

DESENVOLVIMENTO DE DRONES: UMA ABORDAGEM BASEADA NA PLATAFORMA ARDUINO

DESARROLLO DE DRONES: UN ENFOQUE BASADO EN ARDUINO

DRONE DEVELOPMENT: AN ARDUINO-BASED APPROACH

Apresentação: Comunicação Oral

Jonatas Júnior Coelho de França¹, Regynaldo Ramos de Andrade², Romário Henrique Ferreira de Freitas³, Erick Viana da Silva⁴ e Arquimedes Paschoal⁵

RESUMO

O desenvolvimento de veículos aéreos não tripulados (VANTs), comumente denominados drones, consolidou-se como uma das mais relevantes inovações tecnológicas contemporâneas. Embora frequentemente associado à modernidade, o conceito remonta ao século XIX, quando, em 1849, a Áustria utilizou balões carregados com explosivos para atacar Veneza — um dos primeiros registros históricos de veículos aéreos não tripulados. Desde então, o avanço tecnológico tem permitido a aplicação desses sistemas em múltiplos contextos civis, científicos, industriais e militares. Atualmente, os drones são empregados em monitoramento ambiental, entregas autônomas, inspeções estruturais, mapeamento geográfico, agricultura de precisão, filmagens, segurança pública e operações de busca e resgate. Estima-se que o mercado global de drones ultrapasse 67 bilhões de dólares até 2029, de acordo com relatório da Mordor Intelligence. Esse crescimento decorre da convergência de áreas como eletrônica, mecânica, automação e ciência da computação, que proporcionam o desenvolvimento de sistemas embarcados cada vez mais eficientes e acessíveis. Este estudo tem como objetivo analisar e demonstrar o processo de desenvolvimento de um protótipo de drone utilizando a plataforma Arduino, reconhecendo suas limitações técnicas, mas destacando sua relevância pedagógica e experimental no contexto de instituições de ensino técnico. A escolha pela plataforma Arduino justifica-se pela ampla disponibilidade de recursos didáticos, acessibilidade econômica, compatibilidade com sensores diversos e potencial de aprendizado prático em prototipagem eletrônica e controle de sistemas.

Palavras-Chave: Drone, VANT, Rádio Controle, Prototipação, Impressão 3D

RESUMEN

El desarrollo de vehículos aéreos no tripulados (VANT), comúnmente conocidos como drones, se ha consolidado como una de las innovaciones tecnológicas contemporáneas más relevantes. Aunque a menudo se asocia con la modernidad, el concepto se remonta al siglo XIX, cuando en 1849 Austria utilizó globos cargados de explosivos para atacar Venecia, uno de los primeros registros históricos de vehículos aéreos no tripulados. Desde entonces, los avances tecnológicos han permitido la aplicación

¹ Aluno do Curso Técnico em Eletrônica, Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Recife. E-mail: jonatas.franca@institutoidv.org.

² Aluno do Curso Técnico em Eletrônica, Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Recife. E-mail: regynaldo.ramos@institutoidv.org.

³ Aluno do Curso Técnico em Eletrônica, Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Recife. E-mail: romario.henrique@institutoidv.org.

⁴ Professor do Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Recife. E-mail: erick.viana@recife.edu.br.

⁵ Professor do Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Recife. E-mail: arquimedes.paschoal@recife.edu.br.

de estos sistemas en múltiples contextos civiles, científicos, industriales y militares. Actualmente, los drones se utilizan en la monitorización ambiental, entregas autónomas, inspecciones estructurales, cartografía geográfica, agricultura de precisión, filmación, seguridad pública y operaciones de búsqueda y rescate. Se estima que el mercado mundial de drones superará los 67 000 millones de dólares para 2029, según un informe de Mordor Intelligence. Este crecimiento se debe a la convergencia de campos como la electrónica, la mecánica, la automatización y la informática, que permiten el desarrollo de sistemas integrados cada vez más eficientes y asequibles. Este estudio busca analizar y demostrar el proceso de desarrollo de un prototipo de dron utilizando la plataforma Arduino, reconociendo sus limitaciones técnicas, pero destacando su relevancia pedagógica y experimental en el contexto de las instituciones de educación técnica. La elección de la plataforma Arduino se justifica por su amplia disponibilidad de recursos educativos, su asequibilidad, su compatibilidad con diversos sensores y su potencial para el aprendizaje práctico en prototipado electrónico y control de sistemas.

