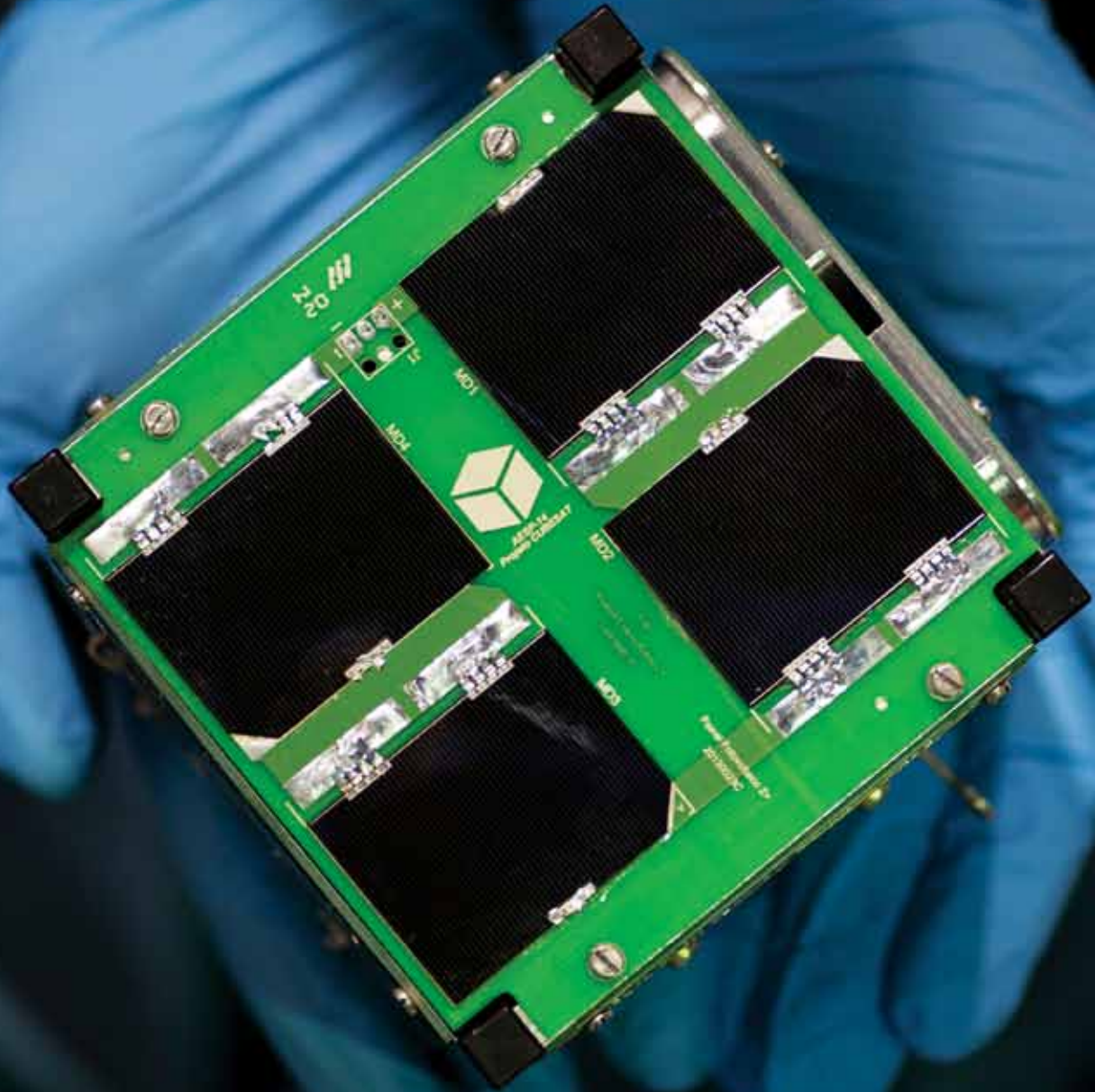


CAPA



Nanossatélite AESP-14, desenvolvido pelo ITA e Inpe, em câmara de teste

Pequenos ganham o espaço

Nanossatélites são lançados em missões de coletas de dados que vão do monitoramento ambiental a testes de sistemas biológicos

