



Estudo de sistemas aviônicos aplicado a projetos de extensão

Study of avionics systems applied to extension projects

Henrique Terzi Lucchetta

henriquelucchetta@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Felipe Mezzadri

felipemezzadri@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

RESUMO

Aeronaves, espaçonaves e satélites artificiais fazem uso de sistemas eletrônicos embarcados denominados sistemas aviônicos, com objetivo de executar uma série de funções pertinentes a seu propósito e missão. Visando o desenvolvimento de um sistema aviônico aplicado a projetos de extensão com estudantes do ensino médio, a equipe Orion Aerospace Design buscou por formas de aplicar o conhecimento adquirido durante a execução de desafios exigidos em competições, através da elaboração de treinamentos e *workshops* para a comunidade externa, passando noções desde a concepção inicial do projeto de um nanossatélite, requisitos de projeto, escolha de componentes, simulações, até a implementação final e construção. Tais conceitos foram aplicados pelos estudantes no desenvolvimento de um nanossatélite do tipo cansat, através do projeto de extensão Zetasat, no entanto, os fundamentos apresentados servem de base para a elaboração de sistemas aviônicos presentes em outros projetos desenvolvidos pela equipe, ou em seus próprios projetos pessoais, trazendo os conceitos das ciências aeroespaciais para sua realidade.

PALAVRAS-CHAVE: Aviônica. Sistemas embarcados. Nanossatélite.

ABSTRACT

Aircraft, spacecraft and artificial satellites make use of embedded electronic systems called avionics systems, in order to perform a range of functions relevant to their purpose and mission. Aiming at the development of an avionics system applied to extension projects with high school students, the Orion Aerospace Design team sought ways to apply the knowledge acquired during the execution of challenges required in competitions it participated, through the development of training and workshops, passing on notions from from initial design conception of a nanosatellite, design requirements, choice of components, simulations, to final implementation and construction. These concepts were applied by the students in the development of a cansat-type nanosatellite, through the Zetasat extension project, however, the fundamentals presented serve as a basis for the development of avionics systems present in other projects developed by the team, or in their own projects bringing the concepts of aerospace sciences into your reality.

KEYWORDS: Avionics. Embedded systems. Nanosatellite.



INTRODUÇÃO

Iniciada em março de 2020, a equipe Orion Aerospace Design teve como primeiro objetivo projetar e construir um nanossatélite, da categoria cubesat, que atendesse aos desafios propostos para a competição CubeDesign, realizada anualmente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O nanossatélite em questão não é efetivamente lançado, no entanto, passa por testes em solo com o objetivo de simular condições de um lançamento, em seguida, é submetido á provas para analisar sua performance em realizar os objetivos previstos em regulamento (INPE, 2020).

Posteriormente, a equipe optou em expandir seus objetivos e participar paralelamente de outras competições visando uma maior abrangência das áreas aeroespaciais, sendo estas: Latin America Space Challenge (LASC), com o objetivo de construir minifoguetes (LASC, 2021); Global Space Balloon Challenge (GSBC), com objetivo de desenvolver uma sonda para pesquisas na estratosfera (MISNER, 2019). As três competições necessitam de um sistema eletrônico embarcado denominado sistema aviônico em cada projeto, que forneça dados em tempo real de voo e seja capaz de executar ações sem a intervenção humana.

Paralelamente às competições, a equipe tomou iniciativa de desenvolver projetos de extensão, sendo estes nomeados Delta Rocket com objetivo de construir minifoguetes, ZetaSat desenvolvendo nanossatélites do tipo cansat, e StarLab para realização de pesquisas na área da astrobiologia. Estes projetos são desenvolvidos em paralelo com estudantes do ensino fundamental e médio, com objetivo de incluir a comunidade externa e realizar divulgação científica, proporcionando experiências didáticas com os alunos através do desenvolvimento em conjunto e por meio de *workshops* e treinamentos fornecidos pela equipe.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento das atividades com os estudantes de ensino médio foi baseado nos materiais produzidos pela equipe Orion Aerospace Design durante toda a fase de projeto dos sistemas aviônicos presente nos projetos de competição. Utilizou-se como material de estudo preliminar os documentos desenvolvidos para atender aos requisitos de projetos e as atividades desenvolvidas relacionadas às competições, que consistiram nos seguintes itens, divididos em quatro grandes etapas e aplicados individualmente a cada um dos três projetos (cubesat, minifoguete, sonda estratosférica) dentro da equipe:

- Definição dos requisitos de cada projeto;
- Escolha dos componentes eletrônicos e validação em bancada dos mesmos;
- Projeto e montagem das placas de circuito impresso;
- Integração com o sistema real e testes finais.

Os requisitos de projeto são definidos com base no que é exigido em cada competição ou área de interesse de pesquisa, e eventuais necessidades internas da própria equipe.

