



Propulsão verde

Inpe e Aeronáutica desenvolvem motor e combustível sustentável para uso em foguetes e satélites

Utilizar um combustível renovável para foguetes e satélites, com baixo índice de toxicidade, menos agressivo à saúde humana e mais amigável ao meio ambiente, é o objetivo de dois grupos de pesquisa brasileiros, um do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e outro no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), braço de pesquisa do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) do Comando da Aeronáutica. No Inpe, cientistas do Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP), em Cachoeira Paulista (SP), desenvolveram um novo combustível espacial, também chamado de propelente, que tem entre seus ingredientes o etanol e o peróxido de hidrogênio, a popular água oxigenada. Um diferencial do combustível é que ele não precisa de uma fonte de ignição, como uma faísca, para entrar em combustão e fazer o motor funcionar. No IAE, em São José dos Campos (SP), a pesquisa foi realizada em conjunto com o Centro Aeroespacial Alemão (DLR), direcionada ao desenvolvimento de um motor para veículos lançadores de satélite que funcione com etanol e oxigênio líquido.

Os principais propelentes utilizados em foguetes e satélites são a hidrazina, que é o combustível, e o tetróxido de nitrogênio, a substância que provoca a reação de queima. Essas substâncias apresentam bom desempenho em propulsores, mas têm desvantagens. Além de serem caros, a hidrazina e seus derivados são cancerígenos, o que requer um cuidado muito grande com o seu manuseio. Já o tetróxido de nitrogênio pode ser fatal após alguns minutos de exposição, em caso de vazamento ou má manipulação.

A busca por um combustível espacial alternativo, menos nocivo à saúde e ao ambiente, não é uma exclusividade de instituições brasileiras. “Agências espaciais de vários países – entre elas a Nasa, dos Estados Unidos – fazem pesquisa nesse sentido [ver quadro na página 68]”, afirma o engenheiro Carlos Alberto Gurgel Veras, diretor da Divisão de Satélites, Aplicações e Desenvolvimento da Agência Espacial Brasileira (AEB). “Como o Brasil

Sequência da reação química entre gota de peróxido de hidrogênio e o combustível formado por etanol, etanolamina e sais de cobre. A temperatura chega a 900 °C e os gases fariam a propulsão de um satélite em órbita. O experimento foi realizado no Inpe, em Cachoeira Paulista



Maquete do foguete L75 desenvolvido no IAE, que funciona com etanol e oxigênio líquido

não domina o ciclo de produção dos propelentes tradicionais usados em motores de foguetes, desenvolver um combustível alternativo a eles seria um avanço significativo para o setor”, destaca Gurgel. Ter um combustível de fácil aquisição no país, em grande parte renovável e a preços baixos, faz parte do pacote de desenvolvimen-

to tecnológico a ser conquistado pela indústria aeroespacial brasileira. Há mais de 20 anos, o Inpe desenvolve satélites de pequeno porte de coleta de dados ambientais e, em conjunto com a China, para sensoriamento remoto, destinados à captação de imagens da superfície terrestre. Todos foram lançados por foguetes estrangeiros.

O Brasil possui tecnologia de motores de propulsão com combustíveis sólidos para pequenos foguetes usados em experimentos científicos e tecnológicos. “Nosso principal objetivo é dominar as tecnologias necessárias para o desenvolvimento de um motor de foguete movido a propelente líquido. Para lançar satélites de grande porte é imprescindível o emprego desse tipo de propulsão”, afirma o engenheiro metalúrgico Daniel Soares de Almeida, gerente do projeto no IAE.

Especialista em combustíveis de foguetes e professora do curso de engenharia aeroespacial da Universidade Federal do ABC (UFABC), em São Bernardo do Campo (SP), a engenheira química Thais Maia Araujo considera importante que o Brasil trabalhe na criação de um propelente renovável para o setor. “O combustível em desenvolvimento no Inpe, além de ser mais seguro e fácil de manusear, é mais barato do que os propelentes tradicionais e tem o apelo da sustentabilidade. O etanol é um combustível renovável e largamente disponível no Brasil”, comenta.

O esforço do Inpe para criar um propelente espacial à base de etanol teve início há três anos.

Alternativas pelo mundo

A Nasa e a ESA têm projetos de propelentes que podem substituir com vantagens a hidrazina

A agência espacial norte-americana, Nasa, planeja testar ainda este ano um propelente alternativo à hidrazina, tradicional combustível de foguetes. Batizado de AF-M315E, ele é um líquido à base de nitrato de amônia, substância mais fácil de obter e menos perigosa de manipular que a hidrazina. Iniciado em 2012, o programa Green Propellant Infusion Mission (Missão de Desenvolvimento de Propelente Verde) da Nasa conta com a parceria do Laboratório de Pesquisas da Força Aérea dos Estados Unidos, responsável pela criação do combustível, e das empresas americanas Aerojet Rocketdyne, que projetou o propulsor, e Ball Aerospace & Technology,

gestora do projeto. Segundo a Ball, o novo propelente tem desempenho quase 50% superior ao dos sistemas que usam a hidrazina. Com isso, um mesmo tanque pode levar um volume maior de AF-M315E, ampliando, em tese, a duração de missões espaciais.

