

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM VANT QUADRIRROTOR DE ASA ROTATIVA

ELIAS, Eduardo Henrique¹

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. duduhenriqueelias@hotmail.com

BATISTA, Lucas Antonio²

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. Lasb.batista@gmail.com

RODRIGUES, Carlos Daniel³

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. carlosdaniel6969@hotmail.com

MORAES, Lucas Souza⁴

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. moraesatitude@hotmail.com

DAVID, Orlando Cury⁵

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. orlandodavidkz@hotmail.com

MONTEIRO, Mary Hellen⁶

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. maryhellencostta@gmail.com

Resumo

Um dos aparatos que tem causado bastante impacto no desenvolvimento tecnológico de diversas áreas do campo civil e militar, são os VANT's. VANT é o termo abreviado de Veículo Aéreo Não Tripulado, comumente chamados de drones, tais dispositivos embarcam diversas funções, tendo como principal objetivo a execução de tarefas que são difíceis ou impossíveis de serem executadas pelo ser humano. Com esse total apreço pelos aeromodelos, foi tido como tema a construção de um quadricóptero de asa rotativa, sendo um dos mais complexos, porém mais comuns e ágeis no voo. Para se chegar à etapa de construção e conclusão do projeto, foram efetuados os devidos planejamentos e estudos de cada componente, buscando a literatura acadêmica e de especialistas da aérea do aeromodelismo. Após processo de montagem, executaram-se testes como de velocidade média, capacidade de carga máxima e alcance máximo de comunicação drone-piloto. Concluindo-se os testes, foi possível fazer as reflexões acerca das diferenças do projeto na etapa de planejamento e nos resultados dos experimentos, estudando com isso possíveis causas das discrepâncias e indagação de correção destas falhas, sendo também um dos possíveis futuros para projeto, que é o seu melhoramento e aplicabilidade em outros estudos e funções.

Palavras-Chave: VANT; Quadricóptero; Testes.

Abstract

One of the devices that has caused a lot of impact in the technological development of several areas of the civil and military field, are the UAVs. VANT is the abbreviated term of Unmanned Air Vehicle, commonly called drones, such devices embark several functions, having as main objective the execution of tasks that are difficult or impossible to be executed by the human being. With this total appreciation for the model aircraft, the theme was the construction of a quadcopter with a rotating wing, being one of the most complex, but more common and agile in flight. In order to reach the stage of construction and completion of the project, the necessary planning and studies of each component were made, searching the academic literature and aeromodelling specialists. After the assembly process, tests were performed as medium speed, maximum load capacity and maximum drone pilot communication range. Concluding the tests, it was possible to make the reflections about the differences of the project in the planning stage and in the results of the experiments, studying with this possible causes of the discrepancies and inquiry of correction of these faults, being also one of the possible futures for design, that is its improvement and applicability in other studies and functions.

Keywords: VANT; Quadcopter; Tests.

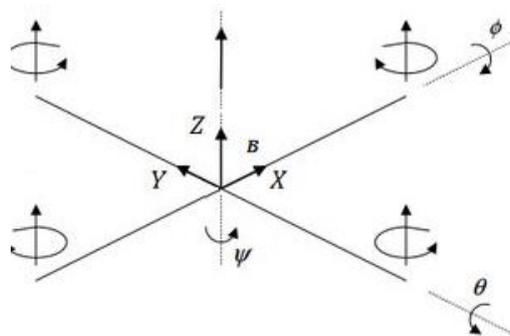
1. Introdução

Com o levante crescimento tecnológico acerca dos componentes eletrônicos, como também da robótica e telecomunicações, tais ascensões foram marcantes no desenvolvimento dos VANT's nos diversos campos civis e militares. A sigla VANT, tem o significado de Veículo Aéreo Não Tripulado, ou seja, qualquer tipo de dispositivo capaz de alçar voo, em que se é remotamente controlado ou automatizado se considera como um VANT. Um desses VANT's que vem conquistado uma maior visibilidade, vista da sua ampla funcionalidade e complexidade, são os Multirrotores, comumente chamados de Drones. Hoje em dia esses Drones vêm recebendo notório significado em diversos campos como os militares, fazendo reconhecimento de campo, transporte de suprimentos, até mesmo abatimento de inimigos. Também no campo civil, comumente utilizado na indústria do entretenimento produzindo imagens com ampla visão, assim como no aeromodelismo, entusiasmando plena diversão aos praticantes. Não obstante no campo do agronegócio sendo amplamente requisitado no estudo das plantações.