Dentre os principais requisitos de cada projeto de competição, destacam-se para o nanossatélite, a capacidade de determinar sua orientação espacial (determinação de atitude) e a capacidade de efetuar manobras de estabilização de rotação e apontamento para locais especificados através de telecomandos. Além disso, a capacidade de capturar imagens de uma região e transmitir essas imagens capturadas para a estação em solo e envio periódico de telemetrias com informações das condições operacionais do nanossatélite (INPE, 2020). Para o minifoguete destacam-se principalmente: coleta e transmissão contínua de dados de voo, tais como aceleração, velocidade, altitude, temperatura do motor, orientação, pressão aerodinâmica e detecção de apogeu. Sendo este último, responsável pelo acionamento do sistema de



recuperação, que consiste na liberação e abertura do paraquedas para que seja efetuado o pouso em segurança (LASC, 2021). Para a sonda estratosférica destacam-se principalmente: capacidade de permanecer funcionando por um longo período em condições de baixas temperaturas; transmitir dados em tempo real através de longas distâncias; coleta periódica de dados de voo e do ambiente, e a capacidade de expor o experimento ao ambiente em condições específicas de pressão, umidade, altitude e temperatura.

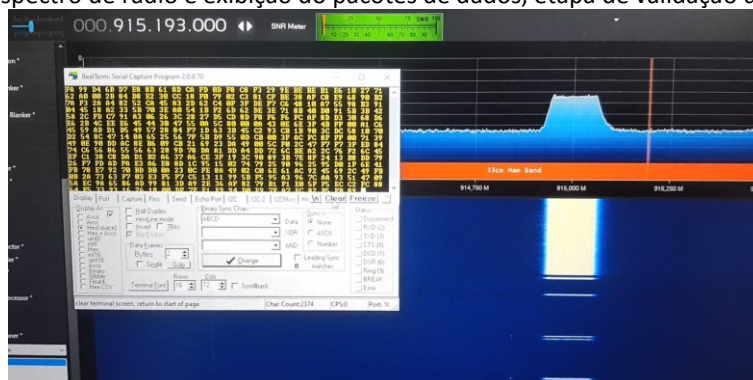
Durante a definição dos componentes eletrônicos utilizados, buscou-se implementar formas de otimizar o tempo dedicado a cada projeto, de modo que o trabalho e tempo aplicado a um projeto contribuísse para os demais, de forma que a equipe optou por padronizar os componentes eletrônicos que puderam ser utilizados em mais de um projeto.

Tendo em vista esta estratégia, a equipe definiu o uso de microcontroladores da fabricante STMicroelectronics, por terem ampla documentação e pela sua alta eficiência energética proporcionada pela tecnologia ARM (STMICROELECTRONICS, 2011). Padronizou-se também o módulo de rádio, necessário em todos os projetos para a comunicação remota com os protótipos, optou-se pelo circuito integrado da fabricante Semtech, amplamente utilizado em função de sua modulação LoRa e compatibilidade com outros tipos de modulação (LORA ALLIANCE, 2020).

Em detrimento dos diversos parâmetros que desejava-se monitorar e que eram comuns a todos os projetos, tais como, temperatura, orientação, velocidade e aceleração, buscou-se pela padronização dos sensores. Já para o caso de sensores específicos, tais como câmeras, buscou-se por soluções *Commercial off-the-shelf* (COTS), tal como a linha de produtos Raspberry Pi.

Em seguida, iniciou-se a etapa de validação em bancada dos componentes. A estratégia adotada para esta fase consiste em iniciar a validação dos sistemas classificados pela equipe como sendo de maior nível de complexidade, e com maior prioridade de implementação. O primeiro sistema a ser validado em bancada foi o sistema de telemetria. Com auxílio de um analisador lógico e um rádio definido por *software* a comunicação do microcontrolador com o módulo de rádio e a transmissão dos dados via radiofrequência foram validados conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Análise do espectro de rádio e exibição do pacotes de dados, etapa de validação do sistema de telemetria



Fonte: Autoria própria (2021).

Após o sistema de telemetria ser validado, iniciou-se então a validação dos sensores, necessários em todos os projetos para aquisição de dados de voo. Por fim, desenvolveu-se uma plataforma de testes para a validação do sistema de controle e determinação de atitude. A plataforma desenvolvida é apresentada na Figura 2, e esta representa um dos subsistemas do cubesat requeridos na competição CubeDesign. A modelagem matemática foi realizada no *software* MATLAB/Simulink, e é apresentada na Figura 3. As etapas de modelagem 3D e simulação de sistemas serviram de base para a etapa de construção e testes finais.

