



CubeSats

Neste boletim são apresentados alguns dos resultados do levantamento de informações sobre CubeSats realizado pelo Observatório de Tecnologias Espaciais (OTE) do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

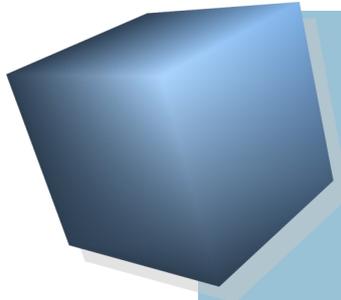
CubeSats são pequenos satélites construídos a partir de unidades cúbicas com arestas de 10 cm, denominadas 1U. Algumas unidades 1U podem ser agrupadas para formar artefatos maiores, como 2U, 3U, 6U, etc.

Há alguns anos, mais precisamente em 2013, o centésimo CubeSat era lançado ao espaço e estabelecia a importância destes pequenos artefatos para o desenvolvimento do setor espacial. Desde então, o número de objetos lançados e a adesão ao uso de CubeSats para diversas aplicações espaciais têm crescido exponencialmente.

Em 2017, foram lançados quase 300 desses objetos, tendo superado o número de lançamentos de satélites tradicionais. Há mais de 350 lançamentos programados para acontecer em 2018. Em setembro de 2018, quando o milésimo CubeSat for colocado em órbita (estimativa do OTE), a era dos CubeSats, como uma plataforma utilitária para o espaço, estará definitivamente consolidada.

Os CubeSats desafiam a espiral crescente de custos na área espacial, com o uso intensivo de componentes comerciais (ou COTS, do inglês *commercial off-the-shelf*) e otimização de testes.

Dessa forma mostram-se como uma boa oportunidade para que instituições brasileiras possam ingressar na atividade espacial de forma rápida, com baixos custos e com equipes pequenas.