Palabras Clave: Drones, UAV, radiocontrol, prototipado, impresión 3D

ABSTRACT

The development of unmanned aerial vehicles (UAVs), commonly referred to as drones, has established itself as one of the most relevant contemporary technological innovations. Although often associated with modernity, the concept dates back to the 19th century, when, in 1849, Austria used explosive-laden balloons to attack Venice—one of the first historical records of unmanned aerial vehicles. Since then, technological advancements have enabled the application of these systems in multiple civil, scientific, industrial, and military contexts. Currently, drones are used in environmental monitoring, autonomous deliveries, structural inspections, geographic mapping, precision agriculture, filming, public safety, and search and rescue operations. The global drone market is estimated to exceed \$67 billion by 2029, according to a report by Mordor Intelligence. This growth stems from the convergence of fields such as electronics, mechanics, automation, and computer science, which enable the development of increasingly efficient and affordable embedded systems. The objective of this article is to analyze the possibility of developing a drone using the Arduino prototyping platform, although we recognize that this platform is not the most suitable for developing a drone due to its relatively limited resources. Even so, several factors influenced the choice of this platform, including: a) Students' knowledge of the Arduino platform and the availability of libraries for communication with sensors; b) Material availability; c) Allow learning how to print parts using a 3D printer; d) Development of knowledge related to Printed Circuit Board Design using CAD; e) Expansion of advanced knowledge in Programming; f) Possibility of working with concepts of PID Control Systems. This study aims to analyze and demonstrate the development process of a drone prototype using the Arduino platform, acknowledging its technical limitations but highlighting its pedagogical and experimental relevance in the context of technical education institutions. The choice of the Arduino platform is justified by its wide availability of educational resources, affordability, compatibility with various sensors, and potential for hands-on learning in electronic prototyping and systems control.

Key Words: UAV, Radio Control, Prototyping, 3D Printing

INTRODUÇÃO

O sistema proposto baseia-se em princípios fundamentais de eletrônica analógica e digital, microcontroladores, programação embarcada e controle PID (Proporcional–Integral–Derivativo). O Arduino Pro-Mini foi selecionado por apresentar dimensões reduzidas,

operação a 5V e arquitetura baseada no microcontrolador ATmega328P, que oferece 32 kB de memória flash e 16 portas digitais de entrada/saída. A comunicação serial é realizada por meio do conversor FTDI232, o que viabiliza a programação e o teste de firmware sem a necessidade de gravadores complexos. Os principais sensores empregados incluem o módulo MPU-6050 (Unidade de Medição Inercial – IMU), responsável por fornecer dados de aceleração e rotação angular em seis eixos, e o módulo GPS Neo-6M, utilizado para geolocalização e medição de altitude. A integração dos sensores ocorre via protocolo I2C e UART, respectivamente, com o processamento de dados realizado pelo microcontrolador. O controle de estabilidade do voo é obtido por meio da implementação de um controlador PID, ajustando dinamicamente os ganhos de resposta conforme os parâmetros do sistema.

O desenvolvimento de Drones dentro de uma instituição de ensino técnico sem dúvida alguma representa um dos momentos mais importantes na vida de um estudante que, na maioria das vezes, não consegue ligar a teoria das aulas com sua utilização prática. Neste sentido, este trabalho consolida os conhecimentos teóricos de disciplinas como: linguagens de Programação; Sistemas de Controle; Eletrônica Analógica; Sistemas Embarcados; Prototipação de Sistemas Eletrônicos e Manufatura Aditiva.

Inicialmente, pensou-se em usar um processador mais robusto da Família ARM-Cortex. Todavia, para esta plataforma seria necessário adquirir um kit de programação deste microcontrolador (incluindo o programador e o próprio microcontrolador) e treinar os estudantes, uma vez que eles não tiveram contato com esta plataforma durante sua formação. Por outro lado, a proposta aqui apresentada (baseada em Arduino) além de ser conhecida pelos estudantes, encontra-se disponível no Laboratório do Programa Despertando Vocações (PDV). A opção escolhida foi o desenvolvimento de um Quadricóptero com o Frame (Quadro) sendo impresso em impressora 3D com filamento ABS.

Basicamente, os Drones são compostos pelas seguintes unidades funcionais:

- a) **Controlador de Voo:** Realiza o controle do voo a partir de informações recebidas de sensores (GPS, Acelerômetro/Giroscópio, Magnetômetro, Temperatura/Umididade, etc) e atua sobre os motores (Foram escolhidos motores sem escovas por serem mais adequados e sua disponibilidade no PDV) por meio

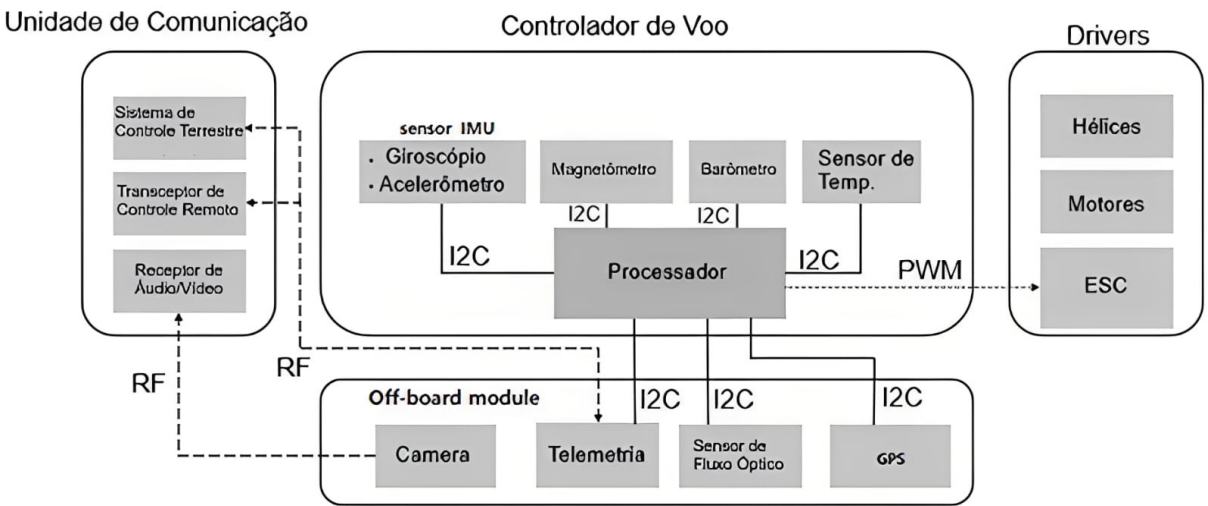
de controladores eletrônicos de velocidade (ESC, do inglês *Electronic Speed Controller*), comunicando-se com a estação-base por meio de ondas de rádio na banda ISM (2.4GHz), dentre outras possibilidades.

