigamente comprava-se uma coisa para som e outra para imagem, agora ficou integrado em um dispositivo só e o nível de integração vai ser sempre maior. Daqui a pouco vai ter iPhone que faz exame médico. Então, se você for o dono da Sony, vai ter uma dor de cabeça perpétua, porque tudo que é feito é rapidamente destruído. Então como se cria valor? E isso vai de encontro à necessidade brasileira de construir uma fábrica, de ter mão de obra, de montar coisas, mas o importante não é só isso, é criar essas coisas. Hoje uma impressora 3D já faz quase tudo. Nessa alta integração, o valor da transferência de informação ficou maior do que o valor do objeto que você usa para informação ou até para fabricação de peças. A internet, *cloud computing*, essas coisas levam agora nos Estados Unidos a uma área chamada *big data*, que é como fazer uma busca e ligações de dados, procurar tendências, definir produtos e manufaturá-los com robôs. A mão de obra passa a ser muito avançada e a educação tem que antecipar isso.

E como fica o Brasil nessa onda?

Como você vai criar emprego para essa turma toda que vai para a faculdade e aprende engenharia se só tem uma Apple. Como gerar emprego de qualidade. Não é mais o tamanho da fábrica, é o tamanho da ideia. Se não tiver ideia, e não houver como canalizar financiamentos diretos para criar essas ideias, sendo

genuinamente inovadoras, que pertençam ao Brasil para poder exportar para o mundo, vamos ficar perpetuamente uma nação atrasada. E os políticos não têm capacidade de entender isso. Nem os ministérios estão preparados para isso. Nos Estados Unidos, no Japão, em qualquer lugar, a pergunta fundamental é: qual é o emprego de colarinho-branco para cientista e engenheiro? Mas criação de riqueza é a razão de ter novas tecnologias. E como a tecnologia está sempre se autossuperando, ela cria riqueza e destrói riqueza.

É um problema a ser superado?

No mundo inteiro.

Agora, mudando um pouco de assunto, o senhor tem trabalhos também em redes neurais artificiais e já publicou em revistas da área de biologia.

Eu tenho uma formação em engenharia eletrônica dividida em sistemas e componentes. De vez em quando eu faço uma coisa diferente na área de sistemas, como inteligência artificial com neurônios artificiais. A mais recente é com um aluno espanhol em que utilizamos uma leitora de ondas cerebrais bem barata comprada na Amazon, que lê, por Bluetooth, num *smartphone*, por exemplo, as ondas cerebrais por meio de um diadema colocado na cabeça. As ondas são separadas por frequência, por exemplo, a onda beta de 20 hertz, a onda teta de 4 hertz. Assim, é possível usar um identificador de frequência e essas ondas como zero e um, então se você relaxa é onda teta, se você foca é onda beta. Em dois meses ele fez um *software* para criar um processador de textos para paraplégicos, a pessoa focaliza na letra A num processador de texto. Se a pessoa piscar ou relaxar, muda de letra, por exemplo. É muito fácil fazer esse tipo de projeto com um sensor de US\$ 100 e um celular ou tablete.

Esse trabalho fica somente na universidade?

Sim, essas coisas mais esotéricas eu faço pela universidade. O processador de texto para paraplégico eu estou ligando agora a uma impressora digital 3D, porque aí o paraplégico pode olhar para uma tela de computador e procurar um objeto que queira fazer. Só com o pensamento. Ele escolhe o menu e manda fazer. Assim, é possível que o pensamento de uma pessoa se transforme em algo em 3D numa impressora, mas sai muita coisa ruim. Isso ainda necessita de muito estudo. Esse tipo de trabalho me dá um grande prazer e os estudantes adoram esses projetos que têm uma realização muito mais rápida do que passar anos inventando uma memória não volátil.■