- **Crescimento do número de CubeSats lançados**

Projeção para o número de CubeSats a serem lançados

- **Aplicações dos CubeSats**

Usos e Áreas de Aplicação

- **Mercado**

Taxas de crescimento e Atratividade

- **Confiabilidade**

Mortalidade Infantil

Taxa de Sucesso

- **Novas Tecnologias e Veículos lançadores**

- **Perspectivas para a tecnologia CubeSat**

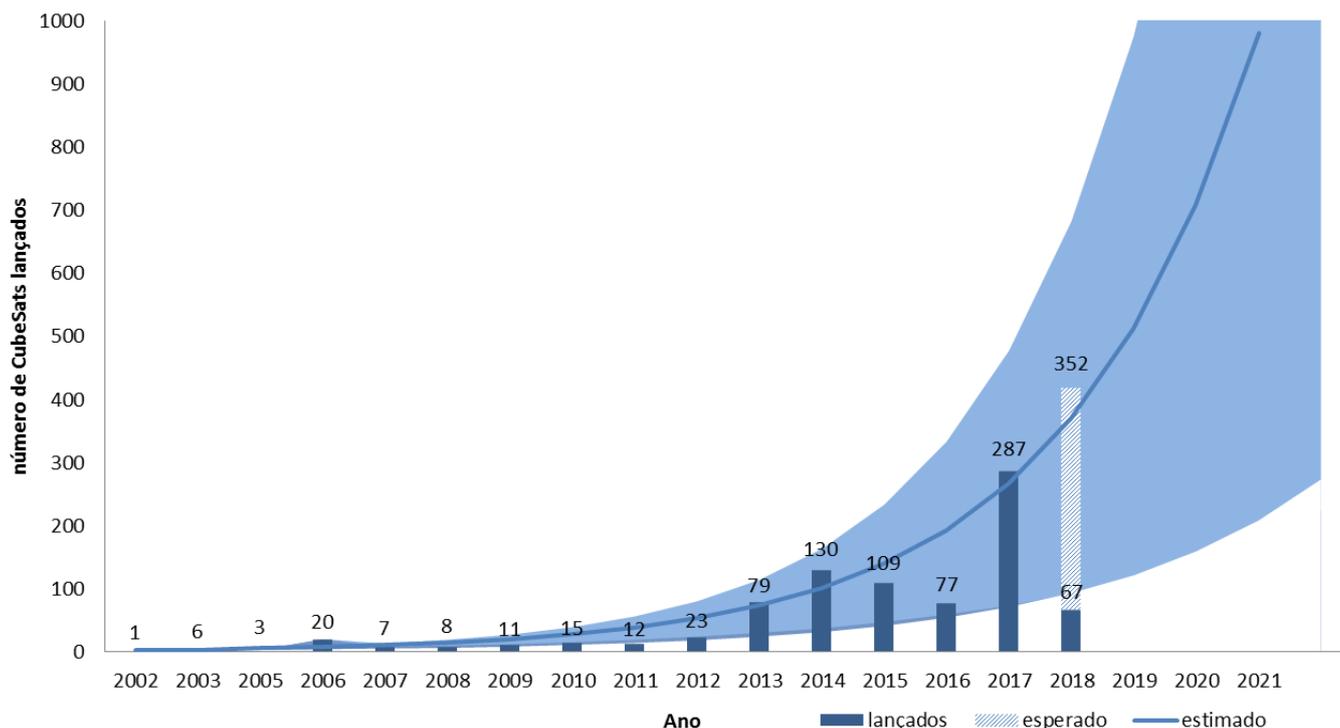


Fig. 1. Número de CubeSats lançados por ano. Fonte: OTE.

Crescimento do número de CubeSats lançados

O ano de 2005 pode ser considerado como o início oficial da era dos *CubeSats*. No entanto, historicamente, cabe mencionar que o primeiro *CubeSat* foi de fato lançado ao espaço em 2002, e que outros objetos similares lançados alguns anos antes são considerados precursores do padrão atual. Entre os anos de 2005 e 2012, em um período dominado pelo pioneirismo e desenvolvimento tecnológico, foram lançados ao espaço cerca de um *CubeSat* por mês, como pode ser observado na Figura 1. Entre 2013 e 2015, a taxa de lançamento subiu para cerca de nove *CubeSats* por mês, marcando um aumento nítido das atividades relacionadas a esses satélites, tal como pode ser percebido na distribuição do número de *CubeSats* em função do ano de lançamento mostrada na Figura 1. Nota-se que, em 2015 e 2016, houve uma queda na taxa de lançamento, após a perda de vários *CubeSats* em um único lançamento devido a uma falha do veículo lançador. Muitos projetos sofreram com este ponto de estrangulamento.

Utilizando um modelo logístico e levando em consideração os lançamentos já programados, o OTE fez uma previsão para a quantidade de *CubeSats* que

será lançada nos próximos anos. Se os lançamentos seguirem a tendência atual, cerca de 1000 *CubeSats* deverão ser lançados no ano de 2021, com 95% de confiança.

Dentro deste intervalo, pelo menos 300 *CubeSats* deverão ser lançados naquele ano.

CubeSats têm se apresentado como uma solução competitiva para aplicações espaciais, que permite um equilíbrio entre muitas das variáveis cruciais para um projeto espacial, como tempo de desenvolvimento, custo, confiabilidade, tempo de vida da missão, reposição de equipamento, etc.

CubeSats representam a tendência de miniaturização de artefatos espaciais e, juntamente com outras categorias de pequenos satélites, apresentam-se como uma tecnologia disruptiva no setor espacial.

Aplicações dos CubeSats

Inicialmente, a motivação para o desenvolvimento dos CubeSats foi meramente educacional. A ideia central era fornecer a estudantes de graduação e pós-graduação a oportunidade de trabalhar integralmente em um projeto espacial, desde sua concepção até a sua operação no espaço. Para tanto, era fundamental que os custos de desenvolvimento, lançamento e operação fossem mantidos em patamares baixos. Isto acarretou, entre outras coisas, a necessidade de padronização destes projetos. A utilização de componentes disponíveis no mercado, conhecidos como COTS (do inglês *commercial off-the-shelf*), aliada à redução no número de testes e no tamanho das equipes, também colaborou para a diminuição dos custos associados aos projetos de CubeSats.