- b) **Unidade de Comunicação (GCS):** O GCS não deve ser confundido com o rádio controle de um Drone. Em verdade, o GCS é um sistema completo que envolve também o rádio controle; mas que inclui outros componentes tais como um computador equipado com um programa de monitoramento. Não foi desenvolvido neste projeto.
- c) **Motores:** Podem ser com escovas ou sem escovas. Normalmente, usamos motores sem escova devido a sua maior eficiência, durabilidade, além da possibilidade de se obter mais potência e torque. Foram usados motores sem escovas de 1400 RPM por volt (Modelo A2212).
- d) **Hélices (Propulsores):** São responsáveis pela movimentação do Drone e variam de tamanho de acordo com as dimensões do Drone e a Carga. Em um quadricóptero deve-se ter duas hélice CW (giram no sentido dos ponteiros do relógio) e duas CCW (giram no sentido contrário dos ponteiros do relógio). De uma maneira geral, as hélices podem ser de duas pás, de três pás, dobráveis, feitas de carbono ou hélices silenciosas.
- e) **Controlador Eletrônico de Velocidade (ESC):** São circuitos eletrônicos que controlam a rotação dos motores do Drone, podendo fornecer uma corrente relativamente alta aos motores (40A, por exemplo).
- f) **Bateria:** Atualmente as baterias mais usadas em Drones são as baterias LiPo (Polímero de Lítio). Estas baterias requerem um carregamento muito equilibrado de modo a carregar cada célula da bateria com a mesma tensão. Por exemplo, em uma bateria LiPo de 3 células de 3,7V (cada célula), temos uma tensão total 11,1V. Assim, durante o processo de carga, faz-se necessário um monitoramento individual de cada célula. Existem carregadores que realizam o carregamento destas baterias de forma equilibrada, ou seja, tentam garantir que não exista muita diferença entre as células que compõem a bateria.

Abaixo ilustramos em Diagrama de Blocos a estrutura básica de um Sistema de Navegação Não-Tripulados que inclui o Drone e o Sistema de Navegação Terrestre (GCS, do inglês *Ground Control System*). O GCS corresponde a um sistema complexo que inclui

computador com programa para planejamento de missões, visualização de dados em tempo real, dentre outras funcionalidades. No Drone desenvolvido neste projeto não implementamos nem o Sistema de Controle Terrestre nem o Receptor de Áudio e Vídeo que aparecem nesta ilustração apresentada em (KIM, 2022).

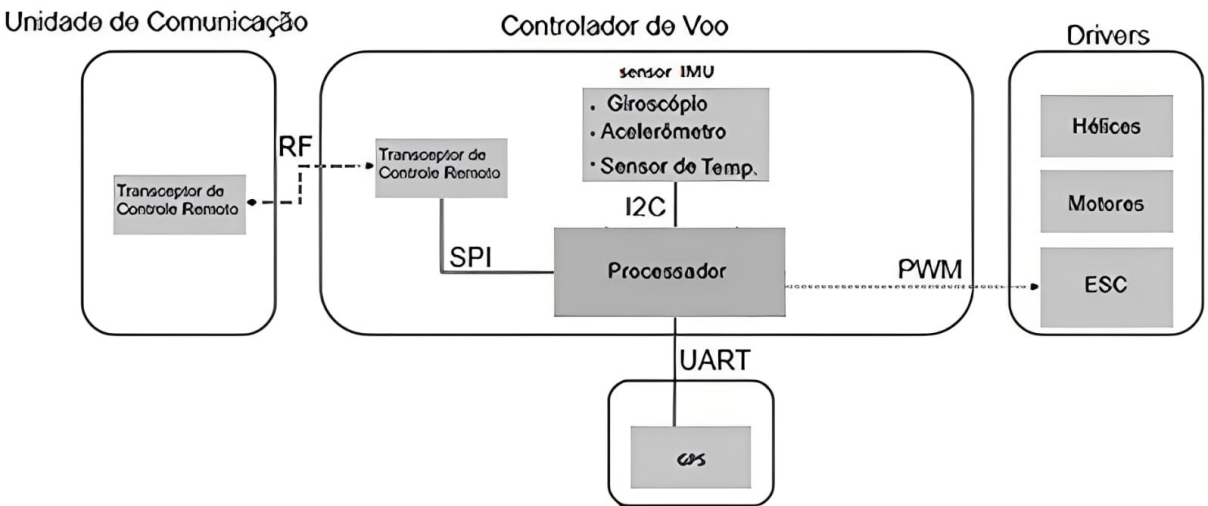
Figura 01: Diagrama em Blocos de Sistema de Navegação Não-Tripulada



Fonte: (KIM, 2022)

A Figura 02 abaixo ilustra o sistema que foi implementado neste projeto.