TEXTO **Dinorah Ereno** FOTOS **Léo Ramos**

Criados em 1999 como uma ferramenta educacional, os *cubesats* – nanossatélites em forma de cubo com 10 centímetros de aresta, medida que engloba altura, largura e profundidade – tornaram-se um instrumento relativamente barato e rápido para coletar dados espaciais. Eles são usados para diversas finalidades, que vão da detecção de sinais eletromagnéticos que antecedem os terremotos a sistemas de sensoriamento de condições atmosféricas, passando pelos testes de sistemas biológicos, como a produção de proteínas bacterianas no espaço, até a observação de fenômenos no solo, entre outras aplicações. Desde os primeiros *cubesats* lançados em 2003, quando seis projetos pegaram carona no veículo de lançamento russo Rockot, até abril deste ano foram feitos 130 lançamentos, 65 dos quais apenas no ano passado.

No Brasil, o programa para construção de satélites de pequeno porte, iniciado em 2003 por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), com apoio da Agência Espacial Brasileira (AEB), começa a mostrar resultados concretos com a previsão de lançamento de

quatro minissatélites ainda este ano. O primeiro, com lançamento programado para 19 de junho, é o NanoSatC-BR1 – sigla de nanossatélite científico brasileiro. A área espacial pegou emprestado o prefixo nano – relativo a tamanhos de um milímetro dividido por um milhão – para designar satélites muito pequenos. O BR1, com pouco menos de um quilo de peso, foi concebido e desenvolvido por pesquisadores do Centro Regional Sul do Inpe, em parceria com a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no Rio Grande do Sul. Depois da realização de ensaios como o de vibração, que simulam as condições na fase de lançamento, ele foi levado para Delft, na Holanda. Lá serão feitos outros testes antes de o artefato ser enviado para a Rússia, onde será lançado pelo foguete DNEPR, um antigo míssil nuclear soviético-ucraniano convertido em plataforma de lançamento comercial. “O foguete leva um satélite principal e nos locais vagos são acondicionados vários satélites menores”, explica Otávio Durão, coordenador de engenharia e tecnologia espacial do projeto na sede do Inpe, em São José dos Campos, interior de São Paulo.

A bordo do *cubesat* BR1 irá uma placa com três cargas úteis. Uma delas é um sensor chamado magnômetro, que irá estudar o campo magnético terrestre e sua interação com a radiação ionizante proveniente do Sol e das estrelas. Seu objetivo é estudar um fenômeno conhecido como anomalia magnética do Atlântico Sul, que ocorre na região costeira sul do Brasil. Nesse local os pesquisadores apontam a existência de uma falha na magnetosfera terrestre que permite à radiação ionizante espacial chegar mais perto da superfície. Como consequência, existe um risco maior da presença de partículas de alta energia que podem afetar as comunicações, os sinais de satélites de posicionamento global (como o GPS), as redes de distribuição de energia ou mesmo causar falhas em equipamentos eletrônicos como computadores de bordo. As medições do sensor serão feitas pelo *cubesat* a partir de uma órbita baixa próxima de 600 quilômetros de altitude, sobrevoando os polos terrestres.

“Também vamos testar no espaço os dois primeiros circuitos integrados projetados no Brasil para uso espacial”, diz Nelson Jorge Schuch, físico de formação e coordenador-geral do Programa NanoSatC-BR - Desenvolvimento de Cubesats no Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais e gerente do Projeto BR1 do Inpe. Um dos circuitos recebe comandos do solo com instruções para ligar e desligar a carga útil, câmera etc. “O método de projeto usado para o desenvolvimento deste circuito faz com que ele tenha proteção à radiação do espaço e é isto que se deseja testar em voo”, relata Schuch.

Outro circuito eletrônico integrado tem como base um *software*, desenvolvido pelo laboratório do grupo de Microeletrônica do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), também parceira no desenvolvimento, que protege o *hardware* de falhas causadas pela radiação. Duas estações terrenas de rastreamento e controle de nanossatélites, uma em Santa Maria (RS) e outra instalada no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos, irão monitorar o *cubesat* BR1 em órbita, rastreando e baixando os dados que o satélite deverá adquirir no espaço. Essas estações já estão recebendo dados de outros satélites em órbita.

