ARQUITETURA E INTEGRAÇÃO DE HARDWARE DE UM QUADRICÓPTERO AUTÔNOMO PARA COMPETIÇÃO NACIONAL

Eduardo Veiga de Toledo Arruda, Gabriel de Paula Xavier, Pedro Victor Tófoli, Thainá Amanda Nascimento Maraz, Vitor Conte do Amaral e Patricia Marcondes Dos Santos.

Universidade do Vale do Paraíba/Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, eduardo.arruda657@univap.fve.edu.br, gabrieldejesus50@gmail.com, ptofoliwork@gmail.com, marazthaina020@gmail.com, vconte.br@gmail.com, patriciams@univap.br.

Resumo

A rápida expansão dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) de contextos exclusivamente militares para operações complexas nos setores civil e industrial tem impulsionado a demanda por inovações tecnológicas e profissionais capacitados. Para conectar a teoria acadêmica a essa realidade, iniciativas como a Competição EletroQuad SAE Brasil desafiam universitários a desenvolverem aeronaves de asas rotativas do zero. Inserido neste cenário, este artigo apresenta o planejamento e a montagem da arquitetura de hardware de uma plataforma não tripulada multirrotor, desenvolvida pela Equipe ThunderQuad para a Competição EletroQuad SAE Brasil 2026. O objetivo do trabalho foi mapear e descrever os componentes físicos do sistema, avaliando sua compatibilidade técnica e o atendimento às exigências regulamentares de estrutura, propulsão, controle de voo e comunicação. Os resultados demonstram uma arquitetura física sólida, composta por chassi padrão S500, quatro motores *brushless* ReadyToSky RS2212-920KV, controladora de voo Cube Orange+ (com suporte a ArduPilot/PX4), enlace de telemetria em 915 MHz com redundância de controle manual via receptor FrSky D8R-II e rádio Skydroid, comunicação com a estação de solo via WI-FI através da integração de uma placa Raspberry Pi 3 model B equipada com sensor de percepção (Módulo Câmera para Raspberry Pi 5MP) para o controle autônomo do drone. Por fim, conclui-se que a arquitetura física adotada resultou em um drone autônomo funcional que atende as especificações da competição, estando apto para atuar em suas missões.

Palavras-chave: Quadricóptero. Arquitetura de hardware. Controladora de voo. Integração eletromecânica. Competição EletroQuad.

Área do Conhecimento: Engenharia Aeroespacial / Engenharia Elétrica.

Introdução

A evolução dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, representa um dos maiores avanços do desenvolvimento tecnológico e aeroespacial contemporâneo. Historicamente concebidos para atender a demandas restritas do setor militar, como missões de reconhecimento tático e operações em zonas de risco que dispensassem a exposição de tripulações humanas (Beirão, 2021), esses sistemas passaram por um acelerado processo de aprimoramento. Nas últimas décadas, a miniaturização dos componentes eletrônicos, os avanços nos sistemas de navegação autônoma e o aumento da capacidade de processamento de dados impulsionaram a ascensão dos drones de maneira expressiva. Hoje, essas aeronaves deixaram de ser ferramentas exclusivamente militares para se consolidarem nos setores civil e industrial, desempenhando funções críticas e de alta precisão em áreas como mapeamento topográfico, agricultura de precisão, inspeção de infraestruturas e logística de transporte (Guedes et al., 2025).

Diante dessa crescente versatilidade da tecnologia e da necessidade contínua de formar profissionais capacitados para atuar nessa nova fronteira da engenharia, iniciativas acadêmicas e competições tecnológicas assumem um papel estrutural de extrema importância. Nesse cenário,

destaca-se a competição EletroQuad, promovida pela SAE BRASIL, que desafia estudantes universitários a conceber, projetar e construir drones autônomos de alta performance para cumprir missões específicas em voo (SAE BRASIL, 2025). A participação de equipes acadêmicas neste evento estimula diretamente a resolução de problemas complexos envolvendo a arquitetura do projeto, a montagem estrutural, e a integração de sistemas mecânicos e eletrônicos de quadricópteros. Ao simular os desafios práticos vivenciados pela indústria, a competição prepara os futuros engenheiros para os rigorosos padrões do mercado e fomenta a pesquisa aplicada, consolidando o ambiente universitário como um polo ativo de geração de inovação no setor aeroespacial.