Figura 02: Sistema de Navegação Zephyrus



Fonte: Adaptado de (KIM, 2022)

A tarefa foi dividida nas seguintes etapas:

- a) Revisão Bibliográfica de projetos de Drones usando a plataforma Arduino.
- b) Estudo das Normas Brasileiras sobre o uso de Drones.
- c) Estudo das partes componentes do Drone com apresentação de slides: Microcontroladores, Motores sem Escovas, Hélices, Sensor IMU, Sensor GPS, Baterias.
- d) Projeto das Placas de Circuito Impresso: Controlador de Voo, Distribuidor de Alimentação e Rádio Controle – Treinamento em CAD EasyEDA.
- e) Aquisição de componentes e soldagem nas Placas de Circuito Impresso – Treinamento em soldagem PTH/SMD.
- f) Montagem do Drone no Frame (Quadro).
- g) Estudo de código desenvolvido por terceiros para uma solução similar.
- h) Programação dos Microcontroladores Arduino Pro-Mini: Controlador de Voo e Rádio Controle – Incluindo o Controlador PID (**Proporcional-Integral-Derivativo**).
- i) Testes de Laboratório
 - a. Teste 1: Programação dos Arduinos Pro-Mini
 - b. Teste 2: Controle do Motor sem escovas
 - c. Teste 3: Leitura de IMU 6050
 - d. Teste 4: Leitura de GPS
 - e. Teste 5: Movimentos do Drone: Yaw, Roll, Pitch

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Arduino é disponibilizado em diversas em diversas plataformas; dentre as quais podemos enumerar:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| a) Arduino UNO | d) Arduino MEGA |
| b) Arduino Leonardo | e) Arduino Due |
| c) Arduino Nano | f) Arduino Pro-Mini |

A plataforma escolhida foi a Arduino Pro-Mini por ser uma plataforma minimalista, ideal quando o espaço físico disponível precisa ser minimizado. A grande dificuldade



encontrada com esta plataforma é a necessidade de um gravador externo para se fazer o *upload* do programa. Abaixo ilustramos o Arduino Pro-Mini.

Figura 03: Arduino Pro-Mini



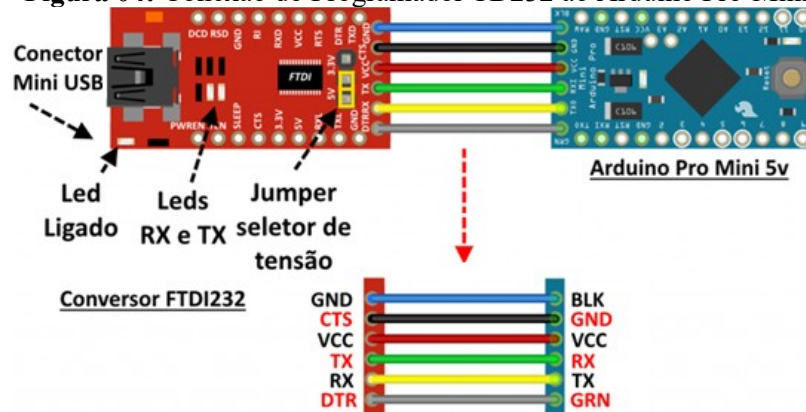
Fonte: Internet

Esta plataforma possui as seguintes características operacionais:

- a) Tensão de Operação: 5V
- b) Tensão de Alimentação: 5-12V
- c) Velocidade de Clock: 16MHz
- d) Microcontrolador: ATmega328P
- e) Portas Digitais E/S: 16 (6 PWM)
- f) Portas Analógicas: 8
- g) Corrente DC por pino de E/S: 40mA
- h) Memória Flash: 32kB (2kB para Bootloader)
- i) Memória RAM estática (SRAM): 1kB
- j) Memória EEPROM: 1kB

A programação do Arduino Pro-Mini se faz por meio de um conversor USB/TTL, tal como o Conversor FTDI232, conforme mostrado abaixo.

Figura 04: Conexão do Programador TD232 ao Arduino Pro-Mini



Fonte: arduinoecia.com.br

Foram escolhidos os seguintes sensores:

- a) **Sensor IMU (Unidade de Medição Inercial):** Contendo acelerômetro, giroscópio e sensor de temperatura (interna). Adotou-se aqui o MPU-6050 por possuir 6 eixos integrados em um único chip. O objetivo deste sensor é determinar a posição, orientação e o movimento sem necessidade de referências externas (GPS).

O acelerômetro ficará responsável pela medição de movimentação nos eixos x, y e z do sistema de coordenadas espacial, enquanto que o giroscópio será o responsável por medir os ângulos de giro em um sistema de coordenadas espaciais independentes. Por esta razão, diz-se que o MPU-6050 possui 6 graus de liberdade (6DOF). Além do Acelerômetro e do Giroscópio, o MPU-6050 também possui um sensor de temperatura embutido no mesmo encapsulamento que mede a **temperatura interna** do dispositivo. Estas informações são repassadas a um Microcontrolador ou Microprocessador por meio de comunicação I2C (SDA/SCL). Abaixo ilustramos o MPU-6050.

