

...tinha concordado com a necessidade de montar-
mos um grupo especializado em satélites. Esse
grupo foi constituído sob minha coordenação,
em 1976. Convidei Otávio Maizza Neto e Atair
Rios Neto, da Poli, e reunimos os melhores alu-
nos do ITA e da Poli para trabalharem no grupo,
que chamou-se Departamento de Sistemas Espa-
ciais. Os dois elementos desse grupo, que consi-
dero de maior projeção, e que ainda estão no
Inpe, são Décio Castilhos Ceballos (da Poli) e
Marcelo Lopes de Oliveira (do ITA).

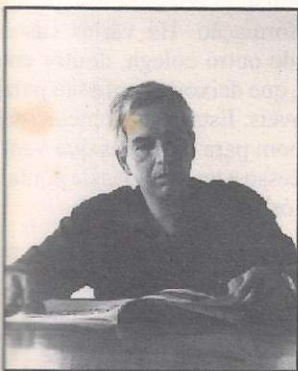
Após alguns meses, veio à baila o projeto
francês de desenvolvimento do satélite com trans-
ferência de tecnologia para o Brasil, que foi
aprovado e iniciado em 1978. Eu ia nessa época
duas vezes por semana ao Inpe para coordenar o
grupo. Parei em 1979. Atair passou à chefia,
sendo convidado Agenor Fleury para participar
do grupo em 1980.

Hoje ainda sou consultor na área de Mecânica
Celeste, mas não atuo mais na área espacial
brasileira. O satélite brasileiro constitui uma
experiência importante. Muitos criticam-no, di-
zendo que é tecnologia de prateleira, primitiva.
Isso é verdade, mas é assim que se começa. Seria

uma piada querer construir algo mirabolante sem
ter realizado o mais simples. Este é nosso cami-
nho. Não conheço outra forma de adquirir expe-
riência. Quanto ao sistema de lançamento do
satélite, penso que os problemas foram mais
internos do que externos. No Brasil temos uma
enorme incompetência administrativa. Se outros
países não quiserem fornecer certos componen-
tes, temos de formar pessoal competente e fazê-los
aqui. Entretanto, é preciso investir e manter uma
política salarial estável, o que tem parecido im-
possível. Considero a política salarial atualmente
praticada pelo governo federal um desastre. Vá-
rios professores do ITA estão saindo daquele
instituto devido aos salários aviltantes, o mesmo
acontecendo no Inpe. Esse pessoal competente
que está deixando a área constitui uma perda
irreversível. Demoraremos mais dez ou vinte anos
para formar novo pessoal competente, quando
decidirmos começar de novo. Nosso problema é
cultural. O governo precisa investir em educação
não apenas superior, mas desde o curso básico,
desde a infância. Como você acha que a Índia e a
China fizeram seus foguetes? Queixar-se de inter-
ferências externas de nada adianta."



Como funciona o satélite brasileiro



Agenor de Toledo Fleury

De maneira simpli-
ficada, para colocar
um satélite em ór-
bita é preciso em
primeiro lugar lan-
çar um foguete de
vários estágios, em
movimento balísti-
co, até o ponto de
máxima altura da
parábola, que é o
chamado ponto de
injeção do satélite
em sua órbita. Inje-
tá-lo na órbita com

sucesso significa imprimir a velocidade adequa-
da neste justo ponto. Movimentos indesejáveis
devem ser corrigidos através de sistemas de con-
trole. Uma vez em sua órbita, o satélite deve
apresentar um movimento de atitude (rotação em
torno do centro de massa) correto, ou seja, ele
deve estar posicionado de forma que maximize a
probabilidade de contato com os sistemas da
Terra. Isto implica, por exemplo, na manutenção
da posição correta dos painéis solares em relação
ao sol e no apontamento de câmeras e antenas.