“De início pensamos em trabalhar com satélites de pequeno porte, mas como surgiu o conceito dos *cubesats*, criado pelo professor Robert Twiggs, da Universidade de Stanford [Califórnia, Estados Unidos], mudamos a nossa estratégia”, diz Schuch. A plataforma foi projetada para ser pequena, simples – o que facilita sua construção por alunos de pós-graduação – e com tamanho padrão: uma caixa cúbica com 10 centímetros de aresta que acomoda

Por dentro dos satélites

Estrutura, função e outras características dos artefatos espaciais brasileiros



NANOSATC-BR1

Desenvolvimento Inpe e UFSM

Tipo *Cubesat*

Dimensões 10 × 10 × 11,33 cm

Função Satélite

científico-tecnológico

Equipamentos a bordo Subsistemas de computação, potência, rádio, controle e carga útil

Lançador Foguete russo DNEPR

Altitude da órbita 600 km

Posicionamento Órbita baixa polar (volta completa em torno da Terra a cada 90 minutos)

Tempo no espaço 1 ano

Custo R\$ 800 mil



SERPENS

Desenvolvimento Consórcio de universidades, com apoio da AEB

Tipo Nanossatélite - *Cubesat* 3U

Dimensões 10 × 10 × 30 cm

Função Prova de conceito para o sistema brasileiro de coleta de dados

Equipamentos a bordo *Transponder* digital para coleta de dados, computador de bordo, sistema de energia e comunicação duplicados

Lançador Estação Espacial Internacional (ISS)

Altitude da órbita 400 km

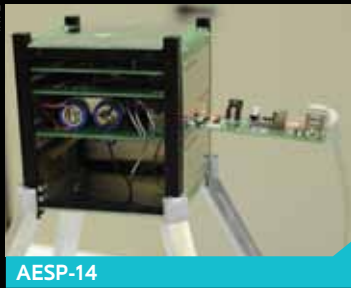
Posicionamento Órbita baixa polar

Tempo no espaço Menos de 2 anos

Custo R\$ 800 mil

da subsistemas de comunicação, painéis solares, bateria e alguns extras, com peso total de cerca de um quilo. “Com o passar do tempo, tornou-se um padrão tecnológico espacial e abriu caminho para a montagem de outros *cubesats*”, diz Durão.

Entre os nanossatélites brasileiros que se preparam para ganhar o espaço, um deles, o Tancredo-1, se destaca por ter como construtores estudantes do ensino fundamental da escola municipal Tancredo de Almeida Neves, de Ubatuba, litoral norte paulista. “A ideia de montar um satélite surgiu numa conversa com alunos do quinto ano, que trabalhavam em um projeto de iniciação científica”, relata o professor de matemática Candido Osvaldo de Moura, coordenador do projeto. O apoio



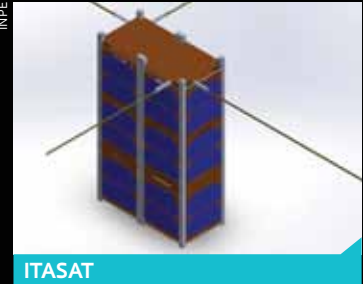
AESP-14

Desenvolvimento ITA e Inpe
Tipo Cubesat
Dimensões 10 × 10 × 11,33 cm
Função Ferramenta educacional que levará como experimento mensagem destinada a cientistas brasileiros
Equipamentos a bordo Modem em banda UHF para enviar mensagens
 Lançador ISS
Altitude da órbita 350 a 400 km
Posicionamento Órbita baixa polar
Tempo no espaço 90 dias
Custo R\$ 150 mil