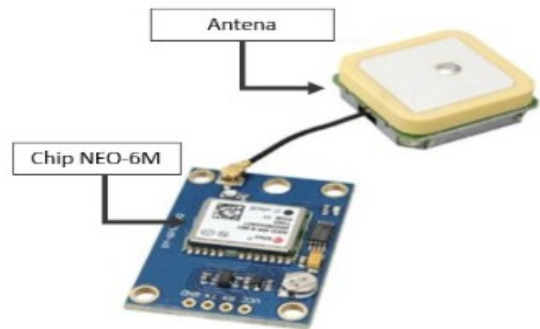
Figura 05: MPU-6050 – Comunicação I2C



Fonte: Internet

- b) **Sensor GPS Neo-6M (desenvolvido pela U-Blox):** Medição precisa de latitude, longitude e altitude, além de velocidade, direção, data e hora. Este sensor opera a 3,3V. Isto requer um cuidado especial no uso com o Arduino Pro-Mini que opera a 5V. A maior limitação deste GPS é sua precisão de cerca de 2,5m. O Neo-6M recebe sinal de até 22 satélites – o que lhe confere uma cobertura global confiável. Abaixo ilustramos o Neo-6M.

Figura 06: Neo-6M (desenvolvido pela U-Blox)



Fonte: Internet

A comunicação do Neo-6M com o Controlador de Voo é feita via canal de comunicação serial UART. Pensou-se em adquirir um módulo GPS com comunicação I2C, mas como este módulo estava disponível, a aquisição foi dispensada.

A biblioteca **TinyGPS++** usada no controle deste módulo GPS possui muitas funções implementadas, dentre as quais podemos destacar as seguintes:

Tabela 01: Funções implementadas no Neo-6M

Função	Descrição
gps.date.value()	Data atual no formato dd/mm/aaaa
gps.time.value()	Hora atual no formato: hh:mm:ss
gps.speed.value()	Velocidade atual do Dispositivo
gps.course.value()	Direção do Movimento: N/S/E/W
gps.altitude.value()	Altitude atual medida ao nível do mar
gps.satellites.value()	Número de satélites visíveis no momento
gps.location.lat()	Obtenção da Latitude
gps.location.lng()	Obtenção da Longitude
gps.speed.mps()	Velocidade atual em m/s
gps.altitude.meters()	Altitude em metros
gps.altitude.kilometers()	Altitude em km
gps.hdop.value()	Precisão horizontal

Fonte: Datasheet do Neo-6M

Exemplo de Código (Eletrogate)

```
#define GPS_RX 4           //Porta RX
#define GPS_TX 3           //Porta TX
#define GPS_Serial_Baud 9600 //Velocidade da UART
#include <SoftwareSerial.h> //Biblioteca Serial (UART)
#include <TinyGPS.h>        //Biblioteca GPS

TinyGPS gps;               //Cria objeto GPS
SoftwareSerial gpsSerial(GPS_RX, GPS_TX); //Define porta UART

void setup()               //Configurações
{
    Serial.begin(GPS_Serial_Baud); //Inicia Serial em 9600 Baud
    gpsSerial.begin(GPS_Serial_Baud); //Inicial porta do GPS
}

void loop()                //Laço principal
{
    bool newData = false;
    unsigned long chars;
    // Por um segundo, analisamos os dados do GPS e relatamos alguns valores-chave
    for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;) //Após 1s
    {
        while (gpsSerial.available()) //Chegou dados do GPS?
        {
            //Sim
            char c = gpsSerial.read(); //Leia os dados
            // Serial.write(c);        //apague o comentario para mostrar os dados crus
            if (gps.encode(c))         // Atribui true para newData se novos dados sejam recebidos
                newData = true;
        }
    }
    if (newData)               //Se novos dados...
    {
        float flat, flon;      //Variáveis locais
        unsigned long age;
```



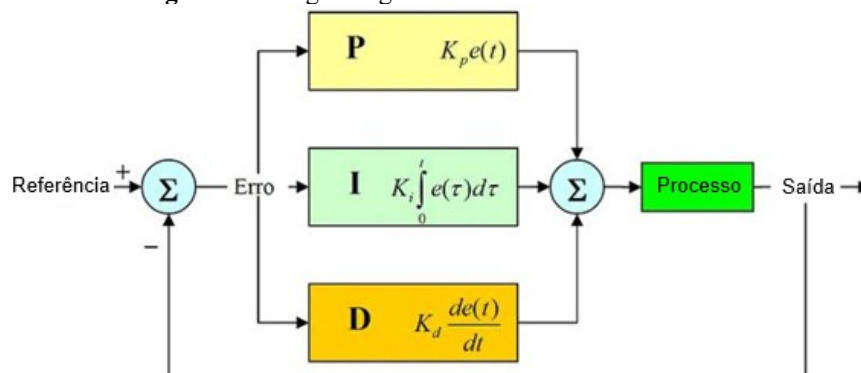
```

gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);    //Obtém dados
Serial.print("LAT=");                      //Escreve na serial: "LAT="
Serial.print(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flat, 6);//Dados
Serial.print(" LON=");                    //Escreve na Serial: " LON="
Serial.print(flou == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flon, 6);//Dados
Serial.print(" SAT=");                    //Escreve na Serial: " SAT="
Serial.print(gps.satellites()==TinyGPS::GPS_INVALID_SATELLITES?0 : gps.satellites());//Dados
Serial.print(" PREC=");//Escreve na serial: " PREC="
Serial.print(gps.hdop() == TinyGPS::GPS_INVALID_HDOP ? 0 : gps.hdop());//Dados
Serial.println();//Pula 1 linha
Serial.println();
}
}

```

Os dados fornecidos pelo MPU-6050 são utilizados pelo Controlador de Voo no ajuste dos ganhos do controlador PID (Controlador Proporcional-Integral-Derivativo) de modo a manter a estabilidade do voo. Na figura abaixo ilustramos um diagrama genérico de um Controlador PID.