O primeiro satélite brasileiro — o SCD-1 —
não terá câmeras, pois é um retransmissor de
dados meteorológicos. Os painéis solares captam
energia solar que, após convertida em energia
elétrica, dá potência interna ao satélite, permitin-
do o funcionamento de seus equipamentos. Entre

os vários sistemas internos há os de telecomuni-
cação de serviço e os de carga útil. Os primeiros
referem-se aos dispositivos do satélite, controla-
dos por um sistema de supervisão de bordo, que
é um computador pré-programado e pode ser
alterado por comandos de terra. Os sistemas de
carga útil coletam os dados, armazenando-os até
que possam ser enviados à central de recepção em
Cuiabá, pois a comunicação só é liberada dentro
de condições favoráveis de visibilidade do satéli-
te pela antena da Terra.

Agenor de Toledo Fleury, professor da Poli-
USP, projetou sistemas de controle para os satéli-
tes brasileiros, coordenando as atividades do La-
boratório de Controle de Atitude e de Órbita do
Inpe a partir de 1981. De início, em função do
trabalho conjunto com a França e da determina-
ção do Brasil de desenvolver sozinho seu progra-
ma espacial, pensou-se em estabilizar o satélite
por meio de um grande mastro acoplado, cuja
tecnologia não era disponível no país. Esta idéia
foi abandonada em 1986, quando o Inpe decidiu
simplificar o projeto, de modo a depender o me-
nos possível de componentes não disponíveis no
Brasil. Optou-se por estabilizar o satélite dando a
ele um movimento giratório, o chamado *spin*,
com velocidade de 140 rpm ao redor do eixo de
seu vetor velocidade. Com o *spin*, o satélite adqui-
re rigidez giroscópica, que permite a absorção de
desvios de sua atitude devido a torques ambientais
gerados pelo atrito com moléculas gasosas ainda
existentes na altitude da órbita do satélite.

*Torques gerados
pelo atrito com
moléculas gasosas
desviam o satélite
de sua rota*

Na nova configuração, o Inpe assumiu desenvolver no país a maior parte dos componentes do Sistema de Controle de Atitude do satélite: o amortecedor de natação, a bobina de torque e os sensores solares. Este último serve para medição da *atitude* do satélite a partir da posição em relação ao Sol, tendo sido desenvolvido em conjunto com o Laboratório de Microeletrônica da Poli-USP. Outro componente para determinação de *atitude*, o magnetômetro, mede-a a partir do campo magnético da Terra e teve de ser comprado nos EUA. Fleury salienta, no entanto, que hoje o Inpe já dispõe de tecnologia para sua fabricação.

A bobina magnética de torque realiza uma manobra de correção de atitude após alguns meses do lançamento. Esta mudança de atitude serve para reposicionar o satélite, evitando que o sol, devido a seu movimento de equinócio, aqueça e queime partes sensíveis do satélite. O amortecedor de natação serve para garantir que o satélite entre em órbita, já com seu movimento de spin, na direção prevista no projeto, corrigindo eventuais movimentos distorcivos de natação.

Fleury conta que o desenvolvimento do amortecedor exigiu a confecção de um sistema de testes, de cuja viabilidade mesmo famosos consultores do exterior duvidaram. Montou-se no Laboratório de Controle de Atitude de Órbita do Inpe um simulador esférico aerostático motorizado, com apoio da Escola de Engenharia da USP de São Carlos. Fleury considera este simulador "mundialmente inédito". Sua função mais importante era testar o amortecedor, submetendo-o às condições do que ele encontrará no espaço. Os torques a que estará sujeito o satélite serão da ordem de 10^{-4} Nm, um valor muito baixo e difícil de reproduzir em laboratório. O simulador é constituído por uma plataforma que carrega o amortecedor, acoplada a uma esfera giratória, colocada sobre

