

RELATÓRIO DO PROJETO

CPEISAT-1-BR Parte Técnica

Matheus Rocha Pardiniho

Théo de Melo Giovedi

Professor Orientador: Luiz Carlos Rodrigues de Medeiros

Resumo

O projeto CPEISAT-1-BR é uma iniciativa de construção de um nanossatélite para o monitoramento do Parque Estadual da Cantareira, com o intuito de garantir a preservação da área remanescente da Mata Atlântica presente no parque. Em sua parte técnica, a equipe buscou pesquisar sobre as tecnologias e conhecimentos necessários para a construção dos subsistemas, planejamento de órbita e lançamento de um *Cubesat* 1U, sob a proposta e os cronogramas da Olimpíada Brasileira de Satélites (OBSAT). O entendimento da equipe sobre o funcionamento de um *CubeSat* foi obtido através de bibliografia sugerida pelo professor orientador da equipe na olimpíada, Professor Luiz Carlos, sobre temas como taxonomia de satélites, subsistemas de um nanossatélite *CubeSat* 1U e órbitas de satélites artificiais. Os subsistemas do CPEISAT-1-BR incluem uma placa PAYLOAD (que coletará os dados ambientais), ADCS (controle de posicionamento), COMM (interface de comunicação), OBDH (computador de bordo), EPS (placa de distribuição de energia), baterias de lítio-íon e módulos solares (para carregar as baterias do satélite). Além disso, foram feitos estudos sobre órbitas de satélites artificiais, como a órbita terrestre baixa, média e alta, geoestacionária e polar, onde a órbita polar (o satélite percorre a Terra de polo a polo) heliossíncrona (o satélite acompanha a posição do sol em relação à superfície terrestre) baixa (localizada entre 160 km e 2000 km acima da linha do mar) foi eleita a melhor para o funcionamento do nanossatélite CPEISAT-1-BR.

Palavras-chave: Nanossatélites. Conservação ambiental. Sensoriamento remoto.

1. Introdução

A Serra da Cantareira foi tombada no final do século XIX, para garantir o abastecimento de água da cidade através das represas Engordador, Barrocada e Cabuçu,

é, em pleno funcionamento, dessa forma, o Parque Estadual da Cantareira foi criado em 1963, cujo o objetivo é de preservar este grande fragmento de Mata Atlântica, abrigo de uma diversidade de fauna e flora, além de mananciais de água, de grande importância para uma cidade com sensíveis problemas de abastecimento, como a grande metrópole São Paulo. O nome Cantareira surgiu dos cântaros que os tropeiros de passagem pela região nos séculos XVI e XVII utilizavam para armazenar a água das muitas nascentes e córregos ali existentes. Sua área, de 7.916 hectares (79,16 km²), abrange parte dos municípios de São Paulo, Caieiras, Mairiporã e Guarulhos.

“O bioma da Mata Atlântica abrange área de cerca de 15% do total do território brasileiro, o que inclui 17 Estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe), dos quais 14 são costeiros.” (INPE).

Muitas instituições não-governamentais e os governos em várias instâncias, nos últimos anos, tem demonstrado preocupação com o monitoramento das regiões florestais, dentre ela, a Mata Atlântica, a exemplo, a Lei 11.428/2006 (conhecida como Lei da Mata Atlântica) que regulamenta a proteção e a utilização da biodiversidade e recursos dessa floresta, e prevê multa e recuperação de toda área desmatada sem autorização a partir de 1993.

Segundo Silva (2018), um *CubeSat* é um sistema complexo composto de 7 subsistemas: ADCS (*Attitude Determination and Control Subsystem*, ou “Subsistema de Determinação e Controle de Atitude”), TT&C (*Telemetry, Tracking and Command*, ou “Subsistema de Telemetria, Rastreamento e Comando”), C&DH (*Command and Data Handling*, ou “Computador de Bordo”), EPS (*Electrical Power Subsystem*, ou “Subsistema de Suprimento de Energia”), TCS (*Thermal Control Subsystem*, ou “Subsistema de Controle Térmico”), *Structures and Mechanisms Subsystem* (“Subsistema de Estrutura e Mecanismos”) e o Subsistema de Propulsão. Porém, dependendo da missão, um *CubeSat* não precisa ter todos os sete subsistemas. Os subsistemas TT&C e C&DH também são conhecidos como, respectivamente, COMM e OBDH.

As órbitas de satélites artificiais são definidas a partir da missão realizada pelo satélite e definem o trajeto que o satélite percorrerá ao redor da Terra durante a sua vida útil. Elas podem variar em distância do nível do mar, inclinação em relação à Linha do Equador, entre outras características.