Os VANT's são caracterizados de acordo com seu peso, mais leves ou não que o ar e pela sua propulsão. Buscando como exemplos destas classificações estão os balões, dirigíveis, planadores, aeromodelos de asa rotativa, asas móveis e fixas. Os aeromodelos de asa rotativa é o modelo de drone em que se completa com a característica principal que conseguem executar um voo em vertical, plainar e executar movimentos ágeis e complexos, tal característica é ressaltada na literatura como VTOL (*Vertical Takes Off and landing*). Tais drones são classificados de acordo com sua quantidade de rotores, um deles, que segundo a literatura se considera o mais complexo é o Quadrrrotor. [1]

O Quadrrrotor ou quadricóptero é um tipo de dispositivo aerodinâmico bastante complexo, tal complexidade é devido a vários fatores, como a manutenção das variáveis de voo (Guinada, Rolagem e Arfagem) e o posicionamento no campo tridimensional (x,y,z), que são trabalhados logicamente para se alcançar em apenas 4 variáveis, cada uma para um motor. Tais variáveis podem ser expressas conforme a figura abaixo, em que o ângulo de Guinada, Rolagem e Arfagem, são expressos na figura com as letras gregas (Ψ, ϕ, θ), como também as variáveis de posição (X,Y,Z):

Figura 1: Variáveis de posição consideráveis no quadrrrotor

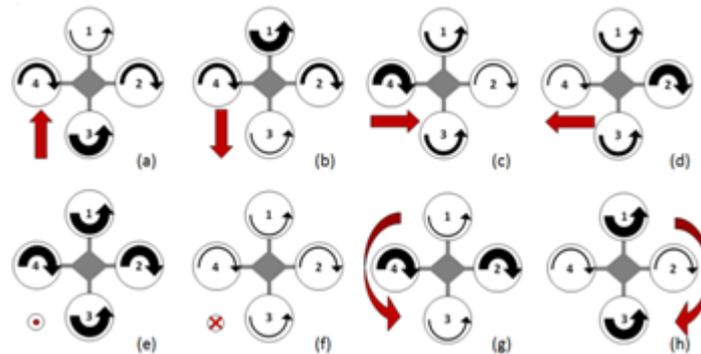


Fonte: (Lima, Gabriela Vieira et al, 2019)

Outro fator é a influencia de agentes externos, como ventos, chuvas, que alteram a sua aerodinâmica e podem comprometer sua integridade.

A dinâmica do quadricóptero está inteiramente ligada ao controle das variáveis dos motores, que devido à movimentação das hélices, que geram um certo torque, porém as hélices estão dispostas de acordo que todos os torques gerados sejam anulados[1]. Alterando-se a velocidade dos motores, os torques se tornam diferentes, e com isso possibilitam os diversos deslocamentos. Os movimentos de rotação (horária e Anti-horária), movimento horizontal (frente, trás, direita, esquerda...) e os verticais, são todos combinados nas manobras de movimentação do drone, e todos os movimentos estão inteiramente ligados ao controle dos motores, em que se pode expressar tais características na figura abaixo:

Figura 2: Esquema de movimentação em função das velocidades dos motores.



Fonte: (Lima, Gabriela Vieira et al, 2019, p. 2)

Além do campo físico, os drones embarcam enormes tecnologias na sua formação, algumas essenciais para seu funcionamento. Placa controladora, responsável pelo tratamento de dados das variáveis de voo e dos sensores embutidos; ECS's Eletronic Speed Control, responsável pelo controle de velocidade do motor; Motores e Hélices primordiais para sustentação do drone; Bateria para alimentação geral do dispositivo; Emissor e receptor que enviam os comandos de mudança de velocidade dos motores e a estrutura, que ampara todos os componentes. Estes são alguns componentes essenciais para o funcionamento do quadricóptero.

Diante desta vasta importância dos VANT's nos dias atuais, e desta ampla e embarcada tecnologia, foi de inteiro interesse do diretório do curso de Engenharia Elétrica a proposta destinada aos acadêmicos, o estudo e a construção de um Drone Quadricóptero, buscando com essa construção outros objetivos que o concatenam, como a prática de planejamento de projetos, exercício da disciplina de Desenho Técnico no esboço do trabalho e a construção do dispositivo concluindo com seu teste e resolução dos problemas.

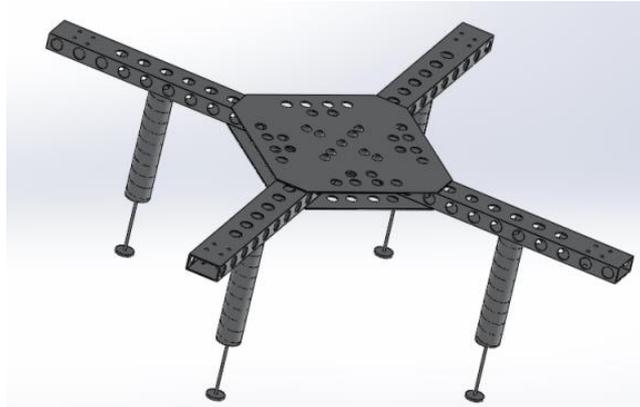
1. Metodologia

Com o objetivo central de construção do drone quadricóptero, a metodologia utilizada foi primeiramente o estudo sistemático da literatura, embarcando dissertações e artigos, posteriormente a elaboração do projeto em desenho, o memorial descritivo, contendo todos os componentes necessários, e a efetiva concretização da montagem e experimentação do dispositivo. Para tal, foi dividida em partes os processos desde sua indagação até a sua conclusão, traçando características de estrutura, componentes e montagem.