uma contra-esfera a uma distância muito pequena. Para que comece a funcionar, um motor é ligado, fazendo girar o conjunto; em seguida, o ar é injetado e o motor desligado, evitando-se qualquer contato com a plataforma. Entre a esfera e a contra-esfera, o ar, injetado a uma certa pressão, forma um fino colchão sobre o qual a esfera pode girar, em qualquer direção, com torques reativos de valores muito baixos. É dado um impulso na plataforma, para simular o movimento de natação. Mede-se o decaimento desse movimento, provocado pelo amortecedor, e compara-se com resultados obtidos por simulação em computador, para garantir que o funcionamento do amortecedor esteja correto. Fleury conta que "não foi fácil, mas conseguimos. O mais importante é que decidimos fazer algo que nunca havia sido feito anteriormente, devido às características particulares do SCD-1, que é injetado em órbita já com spin em 140 rpm. Nunca faríamos isso se tudo fosse comprado pronto no exterior. Nós criamos tecnologia, resolvemos os nossos problemas e, principalmente, criamos competência. Isso jamais poderia ser comprado do exterior. É um aprendizado próprio". Fleury chama também a atenção para o perigo de formar pessoas de alta competência e perdê-las "pela falta de decisão de criar tecnologia no país ou em função de baixos salários: veja o caso do responsável pelo projeto do simulador esférico, Luis Vitor Cardieri, um pesquisador extremamente original, formado na Poli. Hoje está trabalhando em área completamente fora de sua formação. Há vários casos como esse, como o de outro colega, doutor em engenharia pela Poli, que deixou a profissão para abrir uma loja de móveis. Esta competência está se perdendo. Isso é bom para os países que vendem caro qualquer acesso a tecnologias de ponta. Só não é bom para nós". ■

Poli desenvolveu sensor do SCD-1

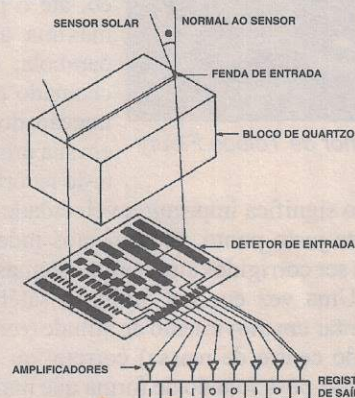
O Laboratório de Microeletrônica da Poli-USP assinou, na década de 80, dois convênios de colaboração científica com o Inpe para desenvolver projetos para a Missão Espacial Brasileira. O primeiro, iniciado em 1986, teve como objetivo desenvolver e fabricar um sensor para posicionar o satélite. O segundo, de 1989, realizou experimentos com células solares. O coordenador desses projetos é o professor Adnei Melges de Andrade, do Depto de Engenharia Eletrônica da Poli-USP e diretor de Energia do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da USP. No Inpe, a coordenação da montagem e da área de eletrônica digital esteve a cargo do engenheiro Mário Selingardi.

Segundo Melges de Andrade, o detector utilizado como sensor de atitude é um dispositivo que informa a posição angular do satélite em relação ao Sol (o satélite é estabilizado por rotação). O posicionamento correto do satélite em relação ao Sol garante que sejam

alcançadas as condições ótimas para carregamento das baterias solares e para que as antenas terrestres e as do satélite tenham um posicionamento adequado para a transmissão de informações.

O detector desenvolvido na Poli consiste em um conjunto de fotodiodos integrado. Sobre este chip incide um feixe de luz que passa por um bloco de quartzo, que tem na sua face frontal uma camada de níquel e ouro com fenda de 100 microns de largura (por onde a luz penetra). A luz do sol é difratada no quartzo, incidindo no conjunto de fotodiodos disposto na configuração do código de GRAY, o que gera uma palavra de 9 bits, que por sua vez informa com precisão de 0,5 graus (na primeira versão), e 0,15 graus na segunda) a posição do satélite em relação ao sol.

Quanto ao desenvolvimento do sistema do experimento Célula Solar, o convênio assinado entre a Poli e o Inpe baseou-se na



pesquisa de três trabalhos de doutorado. Em uma das teses foram desenvolvidas técnicas de monitoramento, em tempo real, das células solares que estão alimentando o sistema; a energia solar é a única fonte possível de suprimento do satélite. Outra pesquisa desenvolveu células solares de alta eficiência, com maior resistência a danos por radiação — aliás abundante na órbita do satélite e que tende a degradar os sistemas eletrônicos.