Do ponto de vista da engenharia aeronáutica, o desenvolvimento de um drone quadricóptero envolve avaliar a adequação do frame e do conjunto motor-hélice em relação ao peso total da aeronave, à distribuição de massa e ao envelope de voo esperado para as missões da competição.

Já do ponto de vista da engenharia elétrica, é necessário dimensionar a capacidade da bateria, a distribuição de potência entre motores e demais módulos embarcados, além de garantir a integridade dos enlaces de comunicação e dos circuitos de segurança do sistema.

Este artigo aborda exclusivamente a camada física (eletromecânica) do sistema, a arquitetura de hardware e sua integração no drone utilizado na competição EletroQuad SAE Brasil e desenvolvido pela equipe de drones autônomos Thunderquad da Universidade do Vale do Paraíba (Univap).

Metodologia

Como equipe estreante na Competição EletroQuad SAE Brasil, o projeto exigiu a superação de desafios técnicos significativos referentes à integração de hardware. O principal requisito de missão do multirrotor consistia na capacidade de analisar imagens recebidas por uma câmera embarcada e, a partir delas, tomar decisões autônomas de navegação em tempo real.

Para viabilizar essas operações e atender rigorosamente ao regulamento da competição (SAE BRASIL, 2026), a montagem da aeronave baseou-se na seleção de componentes de prateleira (*Commercial Off-The-Shelf* - COTS) compatíveis e confiáveis. A estrutura física foi fundamentada em um chassi (*frame*) classe S500. O sistema propulsivo dimensionado contou com quatro motores *brushless* operando na faixa entre 700 e 1500 kV juntamente com os seus respectivos controladores eletrônicos de velocidade (ESCs) de 30A. Aos motores foram acopladas as hélices com diâmetros de 8 a 12 polegadas. A alimentação de todo o sistema foi provida por uma bateria 3S 12V de 2200 mAh com capacidade e taxa de descarga (C-rating) compatíveis com o consumo máximo do sistema de propulsão. O controle e estabilização do voo foram atribuídos a uma controladora de voo Cube Orange, plenamente compatível com o software de controle ArduPilot e o módulo GPS Here 2 embarcado para obter as informações de localização do drone. Visando o atendimento aos critérios de inspeção de segurança da competição, o drone foi equipado com um voltímetro para a indicação visual da tensão da bateria, além de um sistema de energização e desenergização (Arm-Plug) fisicamente acessível no chassi.

Devido à complexidade do processamento autônomo, a arquitetura de comunicação e controle precisou ser distribuída. Empregou-se um enlace de telemetria de radiofrequência dedicado entre a controladora de voo da aeronave (Cube Orange) e a estação de controle de solo (*Ground Control Station* - GCS) para o tráfego restrito de dados de voo e parâmetros da controladora. Paralelamente, estabeleceu-se uma comunicação via rede Wi-Fi dedicada para interligar o computador de bordo, um microcomputador Raspberry Pi 3 model B, ao computador da estação de solo.

Essa topologia de rede foi adotada como uma solução de engenharia para contornar restrições de *hardware*. Identificou-se que o Raspberry Pi 3 model B não possuía poder de processamento computacional suficiente para executar, de forma puramente embarcada, a captura de vídeo, a inferência de visão computacional e o planejamento de trajetória de forma simultânea e fluida. Como contramedida, o Raspberry Pi 3 model B foi encarregado primariamente de captar as imagens por meio do sensor de percepção (câmera monocular) e transmiti-las via Wi-Fi para o computador de solo. Na estação base, um *script* desenvolvido em linguagem Python foi utilizado para processar os dados visuais e rodar a lógica de tomada de decisão, enviando os comandos de navegação de volta para a aeronave em tempo real.

Por fim, cabe delimitar que os procedimentos descritos nesta metodologia se restringem à arquitetura física (hardware), sendo o desenvolvimento de algoritmos, *firmwares* de missão e a lógica matemática de processamento de imagem, temas tratados detalhadamente em um artigo complementar de software desenvolvido pela equipe.

Resultados

A Tabela 1 sintetiza os principais componentes de hardware identificados na aeronave e sua função dentro da arquitetura física do sistema.

Tabela 1 – Listagem dos componentes de hardware do drone.