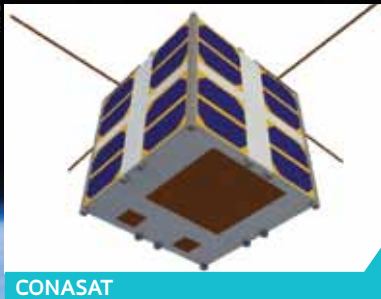
TANCREDO-1

Desenvolvimento Escola Municipal Tancredo Neves e Inpe
Tipo Tubesat
Dimensões 9,7 cm de diâmetro e 12 cm de altura
Função Educacional
Equipamentos a bordo Computador de bordo, radiotransmissor/receptor, antena, subsistema de controle de potência e gravador num *chip*
Lançador ISS
Altitude da órbita 350 km
Posicionamento Órbita equatorial, a mesma da estação
Tempo no espaço 4 meses
Custo R\$ 30 mil (sem o lançamento)



ITASAT

Desenvolvimento ITA e Inpe
Tipo Nanossatélite – Cubesat 6U
Dimensões 10 × 22,6 × 34 cm
Função Medidas de radiação e coleta de imagens
Equipamentos a bordo Experimentos de comunicação, sensores de radiação, campo magnético e câmera
Lançador Em fase de seleção
Altitude da órbita 600 km a 700 km
Posicionamento Órbita baixa polar
Tempo no espaço 1 ano de operação
Custo R\$ 1,8 milhão (sem o lançamento)



CONASAT

Desenvolvimento Inpe
Tipo Nanossatélite - Cubesat 8U
Dimensões 20 × 20 × 20 cm
Função Satélite de coleta de dados ambientais
Equipamentos a bordo Subsistemas de computação, de controle de atitude, de telemetria e telecomando e antenas
Lançador Não contratado até o momento
Altitude da órbita 650 km
Posicionamento Órbita baixa polar
Tempo no espaço 1 ano
Custo Previsão de R\$ 5 milhões

financeiro de um empresário local, que contribuiu com R\$ 16.500,00, foi o ponto de partida para a concretização do sonho, que entrou no quinto ano com o envolvimento de 150 alunos. “Compramos os componentes e o satélite foi montado peça por peça aqui”, relata o professor.

Nos Estados Unidos há um movimento crescente de missões espaciais que têm como plataforma os *cubesats*. A agência espacial Nasa, por exemplo, colocou em órbita em novembro do ano passado 29 satélites em uma única missão, composta por um satélite militar e 28 *cubesats* projetados e construídos por diversas instituições universitárias. Um

deles, chamado de PhoneSat 2.4, utilizou como computador de bordo o *hardware* de um telefone celular. Empresas privadas como a Planeta Labs de San Francisco, criada em 2010 por três ex-cientistas da Nasa, também estão investindo nessa plataforma de coleta de dados. Em fevereiro deste ano, ela lançou, a partir da Estação Espacial Internacional (ISS), uma frota de 28 nanossatélites chamada Flock 1, que vai fotografar a Terra continuamente. Segundo a empresa, as imagens irão permitir a identificação de áreas de desastres ambientais e ajudarão a melhorar a produção agrícola nos países em desenvolvimento (ver mais sobre o assunto na Nature de 17 de abril de 2014).

“A estrutura dos *cubesats* é montada com componentes de prateleira, ou seja, itens industriais, o que barateia muito o custo do projeto”, diz Durão. O custo total do NanoSatC-BR1, por exemplo, ficou em cerca de R\$ 800 mil – o valor engloba compra de componentes, desenvolvimento do *software* da estação terrena de rastreamento e controle de nanossatélites, construção da estação e dos experimentos que irão como carga útil, além do lançamento pelo foguete russo. Só o lançamento ficou em cerca de R\$ 280 mil. Para efeito de comparação, um satélite da série Cbers, feito em parceria com a China para sensoriamento remoto, custa cerca de US\$ 270 milhões e o risco de perder todo o projeto existe tanto para *cubesats* como para satélites de grande porte. O Cbers-3, por exemplo, foi perdido em dezembro de 2013 devido a uma falha em um dos motores do veículo lançador chinês. Já o primeiro nanossatélite científico brasileiro, o Unosat-1, das universidades Norte do Paraná (Unopar) e Estadual de Londrina (UEL), foi destruído em um acidente com o veículo lançador VLS-1 em Alcântara, no Maranhão, em 2003.