Esta ideia aparentemente simples espalhou-se rapidamente para fora do setor acadêmico e tem chamado a atenção de instituições privadas e

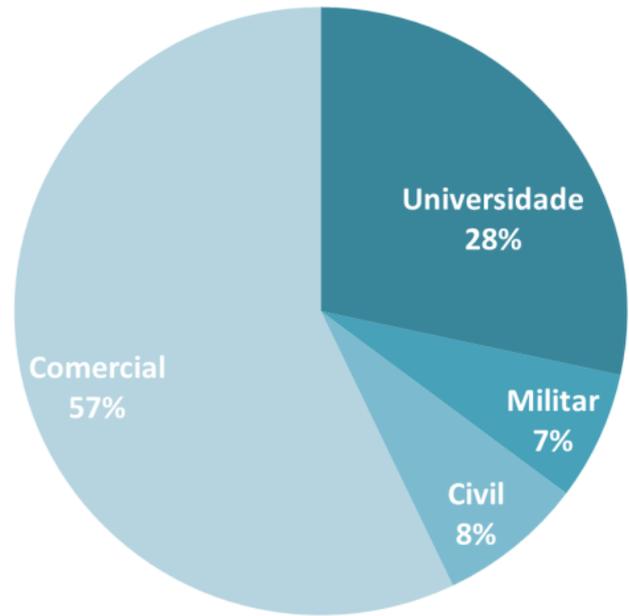


Fig. 2. Distribuição de usuários finais dos CubeSats lançados

governamentais para os CubeSats como uma alternativa que vem sendo explorada eficientemente em aplicações espaciais. Em particular, as aplicações finalidades comerciais correspondem, hoje, à maior parte dos CubeSats lançados, como mostrado na Figura 2.