Figura 07: Diagrama genérico de um Controlador PID



Fonte: <https://delta-electronics.com.br/topicos/07-controlador-pid-copy/>

Os valores de referência são obtidos a partir do MPU-6050. Por meio da realimentação negativa o erro de posicionamento vai sendo ajustado, alterando-se as constantes K_p , K_d e K_i (controladores Proporcional, Derivativo e Integral, respectivamente) de modo a minimizar este erro até que o Drone encontre-se na posição/ângulo desejado (Valor de Referência) ou dentro de uma faixa cujo erro seja aceitável.

A comunicação com o rádio controle é feita usando-se um transceiver (transceptor) que opera na banda ISM 2,4GHz com alcance de 1km. Abaixo ilustramos este módulo.

Figura 08: Transceptor nRF24L01 com antena para alcance de 1 km



Fonte: Internet

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter experimental. Adotou-se uma metodologia baseada em procedimentos operacionais de desenvolvimento e prototipação, contemplando as seguintes etapas: (1) revisão bibliográfica sobre projetos de drones com Arduino; (2) estudo das normas brasileiras para operação de VANTs; (3) modelagem do sistema de controle e dos circuitos eletrônicos; (4) desenvolvimento das placas de circuito impresso (PCIs) no software EasyEDA; (5) aquisição e montagem dos componentes; (6) programação dos microcontroladores e integração dos sensores; e (7) realização de testes laboratoriais de funcionamento e estabilidade do sistema. Durante o processo experimental, foram conduzidos testes de leitura e calibração dos sensores MPU-6050 e GPS Neo-6M, controle de motores brushless via controladores eletrônicos de velocidade (ESCs), e validação dos movimentos básicos de um quadricóptero — yaw, roll e pitch. Os testes foram realizados no Laboratório do Programa Despertando Vocações (PDV), utilizando estrutura impressa em 3D com filamento ABS e hélices balanceadas magneticamente.

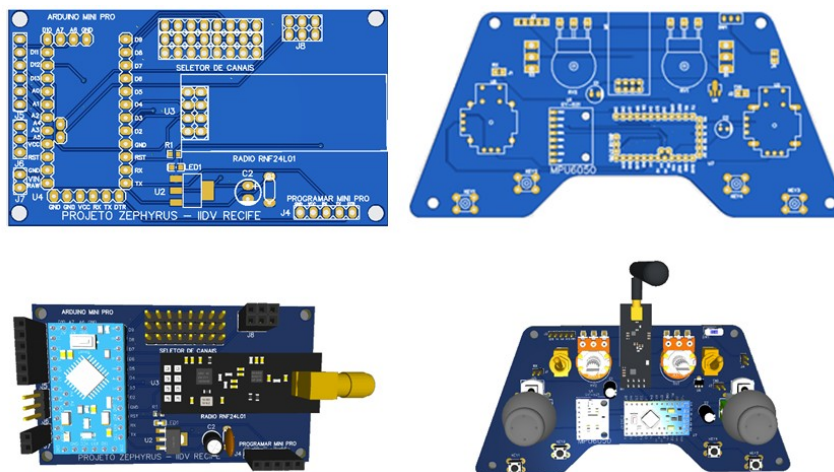
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do protótipo denominado Zephyrus resultou em um sistema funcional de baixo custo, demonstrando a viabilidade do uso da plataforma Arduino em projetos de drones didáticos. O projeto permitiu consolidar conhecimentos teóricos e aplicá-los de forma prática, promovendo o aprendizado experiencial dos estudantes em temas como eletrônica embarcada,

manufatura aditiva e controle de sistemas. As placas de circuito impresso desenvolvidas (controlador de voo, distribuidor de alimentação e módulo de rádio) foram projetadas e testadas com sucesso, assegurando a correta distribuição de energia e a comunicação entre os módulos.

O custo estimado de montagem do protótipo foi de aproximadamente R\$ 1.046,00, abrangendo estrutura, motores, sensores, baterias, módulos de comunicação e componentes eletrônicos. Considerando que o modelo desenvolvido não é um mini-drone, mas um quadricóptero de médio porte (450 mm entre eixos e peso de decolagem de até 1,2 kg), o custo final é compatível com projetos educacionais de engenharia aplicada. Zephyrus tem sido um divisor de águas, inclusive ajudando os estudantes a terem certeza de qual curso superior escolher. Abaixo ilustramos as Placas de Circuito Impresso que foram desenvolvidas pelo Time do Zephyrus. É importante ressaltar que partimos de algo feito por outras pessoas, experimentamos o sucesso dos outros, depois compreendendo a situação fomos personalizando nossa solução: Isto chamamos de aprender fazendo com quem sabe!