Por fim, a equipe CPEISAT-1-BR, em sua parte técnica, buscou o subsídio teórico necessário para a implementação e lançamento de um nanossatélite, norteadas pela seguinte questão: **como realizar o monitoramento do Parque Estadual da Cantareira de forma a manter e melhorar o Estado de São Paulo entre os Estados no nível de desmatamento zero da Mata Atlântica?**

2. Materiais e Métodos

O estudo para a construção do nanossatélite foi embasado principalmente pelas referências bibliográficas sugeridas pelo professor orientador da OBSAT: Luiz Carlos. Todo o processo foi iniciado de maneira relativamente precoce ao início dos trabalhos preparatórios para a inscrição na OBSAT.

O primeiro artigo proposto para estudo e posterior debate sobre foi “*A Unified Satellite Taxonomy Proposal Based on Mass and Size*” (“Uma proposta de taxonomia de satélites unificada baseada em massa e tamanho”, em tradução livre), escrito por Rui Botelho e Ademir Xavier, onde pudemos compreender melhor o significado e classificação de um nanossatélite através da história e diferentes implementações de classificação de satélites, incluindo os *CubeSats*, a categoria do nosso nanossatélite. Realizamos alinhamentos entre nós para discutirmos sobre como apresentaremos nossas anotações e conclusões e, por fim, nos reunimos com o orientador Luiz para discutir sobre os resultados do nosso estudo acerca do referido artigo.

Após o encontro anterior, foi proposto pelo orientador Luiz que aprofundássemos nossos estudos nos componentes necessários para o funcionamento de um satélite, como foi sugerido por avaliador da OBSAT, após a inscrição do projeto com a apresentação dos documentos explicando a nossa ideia. A equipe dividiu a lista de subsistemas (COMM, ADCS, PAYLOAD, EPS, baterias de lítio-íon e módulos solares) e compusemos documentos contendo explicações sobre eles, assim como realizamos uma reunião expondo nossas descobertas.

Por fim, o objeto de pesquisa mais recente da equipe foram os tipos de órbitas de satélites artificiais. Para a realização dessa tarefa, foram disponibilizados pelo professor Luiz *links* de sites para que pesquisássemos sobre o assunto em fontes confiáveis.

2.1. Kit *PION CubeSat Educacional*

O kit educacional ofertado pela OBSAT às equipes mais bem colocadas da primeira fase é fabricado pela empresa brasileira PION Labs, e é composto por sensores de temperatura, umidade, pressão, luminosidade, gás carbônico, giroscópio, acelerômetro, magnetômetro e nível de bateria (PION Labs, 2021a). O ambiente de desenvolvimento recomendado para se programar o *kit* é a IDE (*Integrated Development Environment*, ou “Ambiente de Desenvolvimento Integrado”) do *Arduino* (PION Labs, 2021b), uma plataforma *open-source* de *hardware*. A equipe CPEISAT-1-BR planeja utilizar *hardware* igual ou parecido ao do *kit* da PION Labs.

3. Resultados e Discussão

3.1. Taxonomia de satélites

Segundo a tabela proposta por Botelho e Xavier Jr. (2019), os satélites são agrupados em 10 classes, organizados como potências de base 10 em sua massa, possuindo subclasses como *Heavy* (“Pesado”), *Intermediate* (“Intermediário”) e *Light* (“Leve”), além de uma classificação de tamanho em 9 categorias diferentes. Através do artigo, pudemos compreender a história das diferentes classificações de satélites, incluindo classificações da *NASA*, *ROSCOSMOS*, *ESA* (*European Space Agency*, ou “Agência Espacial Européia”) e outras. Segundo a própria classificação do artigo, nosso nanossatélite é da classe *Nano*, subclasse *Cubesat* e tamanho *Small*.

3.2. Subsistemas de nanossatélites

3.2.1. COMM

“O Subsistema de Telemetria, Rastreamento e Comando (*Telemetry, Tracking and Command* ou *TT&C*), também chamado de subsistema de comunicação (*COMM*), é responsável pela troca de informações entre o satélite e o segmento de solo.”