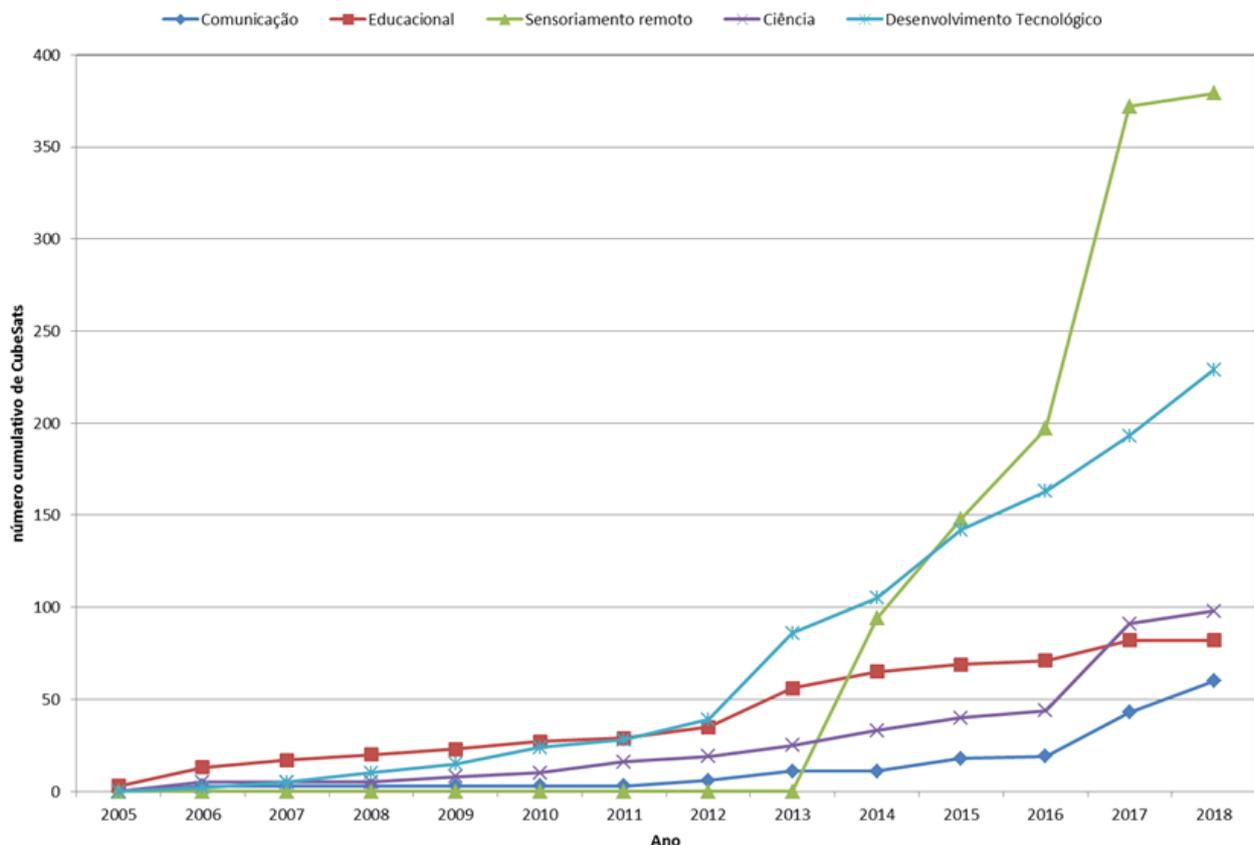


Fig. 3. Distribuição cumulativa de uso de CubeSats. (Fonte: OTE).

Além de fins comerciais e de defesa, eles também têm sido usados como plataforma de testes para novas tecnologias para utilização em novos dispositivos espaciais.

Até 2013, praticamente nenhum CubeSat havia sido utilizado para sensoriamento remoto da Terra, mas atualmente este uso corresponde à maioria dos artefatos lançados. CubeSats têm oferecido uma nova

alternativa para a observação da Terra e estabelecido um mercado emergente. O uso de CubeSats para este fim tem crescido rapidamente, como pode ser observado na Figura 4. O uso de muitos CubeSats simultaneamente, aliado a técnicas de processamento de imagem, tem proporcionado o monitoramento da superfície da Terra com resolução comparável (ou até melhor que) a ofertada por satélites de grande porte.

Mercado

Dependendo da finalidade da missão para a qual um CubeSat é projetado, os custos podem variar de algumas dezenas de milhares a alguns milhões de dólares, com tempos para o desenvolvimento que cobrem períodos de alguns meses a aproximadamente três anos. Estes sistemas de baixo custo e com curtos prazos de desenvolvimento têm permitido países e instituições que nunca haviam se envolvido em atividades espaciais a oportunidade de entrar como atores importantes nesse setor. Isto gerou o advento de uma nova forma de se fazer negócios e tem tornado

o setor espacial atrativo para pequenas empresas. Na Figura 5 é apresentada a taxa de crescimento das aplicações mais importantes dos CubeSats e a atratividade de mercado.

O cálculo da atratividade de mercado leva em conta fatores como a taxa de crescimento das aplicações espaciais, o tamanho do mercado, as margens de ganhos que podem ser obtidas pela aplicação, o número de competidores no mercado, etc.