O diagrama ilustra a arquitetura de controle de atitude de um robô espacial, dividido em quatro blocos principais: Controle, Atuador, Planta e Sensor.

- Controle:** Recebe o erro de atitude (e_k) e o sinal de apontamento ($[Cmd]$). O bloco "Microcontrolador" calcula os ângulos de referência Va_E e Va_A . Um comparador verifica se $[Cmd] > 0$ para determinar o modo de operação.
- Atuador:** O bloco "ADCS" recebe os ângulos de referência e gera sinais de PWM (PWM_ch1 , PWM_ch2) e o torque em watts ($watts$). Também recebe o feedback de rotação em rad/s ($wrad/s$).
- Planta:** O bloco "Cubesat" representa a dinâmica do robô. Recebe o torque e o feedback de rotação, produzindo as taxas de rotação em rad/s ($wrads_R$, $wrads_C$) e o ângulo de atitude ($wrad_C$).
- Sensor:** O bloco "Giroscópio" recebe o ângulo de atitude ($wrad_C$) e fornece o feedback de rotação em rad/s ($wrad/s$) para o Atuador. Também recebe o feedback de posição ($[V1]$) e o sinal de apontamento ($[Cmd]$).

Os sinais de feedback são processados no bloco "Integrador" para gerar o erro de atitude (e_k), que é então usado pelo Microcontrolador para ajustar o controle.

Legenda:

- 0 = Apontamento
- 1 = Estabilização

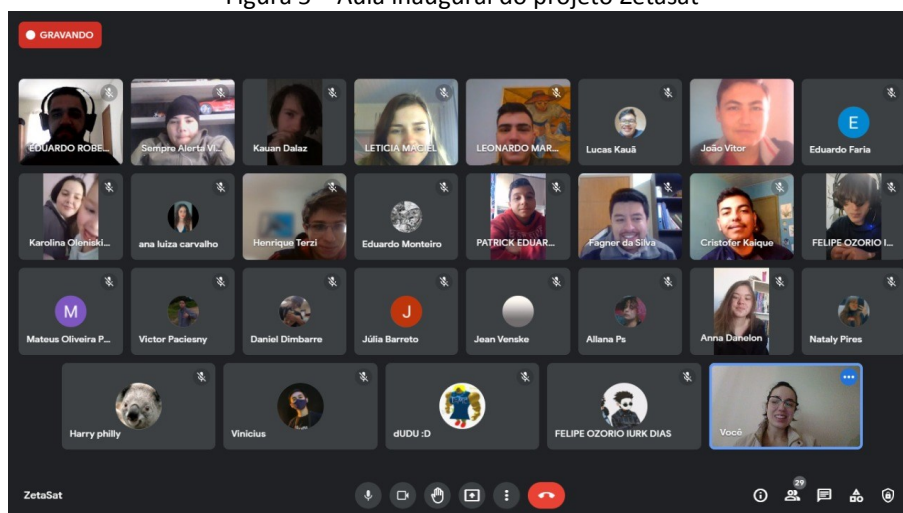
<https://eventos.utfpr.edu.br//sei/sei2021> 4

setembro de 2021, de maneira remota através da plataforma *Google Meet*, conforme apresentado na Figura 5, adaptando todo conteúdo elaborado para estudantes do ensino médio e colocando em prática esses conhecimentos desde a fase de concepção de projeto até a implementação do cansat.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto ZetaSat foi realizado com alunos de escolas públicas e privadas, e teve como objetivo desenvolver um nanossatélite do tipo cansat (do tamanho de uma lata de refrigerante) para a competição CubeDesign. Todo o conhecimento acumulado e documentado pela equipe durante a fase de desenvolvimento do cubesat foi repassado como material de base em *workshops*, como forma de incentivo ao conhecimento científico aos estudantes no desenvolvimento de um cansat em parceria com a equipe.

Figura 5 – Aula inaugural do projeto Zetasat



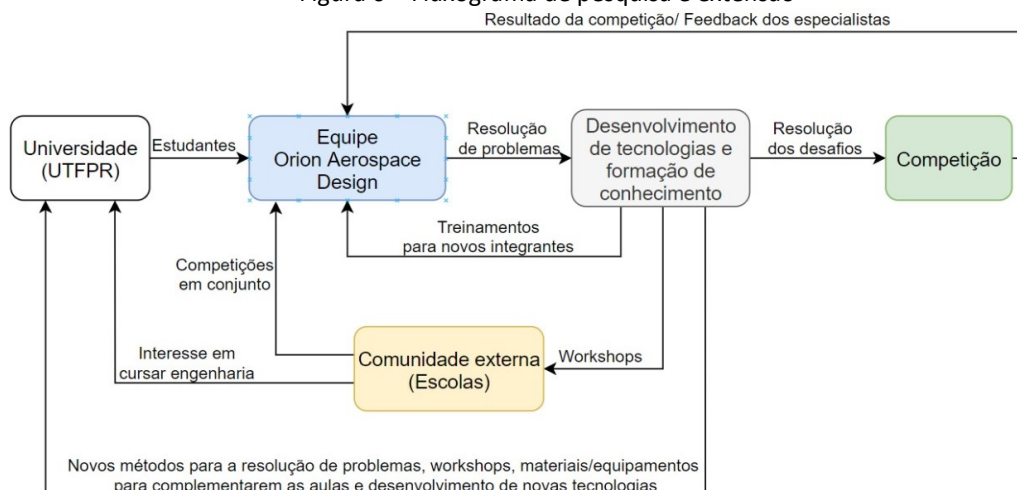
Fonte: Autoria própria (2021).