Um segundo *cubesat* do programa NanoSatC – o BR2, com o dobro do tamanho do primeiro e maior capacidade de carga útil – está em fase de finalização e a expectativa de que seja lançado em 2015. “As cargas úteis já foram definidas, estão em desenvolvimento e agora precisamos contratar o lançamento”, diz Durão. Uma delas é composta por um sen-

sor para detecção de partículas na ionosfera e a outra por um subsistema para a determinação de atitude que define a posição angular do satélite, essencial, por exemplo, para tirar uma fotografia ou mirar uma antena. Esse subsistema, que está sendo feito pela primeira vez no Brasil, foi desenvolvido por meio de uma parceria entre o Inpe, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal do ABC (UFABC). Ele é um item crítico para satélites por causa de sua aplicação também militar, o que limita o acesso a essa tecnologia a alguns poucos países. O custo para montagem da plataforma do BR2, com modelos de engenharia e de voo e estação de solo, ficou em R\$ 748 mil.

O Centro Renato Archer em Campinas também participou da construção da carga útil dos NanosatC-BR1 e 2, por meio do Projeto Citar, cujo objetivo é o desenvolvimento de circuitos integrados com proteção à radiação para diversas aplicações, inclusive espaciais, para grandes satélites como os de telecomunicações e outros. “Estes *cubesats*, e os demais do programa, serão utilizados como plataformas de testes no espaço para estes circuitos”, relata o engenheiro eletricitista Saulo Finco, do Centro Renato Archer e coordenador do projeto. O BR1 já tem como uma

Estrutura dos *cubesats* é montada com componentes industriais, o que reduz custo dos projetos



Lançamento de satélites do módulo japonês a partir da Estação Espacial Internacional



Alunos de escola de Ubatuba aprendem a montar um *tubesat*

de suas cargas úteis um dos circuitos desenvolvidos dentro do Projeto Citar.

Os outros três nanossatélites brasileiros com previsão de lançamento para este ano deverão ser lançados da ISS, plataforma que fica em órbita a uma altura de 370 quilômetros. Serão lançados por meio de um braço robótico operado pelo módulo espacial japonês Kibo. Um desses satélites é o Serpens – sigla de sistema espacial para realização de pesquisa e experimentos com nanossatélites –, projeto coordenado pela AEB e com participação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), da UFABC, da UFMG e da Universidade de Brasília (UnB), além do Instituto Federal Fluminense de Campos de Goitacazes, no Rio de Janeiro, responsável pelas estações que irão receber os dados dos satélites. Entre os parceiros internacionais estão a Universidade de Vigo, na Espanha, a Sapienza Università di Roma, na Itália, a Morehead State University e a California State Polytechnic University, ambas dos Estados Unidos.

“A nossa proposta é que a execução do projeto capacite os estudantes dos novos cursos de engenharia aeroespacial, que estarão em contato com grupos de pesquisa com experiência nessa área”, diz Gabriel Figueiró de Oliveira, bolsista da AEB e responsável pelo processo de desenvolvimento e montagem do satélite. A execução do projeto caberá às universidades. “O Serpens, nome que remete a uma constelação chamada serpente [vista do hemisfério Norte], é o mais desafiador nanossatélite desenvolvido no Brasil”, diz o professor Carlos Gurgel, diretor de satélites, aplicações e desenvolvimento da AEB. A meta é que ele fique pronto até o final deste ano – seu lançamento está previsto para o início de dezembro. O processo para dar início à primeira missão do programa começou em setembro do ano passado, com a



abertura do processo para a compra de equipamentos, mas o lançamento oficial ocorreu na primeira semana de dezembro, durante um *workshop* com a participação de parceiros internacionais. “As imagens do satélite sendo lançado da estação espacial poderão ser vistas e compartilhadas pelos estudantes”, diz Figueiró.