(AGUIRRE, 2003 apud SILVA, 2018)

3.2.2. ADCS

“O Subsistema de Determinação e Controle de Altitude (ADCS) se resume basicamente em um loop de controle fechado que se compõe de três etapas: medir e determinar a atual altitude do satélite (através de sensores e propagação da dinâmica), comparar a atual altitude com a altitude desejada, e a alcançar da altitude desejada (através de atuadores).” (LEY et. al, 2009 apud SILVA, 2018)

3.2.3. PAYLOAD

A carga útil (em inglês, *payload*) representa o software e hardware que desempenha a tarefa principal durante a missão. Deste modo, ela é considerada como sendo o motivo pelo qual uma missão foi desenvolvida. Alguns exemplos de carga útil são instrumentos de observação, sistemas de comunicação e experimentos científicos.

3.2.4. EPS

“O Subsistema de Suprimento de Energia (Electrical Power Subsystem ou EPS) é responsável por fornecer a energia necessária para o funcionamento de todos os subsistemas consumidores de energia durante todas as fases da missão de um satélite.” (SILVA, 2018)

3.2.5. Baterias de Lítio-íon

É a tecnologia mais recente. Está tendo um rápido crescimento. A bateria de lítio-íon é conhecida como Li-Ion (do inglês “lithium-ion”). É usada quando se deseja alta densidade de energia e peso leve.

3.2.6. Módulos Solares

São painéis que capturam a luz e a transformam em energia para carregar as baterias e, assim, manter o satélite funcionando.

3.3. Órbitas de satélites

Segundo Leitão, “Órbita é o movimento que um corpo celeste realiza ao redor de outro corpo celeste pela influência de sua gravidade. Logo, a órbita terrestre é o movimento que os satélites, sejam eles naturais – como a lua, ou artificiais, realizam em volta do Planeta Terra. Existem diferentes tipos de órbitas terrestres. Cada uma delas é utilizada por diferentes propósitos dependendo da distância que se encontram da superfície, da área coberta e do tempo necessário para completar a trajetória orbital.”

3.3.1. Leis de Kepler

Segundo Kazuhito e Fuke (2010), “As leis de Kepler são cinemáticas, isto é, explicam o movimento dos corpos celestes sem questionar suas causas. São instrumentos muito úteis, por exemplo, para a compreensão e a previsão do alinhamento entre planetas e seus efeitos, como os eclipses e as marés.” Nelas, não são mencionadas as massas dos planetas, nem as forças de interação entre eles (KAZUHITO; FUKU, 2010). Nelas, não são mencionadas as massas dos planetas ou as forças de interação entre eles (KAZUHITO; FUKU, 2010).

Segundo Kazuhito e Fuke (2010), “Essas leis são obedecidas pelos satélites artificiais lançados pelo homem (e pela Lua também, sendo ela um satélite natural do nosso planeta), uma vez que descrevem trajetórias fechadas em torno da Terra.” Inclusive, as Leis de Kepler possibilitaram a formulação da Lei da Gravitação Universal por Isaac Newton (KAZUHITO; FUKU, 2010).

3.3.2. Força gravitacional nos satélites

Segundo Kazuhito e Fuke (2010), “Levando-se em conta o efeito da rotação planetária, a força gravitacional é a soma dos vetores força peso e força centrípeta, em relação ao eixo de rotação.” Os satélites não estão sujeitos ao movimento de rotação dos planetas e, portanto, a resultante centrípeta que os mantém em órbita é a própria força de atração gravitacional (KAZUHITO; FUKU, 2010). Logo, é possível calcular a velocidade orbital linear v , de um satélite de massa m , numa órbita circular de raio r , ao

redor de um planeta de massa M , necessária para executar um movimento circular uniforme (KAZUHITO; FUKU, 2010).

Imagem 1: Velocidade orbital linear v

$$F_{cp} = F \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

Fonte: KAZUHITO; FUKU, 2010.

3.3.3. Imponderabilidade no interior de satélites

A imponderabilidade no interior de satélites diz respeito à aparente ausência de peso em satélites artificiais, como quando vemos corpos flutuando (KAZUHITO; FUKU, 2010). Porém, o que acontece é que a força gravitacional faz o papel de força centrípeta do movimento curvilíneo de todos os corpos contidos no satélite (KAZUHITO; FUKU, 2010).

3.3.4. Tipos de órbitas

A partir dos dados de Leitão, pudemos compor uma tabela contendo as informações relevantes sobre as órbitas de satélites artificiais:

Tabela 1: Órbita e distância nível do mar

Órbita	Distância do nível do mar	Observações
Órbita geostacionária (GEO)	35786 km	A translação do satélite é sincronizada com a

		rotação da Terra, permanecendo no mesmo ponto em relação à superfície terrestre, e a órbita do satélite acompanha a linha do Equador
Baixa órbita da Terra (LEO)	Entre 160 km e 2000 km	
Órbita polar	Entre 200 km e 1000 km	A translação do satélite percorre a superfície terrestre de polo a polo
Órbita heliossíncrona	Entre 600 km e 800 km	A translação do satélite é alinhada com a posição do sol em relação à superfície terrestre, garantindo que o satélite opere sempre em condições de luz
Órbita média da Terra (MEO)	Entre 2000 km e 36000 km	
Órbita terrestre alta (HEO)	Acima de 36000 km	

Fonte: LEITÃO.