Além do projeto Zetasat voltado para área de nanossatélites, a equipe desenvolve os projetos Delta Rocket, visando a construção de um minifoguete capaz de atingir até 100 metros de apogeu para competir no Festival Brasileiro de Minifoguetes, e o projeto StarLab, que tem como objetivo fomentar a pesquisa no ramo astrobiológico em escolas públicas e privadas. Estes três projetos compõem o programa Três Marias desenvolvido internamente na equipe e baseado nas experiências adquiridas com as competições.

A Figura 6 apresenta um fluxograma que descreve como a participação em competições agrega positivamente a comunidade externa, visto que ao gerar conhecimento tecnológico as equipes são capazes de transmitir conhecimento para estudantes do ensino fundamental e médio, a fim de instigar interesse às áreas científicas estimulando-os através de um aprendizado dinâmico, inovador e que se conecte a realidade destes, sendo possível estimulá-los a ingressarem no ensino superior em cursos de engenharia.



Figura 6 – Fluxograma de pesquisa e extensão



Fonte: Autoria própria (2021).

CONCLUSÃO

Em um cenário onde o ensino de ciências no país é cada vez mais teórico e menos instigante aos alunos (UNESCO, 2005), a possibilidade do desenvolvimento de projetos em conjunto com a equipe, permite que os estudantes apliquem o conhecimento de forma prática. As ações promovidas por estes projetos possibilitaram uma maior interação de estudantes do ensino médio com áreas e conhecimentos aeroespaciais através da aprendizagem lúdica. O projeto agrega habilidades essenciais ao desenvolvimento dos estudantes, como raciocínio lógico, comunicação, trabalho em equipe, incentivando-os a tomar iniciativa em projetos.

Através do conhecimento formado dentro da equipe, e com base nos desafios propostos nas competições, os alunos serão capazes de criar seus próprios desafios e trazer os conceitos das ciências aeroespaciais para sua realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela bolsa concedida para a realização deste projeto, ao professor coordenador Felipe Mezzadri, e aos integrantes da equipe Orion Aerospace Design.

REFERÊNCIAS

- INPE. **3º CubeDesign**. São José dos Campos - SP - Brasil, 28 set. 2020. Disponível em: <http://www.inpe.br/cubedesign/2020-v1/>. Acesso em: 1 set. 2021
- LATIN AMERICAN SPACE CHALLENGE. **Rules & Requirements Document**: 2021 LASC Online Edition. [S. l.], 25 jul. 2021. Disponível em: <https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/lasc-website-9aeeb.appspot.com/o/2021%20LASC%20Rules%20%26%20Requirements%20Document%20R00.pdf?alt=media&token=550a6935-ffd8-4311-8587-a65a494b22cb>. Acesso em: 4 set. 2021.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um
mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



LORA ALLIANCE; WBA IOT WORK GROUP. **Wi-Fi & LoRaWAN® trials: An overview of use cases across regions combining two powerful technologies.** [S. l.], 1 nov. 2020. Disponível em: https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/Wi-Fi-LoRaWAN%C2%AE-Trials_FINAL.pdf. Acesso em: 8 set. 2021.

MISNER, Andrea. **Impact of the 2016 Global Space Balloon Challenge on Student Attitudes towards Science and their Perceptions of how Science is Conducted.** [S. l.], 11 jan. 2019. Disponível em: <https://mspace.lib.umanitoba.ca/handle/1993/33714> . Acesso em: 3 set. 2021.

STMICROELECTRONICS. **STM32L Cortex-M3 microcontroller for usage in low-power healthcare applications.** [S. l.], 1 fev. 2011. Disponível em: https://www.st.com/resource/en/technical_article/ta0340-stm32l-cortexm3-microcontroller-for-usage-in-lowpower-healthcare-applications-stmicroelectronics.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.

UNESCO. **O Ensino de Ciências: O Futuro em Risco.** Edição Unesco, mai. 2005. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000139948>. Acesso em: 6 set. 2021.