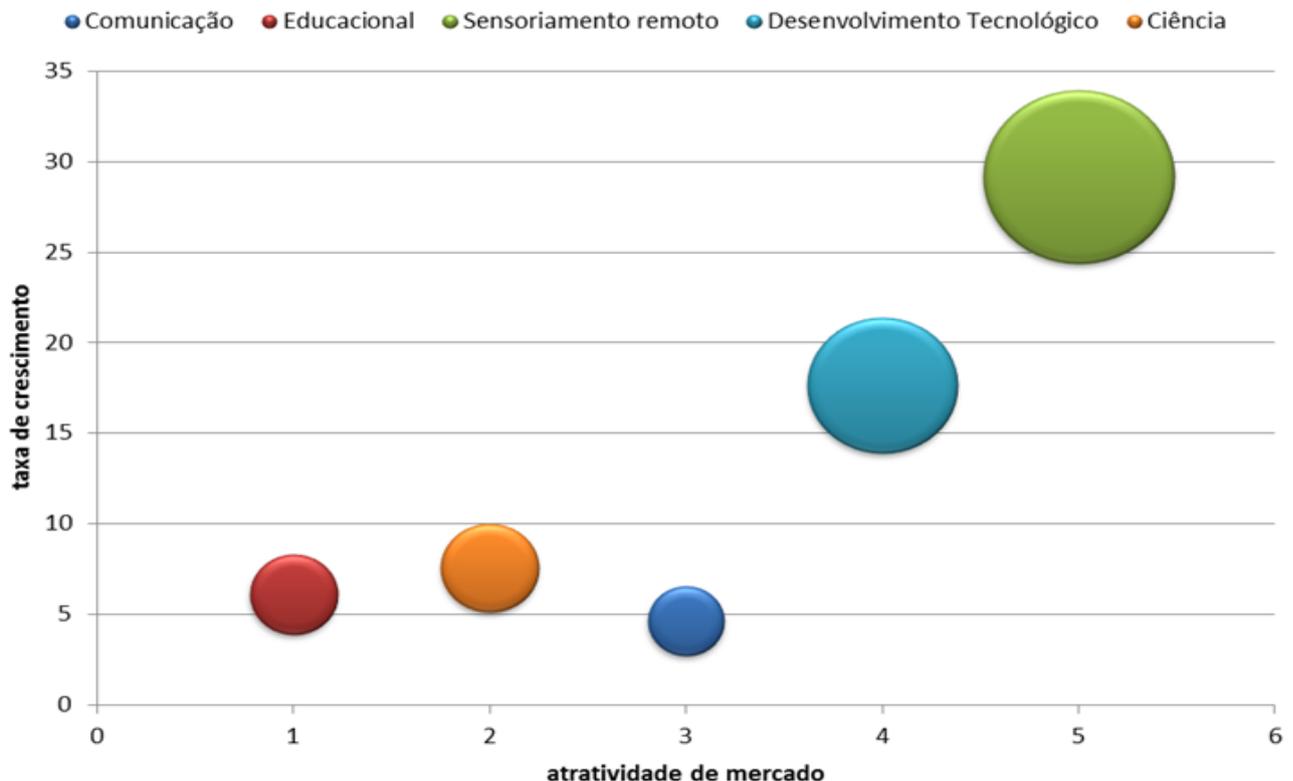


Fig. 5. Taxa de crescimento e atratividade de mercado para CubeSats

Confiabilidade

Uma das maiores preocupações com relação aos CubeSats é, ainda, a taxa de falhas apresentadas por estes dispositivos. Porém, a tecnologia CubeSat tem evoluído e novas companhias têm se especializado em produzir componentes dedicados para estes artefatos. Como consequência, eles estão mais confiáveis. A experiência adquirida em voo tem proporcionado a construção de equipamentos mais robustos, fazendo com que confiabilidade aumente.

Contudo, os CubeSats não podem ser responsabilizados pelo insucesso dos objetivos primários das missões. Cerca de 20% de todas as falhas ocorreram durante o lançamento ou durante a fase de ejeção ao espaço. As falhas nesses estágios são devidas a problemas no lançador. Assim, desconsiderando-se as falhas nestes estágios, é possível observar que a taxa de mortalidade infantil dos CubeSats diminuiu ao longo do tempo, como pode ser visto na Figura 6.

Essa taxa é calculada tendo por base falhas ocorridas durante a fase de comissionamento ou nos estágios iniciais de operação dos CubeSats.

A norma ISO 19683:2017(E) (Space systems - Design qualification and accessibility tests of small spacecraft and units) foi estabelecida visando diminuir a taxa de mortalidade infantil de uma classe de artefatos conhecida como *lean satellites*, da qual os CubeSats são um subconjunto. Com base nos dados disponíveis, ainda não é possível traçar conclusões sobre sua efetividade, mas, de qualquer forma, esses dados sugerem que a taxa de mortalidade infantil vem decaindo ao longo dos anos.