Componente	Identificação	Função no sistema	Situação frente ao regulamento
Frame	Classe S500, braços vazados, trem de pouso tubular	Estrutura mecânica da aeronave	Compatível com exigência de frame classe S500
Motores	ReadyToSky RS2212-920KV (4 unidades)	Propulsão e geração de empuxo	Atende à faixa exigida de 700 a 1500 kV
Controladora de voo	Cube Orange+	Estabilização, failsafe e interface com atuadores	Compatível com PX4/ArduPilot
Receptor RC	FrSky D8R-II Plus ACCST 2,4 GHz	Redundância manual de comando	Aceitável como redundância
Telemetria	Módulo Air 915 MHz	Comunicação com a estação de solo	Atende à exigência de link de telemetria
Rádio controle	Skydroid	Operação manual e testes de bancada	Aceitável como redundância
Bateria	LiPo 4S (capacidade a confirmar)	Alimentação elétrica do sistema	Atende à exigência de bateria
Carregador	ToolkitRC M8D	Carga e balanceamento das células	Equipamento de apoio em solo
Hélices	Conjunto visível, 8–12 pol. (estimado)	Conversão de torque em empuxo	Dimensão exata a confirmar
ESCs	30A (instalados no frame)	Controle eletrônico dos motores	Modelo compatível informado
GPS/Bússola	Here2	Posicionamento e navegação	Compatível — informado e confirmado
Sensores de percepção	Módulo Câmera para Raspberry Pi 5MP	Percepção física do ambiente (hardware)	Permitido pelo regulamento; integração ao chassi em andamento

Fonte: Elaborada pelos autores.

A arquitetura física resultante separa claramente três grupos funcionais de hardware: (i) o grupo de potência e propulsão, formado pela bateria 4S, pelo conjunto de ESCs e pelos quatro motores RS2212-920KV; (ii) o grupo de controle e comunicação, centrado na controladora Cube Orange+, no módulo de telemetria de 915 MHz e no receptor FrSky associado ao rádio Skydroid como camada de redundância manual; e (iii) o grupo de percepção física, composto pela câmera monocular e pelo sensor ultrassônico, que fora implementado posteriormente como redundância para a distância do solo. Essa separação física reduz a probabilidade de interferência entre os subsistemas críticos de voo e os subsistemas de percepção, e facilita a inspeção técnica individual de cada módulo, conforme pode ser visualizado na Figura 1, que apresenta a fotografia do drone totalmente montado.

Figura 1 – Visão geral do drone montado



Fonte: Elaborada pelos autores.

A despeito das restrições de equipamentos e do cronograma exíguo de desenvolvimento, os ensaios práticos demonstraram que o multirrotor desenvolvido superou as expectativas iniciais do projeto. A plataforma de hardware mostrou-se robusta o suficiente para garantir a operação da aeronave em duas das três missões oficiais da Competição EletroQuad SAE Brasil.

Embora o protótipo não tenha completado a totalidade das etapas previstas no regulamento, o sistema integrado obteve êxito em seus objetivos mais críticos. A aeronave foi capaz de realizar a decolagem com estabilidade, analisar o ambiente da arena em tempo real e identificar com precisão as formas geométricas que delimitavam as zonas de pouso. A partir dessa detecção visual processada pela arquitetura de rede estabelecida, o drone executou a manobra de pouso automático com sucesso.

Dessa forma, conclui-se que as escolhas de dimensionamento e a topologia de comunicação adotadas validaram-se na prática. O desempenho da aeronave em ambiente de competição comprovou que, mesmo diante de limitações técnicas e de infraestrutura, foi possível desenvolver uma base de *hardware* confiável e funcional, estabelecendo um alicerce tecnológico promissor para o aprimoramento da equipe nas futuras edições do evento.

Figura 2 – Registro do drone em voo acompanhado por toda a equipe ThunderQuad.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Discussão

A escolha da controladora Cube Orange+ (CubePilot, 2026) como núcleo do controle de voo se justifica, do ponto de vista de hardware, pela robustez de sua eletrônica embarcada para aplicações aeronáuticas, pela compatibilidade nativa com firmwares consolidados (PX4/ArduPilot) (ArduPilot Dev Team, 2026) e pela disponibilidade de rotinas de segurança implementadas diretamente no hardware do piloto automático, como failsafe por perda de sinal e limitação de altitude. Manter essas funções críticas concentradas em uma controladora dedicada, fisicamente isolada do computador de bordo de propósito geral, é uma decisão de arquitetura que privilegia a previsibilidade e a auditabilidade do sistema de voo, aspectos especialmente valorizados em uma banca avaliadora de competição.