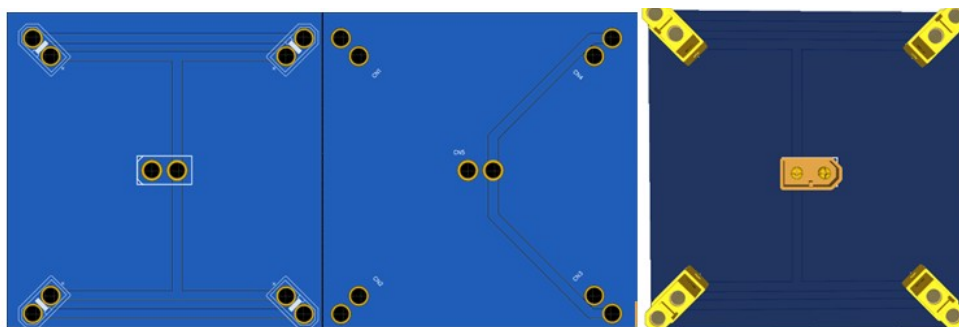
Figura 09: Controlador de Voo e Rádio (PCI e 3D)



Fonte: Própria

A distribuição da alimentação da bateria entre os quatro motores do Zephyrus exigiu o desenvolvimento de uma PCI responsável por conectar cada Controlador ESC à bateria do Zephyrus.

Figura 10: Distribuidor de Alimentação (Baterias): Top/Bottom e 3D



Fonte: Própria

Figura 11: Frame Quadricoptero Drone F450 em Fibra de Vidro



Fonte: Própria

Figura 12: Motor BLDC, Controlador Eletrônico de Velocidade (ESC) – 40ª



Fonte: Própria

Figura 11: Balanceador Magnético de Hélices, Bateria LiPo



Fonte: Própria

Uma análise importante é o levantamento dos custos no desenvolvimento do Zephyrus. A Tabela a seguir ilustra os custos para se montar uma unidade do Zephyrus.

Tabela 02: Custo do Zephyrus

Item	Descrição	Qtd	Custo Unitário	Subtotal
1	Quadro	1	R\$ 180,00	R\$ 180,00
2	Motor Brushless A2212/1400KV	4	R\$ 50,00	R\$ 230
3	Controlador Eletrônico de Velocidade (ESC) – 40A	4	R\$ 56,04	R\$ 286,04
4	MPU-6050	1	R\$ 12,60	R\$ 298,64
5	nRF12L01	2	R\$ 29,99	R\$ 320,63
6	GPS Neo-6M	1	R\$ 79,90	R\$ 400,62
7	Bateria LiPo 2200mAh	1	R\$ 250,17	R\$ 650,79
8	Arduino Pro-Mini	2	R\$ 39,99	R\$ 690,78
9	Balanceador Magnético	1	R\$ 40,00	R\$ 730,78
10	Carregador LiPo	1	R\$ 220,15	R\$ 950,93
11	Hélices S 10x4.7	4	R\$ 12,01	R\$ 962,95
12	Módulo Joystick Analógico	3	R\$ 8,90	R\$ 971,85
13	PCB Controlador de Voo	1	R\$ 10,25	R\$ 982,10
14	PCB Rádio Controle	1	R\$ 44,08	R\$ 1.026,18
15	PCB Distribuidor de Alimentação	1	R\$ 20,50	R\$ 1.046,68

Fonte: Própria

O custo pode parecer alto, mas deve-se levar em conta que o Drone construído não é um mini-drone. Abaixo constam suas especificações:

- a) Material: Fibra de Carbono
- b) Peso aproximado: 400 g
- c) Peso de Decolagem: 800 g – 1200 g
- d) Distância do Eixo do Motor: 450 mm

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que o uso da plataforma Arduino no desenvolvimento de drones constitui uma estratégia eficaz de ensino-aprendizagem aplicada à formação técnica e tecnológica. A metodologia de prototipagem adotada possibilitou o desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas relacionadas à eletrônica, automação e controle de sistemas embarcados. Além disso, o projeto reforça a importância da experimentação como ferramenta de aprendizagem significativa no contexto educacional. Como perspectiva futura, propõe-se a substituição da plataforma Arduino por microcontroladores de maior desempenho, como o ESP32 ou o STM32 (ARM Cortex),

visando ampliar a capacidade de processamento, incorporar módulos de transmissão de vídeo e otimizar a estabilidade do voo. O aprimoramento estrutural por meio da impressão 3D integral do chassi também será avaliado como alternativa para redução de custos e aumento da autonomia do sistema.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Internacional Despertando Vocações pelo apoio constante na realização deste trabalho aos alunos co-autores deste trabalho que se dedicaram voluntariamente à realização do projeto.