A órbita baixa da Terra, também chamada de *LEO* (do inglês *Low Earth Orbit*), é comumente utilizada para satélites de comunicação e meteorológicos, além de abrigar a Estação Espacial Internacional (LEITÃO). A órbita média da Terra, também chamada de *MEO* (do inglês *Medium Earth Orbit*), abriga principalmente satélites de comunicação e navegação, inclusive os satélites de GPS (CARVALHO). A órbita geoestacionária é bastante utilizada por satélites de comunicação, pois estes conseguem

operar em uma determinada localização da superfície terrestre sem interrupções ou reposicionamento das antenas na Terra (LEITÃO). A órbita polar é utilizada por satélites com foco na observação da superfície (LEITÃO).

Considerando a função e as especificações do nanossatélite, a órbita mais favorável seria uma órbita polar (para que possa percorrer a região do parque da Cantareira), heliossíncrona (pela necessidade de luz para captar as imagens) e baixa (para garantir uma maior riqueza de detalhes nas imagens (FLORENZANO, 2008)).

A órbita baixa de um satélite faz com que, ao chegar ao fim de sua vida útil, seja atraído para a Terra e incinerado durante a sua reentrada na atmosfera (CARVALHO), sendo esse o planejamento da “morte” nosso nanossatélite.

4. Considerações Finais

Em suma, a parte técnica do projeto CPEISAT-1-BR buscou na literatura os meios necessários para a construção do nanossatélite. A OBSAT ainda está em curso e, infelizmente, a equipe não obteve acesso a um *kit* contendo subsistemas de um *CubeSat* 1U, destinado às melhores colocações da primeira fase. Porém, pelo fato de termos passado da primeira fase e obtido avaliações positivas sobre o projeto, seguimos confiantes com o objetivo de solucionar um problema ambiental relevante, ao mesmo tempo em que ajudamos a alavancar a acessibilidade ao espaço. As ações futuras do projeto em sua parte técnica são quatro: fazer um estudo detalhado de cada subsistema do satélite, aprofundar o estudo de sensores e sistemas embarcados, estruturar uma equipe para preparação com foco na OBSAT e outras olimpíadas intercaladas à engenharia aeroespacial e intercalar o projeto CPEISAT-1-BR a outros projetos da escola com o intuito de troca de conhecimentos e colaboração.

5. Referências bibliográficas

BOTELHO A. S., R.C.; XAVIER Jr., A.L. A Unified Satellite Taxonomy Proposal Based on Mass and Size. *Advances in Aerospace Science and Technology*, v. 4, n. 4, p. 57-73, dec. 2019.

CARVALHO, André. A vida e a morte de um satélite artificial na órbita da Terra. UOL.

Disponível em:
<https://www.uol.com.br/tilt/ultimas-noticias/redacao/2017/10/03/a-vida-e-a-morte-de-u-m-satelite.htm>. Acesso em: 21 ago. 2021.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Os Satélites e Suas Aplicações. São José dos Campos: Sindicato dos Servidores Públicos Federais na Área de Ciência e Tecnologia do Vale do Paraíba, 2008.

KAZUHITO, Yamamoto; FUCE, Luiz Felipe. Física para o Ensino Médio - Mecânica, Volume 1. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

LEITÃO, Joyce Oliveira. Tipos de órbitas terrestres. InfoEscola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/astronomia/tipos-de-orbitas-terrestres/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

PION Labs. Hardware CubeSat. GitHub, 2021a. Disponível em: <https://github.com/pion-labs/pion-educational-kits/wiki/Hardware-CubeSat>. Acesso em: 31 ago. 2021.

PION Labs. Software. GitHub, 2021b. Disponível em: <https://github.com/pion-labs/pion-educational-kits/wiki/Software>. Acesso em: 31 ago. 2021.

SILVA, Marcela Drumond de Andrade; UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Escola de Engenharia. Metodologia para desenvolvimento de CubeSat 1U acadêmico, 2018. Monografia.

SOS Mata Atlântica e INPE lançam novos dados do Atlas do bioma. INPE, 23 mai. 2019. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5115. Acesso em: 21 ago. 2021.