Os motores ReadyToSky RS2212-920KV e o frame classe S500 formam um conjunto propulsivo coerente com a faixa de peso típica dessa classe de aeronave (Quan, 2017), compatível com hélices de 8 a 12 polegadas e suficiente para sustentar a carga elétrica adicional imposta pelos módulos de telemetria e pelos sensores de percepção. A respeito da comunicação, destaca-se o uso de uma rede Wifi destinada a comunicação entre o computador de bordo conectado a camera e o computador de solo, sendo essa uma solução prática para o problema de capacidade de processamento do

Raspberry Pi 3 model B implementado. Visto que o voo autônomo pode apresentar falhas, o receptor FrSky/rádio Skydroid preserva uma camada de contingência manual, permitindo abortar manobras ou assumir o comando da aeronave sem comprometer a integridade da cadeia de segurança embarcada.

Do ponto de vista construtivo, alguns pontos ainda demandam consolidação para que o sistema físico seja altamente eficiente. Como a fixação da eletrônica de telemetria e a organização geral da fiação, sem exigir alterações estruturais de maior porte.

Conclusão

Com base no hardware efetivamente identificado, conclui-se que a arquitetura física da aeronave da Equipe ThunderQuad atende ao objetivo proposto neste trabalho: compatibilizar frame, sistema propulsivo, controladora de voo e enlaces de comunicação dentro de uma base estrutural coerente e funcional, alinhada à filosofia de segurança e desempenho exigida pela Competição EletroQuad SAE Brasil 2026. A combinação entre frame classe S500, motores ReadyToSky RS2212-920KV, controladora Cube Orange+, Computador de bordo Raspberry Pi 3 model B equipado com câmera, telemetria em 915 MHz e redundância manual por rádio e receptor demonstra que decisões de engenharia aeronáutica e elétrica bem integradas resultam em uma plataforma fisicamente robusta e replicável e funcional para esse tipo de competição. Essa arquitetura de hardware consolidada serve como base física para as etapas de percepção e tomada de decisão da aeronave, cuja lógica de processamento e algoritmos de missão serão detalhados em trabalho complementar da equipe.

Referências

- **ARDUPILOT DEV TEAM.** ArduPilot Documentation. 2026. Disponível em: https://ardupilot.org/. Acesso em: 5 ago. 2026.
- **BEIRÃO, A. P.** O VANT como plataforma de armas à luz do Direito Internacional. Monografia (Curso Superior) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2021.
- **CUBEPILOT.** The Cube Module Overview. 2026. Disponível em: https://docs.cubepilot.org/user-guides/autopilot/the-cube-module-overview. Acesso em: 28 set. 2026.
- **GUEDES, J. V. F. et al.** Performance of Sensors Embedded in UAVs for the Analysis and Identification of Pathologies in Building Façades. Buildings, v. 15, n. 6, art. 875, 2025. DOI: 10.3390/buildings15060875.
- **QUAN, Q.** Introduction to Multicopter Design and Control. Singapore: Springer, 2017. DOI: 10.1007/978-981-10-3382-7.
- **SAE BRASIL.** Competição EletroQuad SAE BRASIL – Eletrobras 2025: regulamento da competição. Rev. 2.0. São Paulo: SAE BRASIL, 2025. Disponível em: https://arquivos.saebrasil.org.br/2025/EletroQuad/RegulamentoEletroQuadSAEBRASIL-Eletrobras2025_Rev2.0.pdf. Acesso em: 28 set. 2026.
- **SAE BRASIL.** Competição EletroQuad SAE BRASIL – AXIA Energia 2026: regulamento da competição. Rev. 2.2. São Paulo: SAE BRASIL, 2026. Disponível em: https://arquivos.saebrasil.org.br/2026/EletroQuad/Regulamento_EletroQuad_2026_portugues_rev2.2.pdf. Acesso em: 28 set. 2026.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo (FEAU) da Universidade do Vale do Paraíba (Univap) pelo apoio estrutural e institucional oferecido ao desenvolvimento do projeto, e a todos os integrantes da Equipe ThunderQuad envolvidos nas etapas de montagem, instrumentação e testes da aeronave.