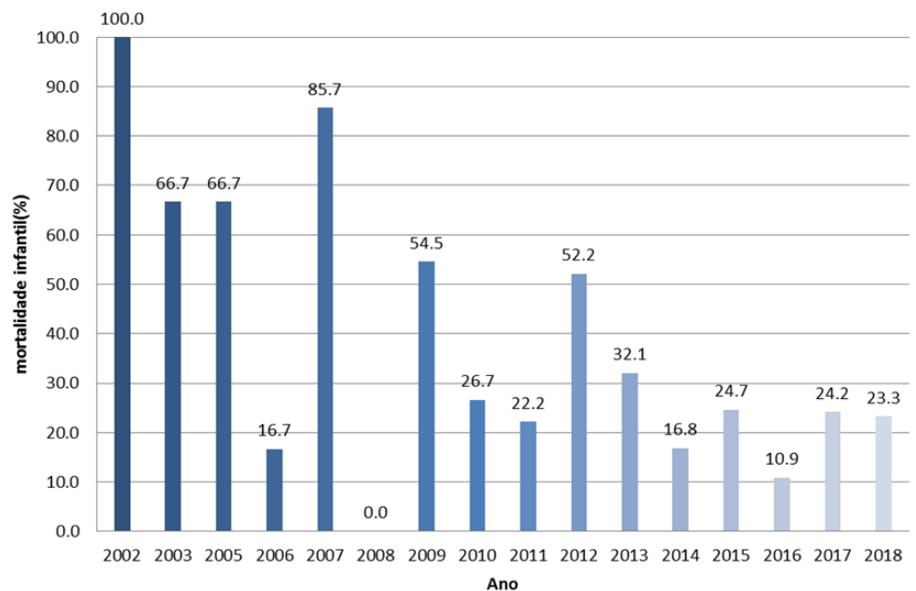


Fig. 5. Taxa de mortalidade infantil dos CubeSats ao longo do tempo.

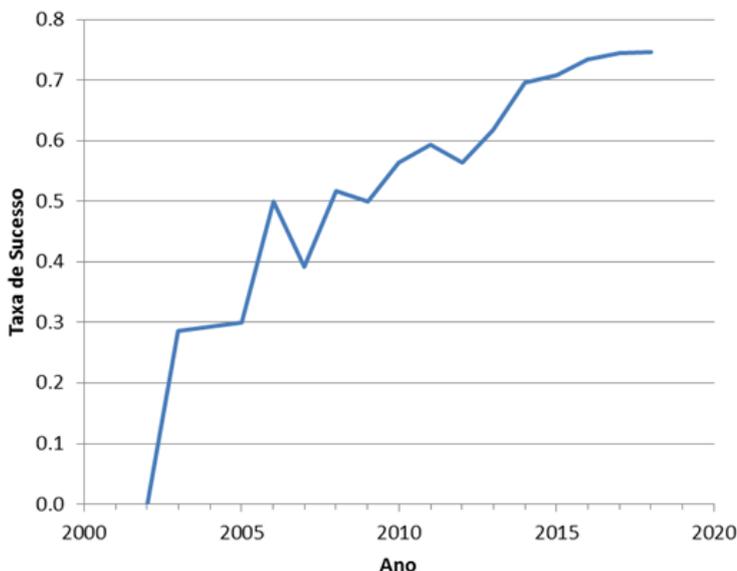


Fig.6 Taxa de sucesso das missões CubeSat ao longo do tempo

A taxa de sucesso das missões envolvendo CubeSats tem igualmente aumentado ao longo dos anos e é, hoje, de cerca de 75%, como mostrado na Figura 6. A taxa de sucesso pode ser estimada considerando-se as missões CubeSats como experimentos de Bernoulli, assim a taxa de sucesso é o parâmetro de uma distribuição binomial.

Alguns fatores irão contribuir para a melhoria na taxa de sucesso dos CubeSats num futuro próximo, como o uso de produtos já experimentados em voo e a utilização da norma ISO 19683:2017(E), juntamente com padrões revisados para CubeSats.