Todos os subsistemas dentro do Serpens, como computadores de bordo, painéis solares e outros componentes obrigatórios, foram duplicados. E cada um dos setores levará uma carga útil cujo objetivo é testar um conceito tecnológico para os *cubesats* de recebimento e transmissão de mensagens por sistema de rádio, que, no futuro, poderá ser usado para coleta de dados. “Um dos setores levará uma carga útil composta por um *transponder* [dispositivo para coleta de dados] montado com arquitetura experimental e componentes de baixo custo, alguns nunca testados em órbita, na banda VHF [frequência muito alta]”, relata Figueiró. O outro setor levará um dispositivo de comunicação eletrônico já testado em órbita para essa finalidade, com um sistema em banda UHF, a mesma da TV digital. “Queremos testar se o *transponder* na banda UHF pode receber, armazenar e proces-



1 Nanossatélite na câmara de vácuo do Inpe

2 Estrutura interna do NanoSatC-BR2

sar informações de bordo e depois transmiti-las para as antenas instaladas nas universidades.”

O segundo *cubesat* com previsão de lançamento para este ano, da Estação Espacial Internacional, é o AESP-14, com cerca de um quilo de peso e desenvolvido em parceria entre o ITA e o Inpe. “O desenvolvimento do nanossatélite é uma forma de incentivar os alunos a exercitarem aquilo que aprendem na sala de aula”, diz o professor Pedro Lacava, coordenador do projeto e do curso de engenharia aeroespacial do ITA, conhecido na instituição como AESP. Essa mesma sigla foi adotada como nome do projeto, iniciado em 2012 pela turma que irá se graduar em 2014. “Todos os subsistemas eletrônicos e mecânicos foram projetados e montados pelos estudantes”, diz o engenheiro Cleber Toss Hoffmann, coordenador técnico do projeto no ITA. Apenas o *modem* de radiofrequência, utilizado em diversos *cubesats* e compatível com a comunidade de radioamadores do mundo, foi comprado.

Aluno de mestrado no ITA, Hoffmann também é professor no curso de graduação e usa o projeto em suas aulas. A carga útil do AESP-14 é um experimento intelectual. “Radioamadores do mundo todo receberão frases gravadas por cientistas brasileiros”, diz Lacava. O seu desenvolvimento foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com bolsas no total de R\$ 150 mil, e pela AEB, responsável pela compra de componentes, ensaios ambientais, manufatura e material de consumo no valor de R\$ 250 mil.

O terceiro satélite brasileiro que também sairá da ISS, o Tancredo-1, pesa apenas 750 gramas, tem cerca de 9 centímetros de diâmetro e 12 centímetros de altura. Seu formato lembra um cilindro, daí ser chamado de *tubesat*. A plataforma, criada pela empresa norte-americana Interorbital Systems,

consiste de um sistema modular composto por um conjunto de placas empilhadas e outras para captura de energia solar. “Após conversar com colegas, empresários do município e fazer contatos na prefeitura, senti que havia condições para levantar os recursos necessários à sua montagem”, relata Moura. O projeto teve início em 2010, quando o professor leu em uma revista que a Interorbital estava vendendo um *kit* de montagem do satélite e se encarregava de colocá-lo em órbita.

Ele ligou então para a empresa para saber se os preços eram os mesmos anunciados e a possibilidade de montá-lo aqui no Brasil. “Na conversa, eles nos disseram que os nossos alunos seriam as pessoas mais jovens do mundo a fazer pesquisa espacial e também que precisaríamos de ajuda técnica.” A estudante Maryanna Conceição Silva, de 16 anos, é um dos jovens que fazem parte do projeto UbatubaSAT desde o seu início. Na época ela tinha 12 anos e cursava o quinto ano do ensino fundamental. “É muito legal aprender como os satélites são feitos”, conta sobre a sua experiência. “No começo foi muito difícil. Hoje já não é mais.”

O apoio técnico ao projeto veio do Inpe, que ao ser procurado encampou imediatamente a ideia e na sequência passou a treinar os professores e depois os alunos. “Chegamos a ter até um modelo de engenharia do satélite praticamente testado, mas tivemos problemas na Interorbital e percebemos que iria demorar muito até ele ser lançado e por isso saímos em busca de alternativas.” No total foram gastos até agora cerca de R\$ 30 mil com o nanossatélite.

E o que era apenas uma ideia em sala de aula transformou a vida de muitos estudantes, como a de Maryanna. Antes pouco interessada em ciência e tecnologia, hoje ela quer ser engenheira espacial.