O novo propelente é considerado verde pelos norte-americanos porque tem vantagens ambientais, como a de ser menos tóxico do que a hidrazina. Ele será usado para manobrar um satélite de pequeno porte no espaço. Durante 13 meses, serão feitas alterações na altitude e inclinação orbital do artefato para demonstrar a viabilidade do sistema propulsivo.

A Agência Espacial Europeia (ESA) também tem candidatos a

combustível verde. Um dos projetos é o do monopropelente LMP-103S, desenvolvido pela empresa sueca Ecaps, parceira da ESA. O principal ingrediente é uma substância conhecida como dinitramida de amônio (ADN), obtida por meio de processos químicos cujos resíduos são menos nocivos ao ambiente quando comparados aos de outros propelentes espaciais. Metanol, amônia e água também entram em sua formulação.

O novo combustível, segundo a Ecaps, é mais estável, eficiente e seguro de ser manuseado do que a hidrazina. Com ele é possível reutilizar componentes dos sistemas propulsivos que usam a hidrazina.



Bancada de testes de motores no IAE, em São José dos Campos

O combustível com etanol é indicado principalmente para que os satélites se posicionem em órbita

Coordenada pelo químico industrial Ricardo Vieira, chefe do LCP, a pesquisa teve a participação do doutorando Leandro José Maschio, da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (USP). Embora possa ser usado em foguetes, o novo combustível é indicado principalmente para satélites. “Nosso propelente pode ser mais bem utilizado nos chamados motores de apogeu, usados na transferência de órbita de satélites”, explica Vieira. Após serem lançados no espaço, esses aparelhos precisam se posicionar na órbita correta e o deslocamento é feito por propulsores existentes no próprio artefato.

ADIÇÃO ESTRATÉGICA

O novo propelente, segundo Vieira, tem uma eficiência próxima à dos combustíveis tradicionais. “A composição contém cerca de 30% de etanol, 60% de etanolamina [composto orgânico resultante da reação entre o óxido de etileno e amônia] e 10% de sais de cobre”, conta o chefe do LCP. “A adição de etanol foi puramente estratégica, uma vez que o Brasil é um grande produtor de álcool. Entretanto, durante o desenvolvimento, constatamos que o etanol aumentou o desempenho do motor, reduziu o tempo de ignição da mistura e barateou o combustível.”

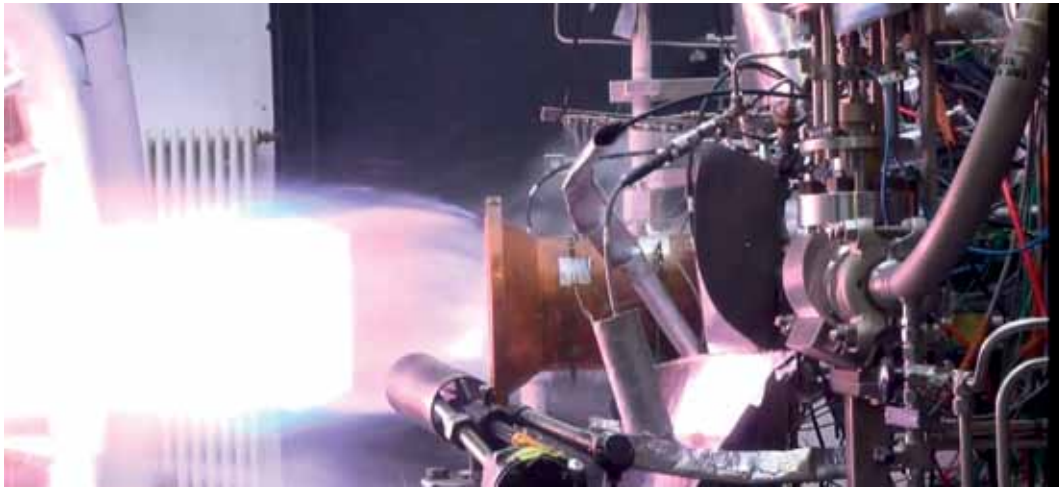
Para fazer o motor funcionar, a mistura formada por etanol, etanolamina e sais de cobre reage com o peróxido de hidrogênio. “Ele funciona como um

oxidante ao fornecer oxigênio para a reação, elemento inexistente no espaço. O peróxido de hidrogênio se decompõe quando entra em contato com o combustível. A reação é catalisada pelo cobre, gera calor – em torno de 900 °C –, o que provoca a ignição do etanol da etanolamina”, explica Vieira. O resultado é a produção de grande volume de gases, responsável pela propulsão desejada. A combustão espontânea é proporcionada diretamente pelo contato dos componentes químicos. A mistura é controlada por softwares e, havendo possibilidade, pela interferência de técnicos da terra.