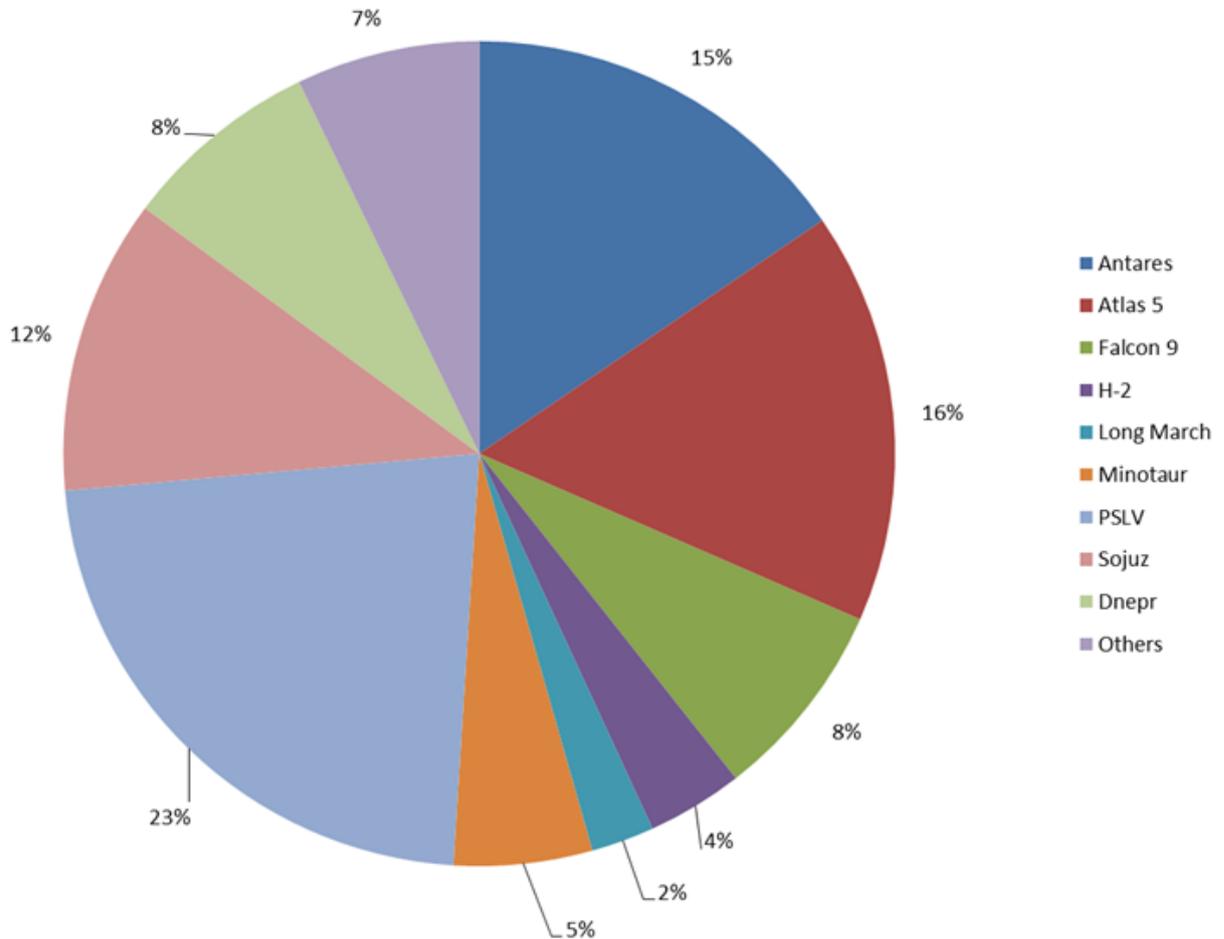


Fig. 7. Participação dos principais veículos lançadores no lançamento de CubeSats.

Novas Tecnologias e Veículos Lançadores

Quando os primeiros CubeSats foram lançados no início dos anos 2000, havia uma percepção de que eram “satélites de brinquedo”, projetados para atender as necessidades de estudantes e amadores. Com o tempo, percebeu-se que os CubeSats poderiam ser utilizados para testar tecnologias em órbita. Atualmente, CubeSats são empregados nas mais variadas áreas relacionadas ao espaço, como ciência, treinamento de pessoal, defesa, sensoriamento remoto, etc.

Além de ser indubitavelmente uma tecnologia disruptiva, os CubeSats estão também mudando a forma com que os satélites são lançados ao espaço. Ao contrário da tradicional lógica de lançamento de grandes satélites, na qual apenas um ou poucos satélites são lançados de uma única vez em um único veículo, Cubesats têm sido lançados de “carona”,

aproveitando-se desses lançamentos de satélites de grande porte. Eles também estão sendo lançados em grande número por um único veículo, ou ainda, diretamente da Estação Espacial Internacional (ISS – *International Space Station*), para onde são levados juntamente com as missões de abastecimento.

Em 2013, 84 CubeSats foram lançados da ISS; em 2014, 37 CubeSats lançados pelo foguete russo Dnper; e, em 2016, um recorde de satélites lançados por um único foguete foi estabelecido pelo lançador indiano PSLV, sendo 101 CubeSats colocados no espaço juntamente com 3 outros satélites maiores. Como consequência, o custo de lançamento por satélite tem diminuído drasticamente e, hoje, é da ordem de 100 mil USD/U.