Conasat, satélite em construção no Inpe de Natal, terá como missão coletar dados ambientais

Também em função do projeto, os alunos da escola escreveram um artigo científico que, no começo de 2013, foi submetido e aceito para ser apresentado no principal congresso aeroespacial do Japão, em Nagoya. A viagem foi paga pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco). “Os alunos fizeram um enorme sucesso e foram convidados a conhecer a Jaxa, a agência aeroespacial do Japão”,

relata Moura. Lá foi rodado um documentário, em fase de finalização, que narra a trajetória da construção do satélite.

Os alunos visitaram ainda a Nasa, em Pasadena, e a empresa Interorbital em Mojave, ambas na Califórnia. O modelo de engenharia do *tubesat* já foi finalizado e o modelo de voo deverá estar pronto até julho, quando seguirá para o Japão, onde fará os testes finais antes do lançamento. A escola está fazendo agora um concurso para escolher a mensagem que será transmitida na faixa de radioamador. Moura também está trabalhando na viabilização do Tancredo-2. A ideia, segundo ele, é fazer um *poketcube*, um modelo diferente, também desenvolvido por Twiggs, da Universidade de Stanford.

Outros satélites de pequeno porte estão em construção no Brasil, como o Itasat 1, projeto conjunto entre o Inpe e o ITA com previsão de lançamento para o segundo semestre de 2015. Originalmente, o projeto tinha como objetivo a construção de um satélite de estrutura conven-

cional para a coleta de dados ambientais. “Com o passar do tempo houve uma adequação do satélite para a plataforma *cubesat*, definida em literatura internacional, o que facilita a sua replicação em outros experimentos”, relata o professor Elói Fonseca, gerente do projeto. “Com isso, o Itasat passou a aproveitar tudo o que já tinha sido desenvolvido.” Ele pesa cerca de 6 quilos e tem dimensões de 10 por 22,6 centímetros e 34 centímetros de altura, o que corresponde a seis unidades do *cubesat* BRI. Como carga útil, ele levará ao espaço os mesmos sensores de medida de radiação de campo eletromagnética dos satélites NanoSatC. “Dessa forma, poderemos dar continuidade aos experimentos como uma rede de satélites”, diz Fonseca.

No projeto será utilizado um *transponder* desenvolvido pelo Centro Regional do Nordeste (CRN) do Inpe, em Natal, no Rio Grande do Norte. “Ao mesmo tempo, nosso satélite irá coletar informações de solo a partir de uma câmera imageadora com resolução de 80 metros a uma altitude de 650 quilômetros, onde estará em órbita.” Essas imagens poderão ser usadas para estudos de relevo, de atmosfera e experimentos universitários.

O CRN de Natal, responsável pelo sistema brasileiro de coleta de dados ambientais, também faz parte do movimento de expansão dos *cubesats* brasileiros. Desde o início de 2011, pesquisadores do centro regional, coordenados por Manoel Mafra de Carvalho, estão trabalhando no projeto Conasat – constelação de seis nanossatélites para coleta de dados ambientais, sendo cada um deles um cubo com aresta de 20 centímetros e 8 quilos de peso. O objetivo do projeto é garantir a continuidade da coleta de dados ambientais, já que dos dois satélites em operação atualmente, o SCD1 e 2, do Inpe, apenas um está funcionando de acordo com o planejado. Os dois satélites, feitos na década de 1990, têm formato cilíndrico, medem 1 metro de altura por 1,5 de diâmetro e pesam mais de 100 quilos. “O Conasat tem a mesma função do SCD, com custo reduzido”, diz Carvalho, que também é coordenador do CRN. Antes de decidir que o satélite teria o formato de *cubesat*, foi feito um estudo para avaliar a viabilidade de ter um *transponder* de coleta de dados embarcado no nanossatélite. “No espaço, o *transponder* irá receber os sinais das plataformas que estão espalhadas pelo Brasil e pelo Atlântico e retransmiti-los para nossas estações de recepção em Alcântara e Cuiabá”, relata Carvalho. Após a recepção nas estações, eles são processados e enviados para os usuários. O custo do projeto e montagem do Conasat é de cerca de R\$ 5 milhões, com lançamento incluído. A previsão é que o lançamento do primeiro satélite da constelação ocorra em 2016. ■