Outra vantagem é o baixo custo. O Inpe importa hidrazina por cerca de R\$ 700 o quilo (kg) e tetróxido de nitrogênio por R\$ 1,3 mil/kg. “Estimamos que o combustível à base de etanol e etanolamina venha a ter um custo aproximado de R\$ 35/kg e o peróxido de hidrogênio a R\$ 15/kg. Como um satélite carrega mais de 100 kg de propelente, a economia é grande nesse aspecto, porém relativamente pequena em relação ao custo final do aparelho”, ressalta Vieira. “Mas se levarmos em conta sua aplicação futura em estágios de foguetes lançadores de satélites, a economia passa a ser bastante significativa.”

Para demonstrar que o propelente é viável e funciona, o Inpe projetou e testou em seu laboratório um propulsor empregando o novo combustível com sucesso. De acordo com Vieira, o próximo passo seria fabricar um motor maior e realizar ensaios no vácuo, simulando as condições do espaço. “Segundo o pesquisador, a AEB já demonstrou interesse em financiar a fabricação e os testes de um motor empregando o combustível à base de etanol. “Se estabelecermos bem o ciclo para a realização do projeto e encontrarmos os parceiros certos, creio que o motor movido a etanol e etanolamina pode ficar pronto em 10 anos”, afirma Gurgel.

No IAE, a equipe encarregada do projeto de um motor de foguete alimentado por etanol deu



Teste do motor L75 realizado em 2016 no Centro Espacial Alemão, em parceria com pesquisadores brasileiros

um passo importante com a realização de testes bem-sucedidos. Os ensaios foram feitos no final do segundo semestre de 2016 nos laboratórios do Instituto de Propulsão Espacial do DLR, em Lampoldshausen, na Alemanha, colaborador do IAE no projeto. O motor L75 emprega etanol de melhor qualidade do que o automotivo e oxigênio líquido. Seu nome é uma referência ao combustível líquido (L) e empuxo do motor (a força que o empurra) de 75 quilonewtons (kN) – o suficiente para tirar do chão um caminhão de 7,5 toneladas.

DESEMPENHO DUPLO

O projeto do motor L75 teve início no IAE em 2008 e cinco anos depois passou a contar com a colaboração de técnicos e cientistas do DLR. Nos ensaios feitos este ano na Alemanha, foram testados dois cabeçotes de injeção de combustível com conceitos distintos, desenvolvidos simultaneamente por pesquisadores do IAE e do DLR. O objetivo dos ensaios foi verificar parâmetros de desempenho de combustão e definir a melhor tecnologia propulsiva. Os dois cabeçotes diferem na forma como o combustível é pulverizado na câmara de combustão e misturado ao oxigênio.

“Nessa primeira série de ensaios, os principais objetivos foram atingidos”, ressaltou a engenheira aeroespacial alemã Lysan Pfützenreuter, gerente do projeto no DLR. “Foi realizado com êxito um total de 42 ignições durante um período de 20 dias. Pudemos analisar de perto, entre outras coisas, o comportamento e a estabilidade do sistema durante a ignição e o arranque na câmara de empuxo.” Análises preliminares dos resultados mostraram que os dois cabeçotes tiveram desempenho similar.

A cooperação entre o IAE e o DLR remonta o final da década de 1960, quando o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), no Rio Grande do Norte, foi usado para lançar foguetes relacionados a experimentos científicos do Instituto Max Planck para Física Extraterrestre.

No final dos anos 1960, foguetes do Instituto Max Planck foram lançados do Centro da Barreira do Inferno

Por volta do ano 2000, a cooperação se fortaleceu com um acordo para o desenvolvimento conjunto de um foguete de sondagem de dois estágios, que viria a ser batizado de VSB-30 e que fez seu voo de qualificação em 2004. Mais recentemente, em 2012, os alemães empregaram um foguete suborbital brasileiro, o VS-40M, para levar ao espaço o experimento Shefex II (Sharp Edge Flight Experiment), cujo objetivo foi desenvolver tecnologias-chave, como sistemas de proteção térmica, para naves espaciais com capacidade de ir ao espaço e retornar à Terra, suportando as duras condições de reentrada na atmosfera.

Segundo o IAE, ainda serão necessários cerca de 10 anos para que o motor L75 realize seu primeiro voo de qualificação, quando todos os parâmetros do propulsor serão testados. O projeto foi dividido em quatro etapas (estudo de viabilidade, projeto preliminar, projeto detalhado e qualificação) e encontra-se hoje na conclusão da segunda fase. “A próxima é elaborar o projeto detalhado, o que deve ocorrer entre 2017 e 2021. Depois, para o período 2022-2026, o motor L75 entrará na fase de qualificação, podendo, após esse período, realizar seus primeiros voos”, afirma Almeida. ■

Projeto

Estudo da ignição hipergólica do peróxido de hidrogênio com etanol cataliticamente promovido (nº 14/23149-2); Modalidade Auxílio à Pesquisa – Regular; Pesquisador responsável Ricardo Vieira (Inpe); Investimento R\$ 156.558,58.