Desta forma, vários veículos têm sido utilizados para levar CubeSats ao ambiente espacial. Na Figura 6 é apresentada a participação de cada um dos principais veículos lançadores no lançamento destes pequenos artefatos.

Os CubeSats têm também encorajado o desenvolvimento de pequenos lançadores de satélites. Apesar de até o momento não haver nenhum lançador comercial dedicado ao lançamento de CubeSats, já existem algumas iniciativas para desenvolvê-los. Em fevereiro de 2018, a agência espacial japonesa lançou com sucesso um pequeno foguete JAXA SS-520-5, colocando com sucesso um CubeSat de comunicação 3U em órbita, o Tricom-1R. Este feito o colocou no Guinness Book como o “menor foguete orbital”.

A diminuição nos custos de uma missão envolvendo CubeSat tem sido possível pelos rápidos avanços na microeletrônica, pelo uso intenso de COTS, pela miniaturização de sensores e atuadores que permitem o desenvolvimento de sistemas de

CubeSats já iniciam uma aventura fora da órbita terrestre

No início de 2018, dois CubeSats, denominados **MarCo** (*Mars Cube One*), deixaram a Terra em direção a Marte, junto à sonda InSight da NASA. Os CubeSats, apelidados de Wall-E e Eva (alusão ao filme de animação), irão auxiliar a sonda (similar a um helicóptero) no monitoramento do planeta. O sistema de controle de atitude e trajetória através de propulsores de gás comprimido (R236FA).

determinação e controle de atitude, que podem facilmente ser instalados em CubeSats. Inovações como ópticas leves e dobráveis, painéis solares e antenas mais eficientes e menores têm também

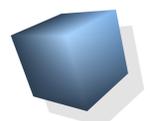
Perspectivas para a tecnologia CubeSat

A adoção da tecnologia CubeSat por diferentes instituições comerciais e governamentais é um indicativo do início de uma nova era para o setor espacial. CubeSats se tornaram uma opção que não pode ser descartada por países e instituições que queiram ter acesso a aplicações espaciais de seu interesse. Há inclusive a iniciativa de agências já consolidadas, como a NASA, no uso de CubeSats para testes de novas tecnologias e, até mesmo, missões espaciais.

O número de CubeSats em operação tem experimentado um crescimento surpreendente, que variou de um novo CubeSat colocado em órbita a cada 4 meses, em 2015, para quase um CubeSat por dia, em 2017. No mesmo período, o número de publicações técnico-científicas relacionadas a CubeSats, de acordo com a base de dados Scopus, cresceu de 35 para 387, e o número de patentes depositadas, de acordo com o EPO (*European Patent Office*) aumentou de 2 para 114 patentes. Estes dados indicam, claramente, uma tendência global de uso desses pequenos satélites para diferentes aplicações espaciais, em especial, o sensoriamento remoto e o desenvolvimento de novas tecnologias.

De fato, em 2017, o número de nano e microssatélites lançados superou a expectativa dos especialistas, que não anteciparam um crescimento 205% maior que em 2016. Dos aproximadamente 300 satélites desta categoria, lançados em 2017, a maioria era CubeSats. De janeiro a maio de 2018, quase 70 novos CubeSats já haviam sido lançados e é esperado que este número exceda 350 artefatos até o final de 2018, a medida que novas revoadas são liberadas.

A publicação da norma ISO 19683: 2017 (E) em julho de 2017 é um indicador dessa tendência global. Ela indica que há interesse de muitos setores no uso, padronização e aumento de confiabilidade desse tipo de artefato para as mais variadas aplicações. O estabelecimento desta norma é uma clara demonstração que um novo paradigma está despontando no setor espacial. E este novo paradigma trará novas oportunidades a serem exploradas, especialmente pelo setor privado.





www.cgee.org.br

ote@cgee.org.br



[@CGEE_oficial](https://twitter.com/CGEE_oficial)



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)
SCS Quadra 9 – Torre C – 4º andar – salas 401 a 405
Edifício Parque Cidade Corporate
70308-200 - Brasília, DF
Telefone: (61) 3424.9600

Organização social supervisionada pelo

MINISTÉRIO DA
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**