REFERÊNCIAS

- AKAY, A., KURIS, U., & SENAN, S. (2021). Unmanned air vehicles and autopilots. **Journal of Aviation Research**, 3(2), 128-149. <https://doi.org/10.51785/jar.894721>
- ALTINORS, A., & KUZU, F. (2021). Dynamic analysis of a quadcopter using PID, adaptive and LQR control methods. **International Journal of Innovative Engineering Applications**, 5(2), 65-74. <https://doi.org/10.46460/ijica.929552>
- AZIZ, D. A., ALGBURI, S. S., ALANI, S., & MAHMOOD, S. N. (2020, June 28-30). Design and implementation of GPS-based quadcopter control system. In: Proceedings of the 1st International Multi-Disciplinary Conference Theme: Sustainable Development and Smart Planning (IMDC-SDSP 2020), (pp. 1-14), Cyperspace. <https://doi.org/10.4108/eai.28-6-2020.2297931>
- BERNARDES, LEANDRO HENRIQUE CAVALCANTI. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado com arduino. TCC (Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Instituto Federal de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Controle de Sistemas Eletrônicos - DASE, 2019.
- BLOM, J. D. **Unmanned Aerial Systems : A Historical Perspective**. [S.l.]: Combat Studies. Institute Press. US Army Combined Arms Center. Fort Leavenworth, Kansas, 2010. 140 p. ISBN 9780982328309.
- CHIEREGATTI, ALESSANDRA CRISTINA MULLER ET AL. Drone arduino. 2023. TCC – ETEC Pedro Paulino Botelho, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza.



DE OLIVEIRA, ALTACIS JUNIOR ET AL. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.

DRUBIN, C. The Global UAV Market 2015-2025. **Microwave Journal**, Horizon House.

FAHLSTROM, PAUL G.; GLEASON, THOMAS J.; SADRAEY, MOHAMMAD H. **Introduction to UAV systems**. John Wiley & Sons, 2022.

GINSBERG, SAM, Auto Drone: Modifying a DIY Drone Kit for Autonomous Flight (2021). **Mechanical Engineering and Materials Science Independent Study**. 138. <https://openscholarship.wustl.edu/mems500/138>

Jl, Ankyda; TURKOGLU, Kamran. Development of a low-cost experimental quadcopter testbed using an arduino controller and software. **arXiv preprint arXiv:1508.04886**, 2015.

KAZAN, Fatih Alpaslan; SOLAK, Haydar. Improvement of ultrasonic sensor-based obstacle avoidance system in drones. **International Journal of Aeronautics and Astronautics**, v. 4, n. 1, p. 9-35, 2023.

KIM, Sung-Geon et al. Review of intentional electromagnetic interference on UAV sensor modules and experimental study. **Sensors**, v. 22, n. 6, p. 2384, 2022.

KISHOR, Vibha; SINGH, Ms Swati. Design and development of arduino uno based quadcopter. **Int. J. Eng. Manuf. Sci**, v. 7, n. 1, p. 14-19, 2017. MCGRIFFY, DAVID. **Make: drones: teach an Arduino to fly**. Maker Media, Inc., 2016.

MESCOLOTI, Andre et al. Desenvolvimento de um VANT autônomo utilizando hardware e materiais de baixo custo. In: **Colloquium Exactarum**. ISSN: 2178-8332. 2018. p. 41-50.

MITKA, Eleftheria; MOUROUTSOS, Spiridon G. Classification of drones. **Am. J. Eng. Res**, v. 6, n. 7, p. 36-41, 2017.

MONK, SIMON. **Programação com Arduino: começando com Sketches**. Bookman Editora, 2017.

MONK, SIMON. **Programação com Arduino II: Passos avançados com sketches**. Bookman Editora, 2015.

MONK, SIMON. **Projetos com Arduino e Android: Use seu Smartphone ou Tablet para Controlar o Arduino-Série Tekne**. Bookman Editora, 2014.

MONK, SIMON. **30 Projetos com Arduino**. Bookman Editora, 2014.

PASCHOAL, ARQUIMEDES. **Eletrônica Analógica**. Editora IIDV, 2019

PASCHOAL, ARQUIMEDES et NOGUEIRA, MEUSE. **Prototipação de Sistemas Eletrônicos: Projetando PCIs com o EasyEDA**. Editora IIDV, 2023.

PEHLIVAN, K., & AKUNER, M. C. (2020). Designing PID controller for quadrotor test bench and implementation. **International Periodical of Recent Technologies in Applied Engineering**, 2(1), 15-24. <http://doi.org/10.35333/porta.2020.209>

RODRIGUES, REURISON SILVA; MURILO, ANDRÉ; VIDAL FILHO, W. B. Desenvolvimento de um sistema de controle embarcado para um veículo aéreo não tripulado para fotogrametria. In: **Proc. 2014 VIII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (VIII CONEM)**. 2014.

SILVA, JONAS FERNANDES DA. Uma solução de baixo custo para o processamento de imagens aéreas obtidas por Veículos Aéreos Não Tripulados. **Dissertação de Mestrado**, João Pessoa, 2016 – UFPE/CI.

TAGAY, Adilet; OMAR, Abylkaiyr; ALI, Md Hazrat. Development of control algorithm for a quadcopter. **Procedia Computer Science**, v. 179, p. 242-251, 2021.

TASU, Antonio Sorin et al. A low cost radio platform for search and rescue scenarios. In: **Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies IX**. SPIE, 2018. p. 648-651.

MPU-6050: Six-Axis (Gyro + Accelerometer) MEMS MotionTracking™ Device. Disponível em: <https://invensense.tdk.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UBLOX GPS. Neo-6 Series. Disponível em: <https://www.u-blox.com/en/product/neo-6-series>. Acesso em: 10 jun. 2025.

ZUSELSKI, Daniel Camargo. Controle de VANT com GPS. 2024. 86 f. **Trabalho Final de Graduação** (Engenheiro Eletricista). Curso de Engenharia Elétrica. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2024.