1.1. Estrutura e Escopo do drone

Buscando-se cumprir o edital proposto, o modelo selecionado foi de um quadricóptero, dimensionado em "X", tendo suas dimensões bem definidas e sua estrutura planejada, procurando concretizar um drone resistente, aerodinâmico e com baixo peso. Para tal, foi desenvolvida uma estrutura em alumínio, utilizando-se de tubos retangulares de alumínio com dimensões 28x14x510mm, para se fazer a estrutura em "X", e duas placas de alumínio 15x15x1mm, que servem para fixar os dois tubos. Buscando menor peso, e uma certa aerodinâmica, foi efetuados diversos furos de 10mm nos tubos, tais furos foram dispostos de forma que formassem uma espécie de treliça estrutural, fazendo que tenha uma menor resistência do ar e uma rigidez estrutural. Para obter o apoio ao solo, foram confeccionadas utilizando-se de 4 seringas de 20ml e 4 molas (10mm de passo; 5 revoluções; 1mm de espessura), em que a mola é introduzida no interior da seringa, formando uma espécie de amortecedor, diminuindo os impactos de aterrissagem. Todos os componentes podem ser observados mediante a figura computadorizada do drone, que foi produzida no software SolidWorks:

Figura 3: Estrutura do Drone no software



Fonte: Autor¹ (2019)

1.2. Motores e Hélices

Os motores e as Hélices são os componentes principais de sustentação de todo o drone. Para tanto foi utilizado para propulsão um motor Brushless, que é um motor sem escovas, em que sua carcaça e o eixo são ambos uma peça, que no na parte inferior são fixados ímãs, comumente neodímio, fazendo que o estator seja fixo ao centro. Tais motores produzem ruídos quase nulos, e perdem pouca energia em forma de calor, devido a não necessidade de escovas, sendo amplamente requisitada sua utilização em projetos onde se procura mudanças bruscas de velocidade e maior ganho em energia. Sendo um motor trifásico em que necessita de uma corrente alternada para seu funcionamento, é necessário para seu funcionamento um dispositivo acionador, que são os ESC's. Para dimensionar qual o motor necessário, sem ter o prévio conhecimento da massa total do drone , para se calcular a força de propulsão, foi requisitado um motor que seria capaz de sustentar 708 g, com o uso de uma tensão de 14.8 V chegou-se a uma velocidade angular de aproximadamente 13.500 RPM.

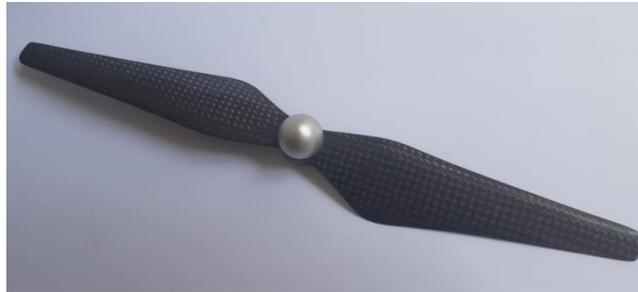
Fotografia 1: Motor Brushless



Fonte: Autor² (2019)

A hélice é o componente aerodinâmico responsável pela inteira sustentação dos aeromodelos de asa rotativa, sendo de total necessidade uma hélice que combine com o motor adquirido. Para tal, foi requisitado uma hélice de fibra de carbono de 9,45 polegadas, que foi recomendado pelo fabricante do motor.

Fotografia 2: Hélices de fibra de carbono modelo Phantom



Fonte: Autor² (2019)

1.3. Bateria

A bateria é o componente vital para funcionamento dos componentes eletrônicos, tanto do motor que é responsável pelo maior gasto energético, quanto para os outros componentes como a placa controladora. A fim de se ter um maior aproveitamento da relação potência, leveza e benefício optou-se por adquirir uma bateria de Polímero de Lítio, comumente chamadas de Lipo (*Lithium Polymer Battery*) são baterias potentes, com uma alta taxa de descarga, porém como os motores exigem uma alta taxa energética e o peso uma variável determinante, estas baterias possuem um tamanho relativo a sua estrutura e seus componentes. A bateria adquirida para a construção do quadricóptero foi uma com carga de 5300 mAh, taxa de descarga 30C (pode gerar uma descarga contínua de 159 Amperes), 4S (“S” significa cada célula contendo 3,7 V cada, gerando 14,8 V ao todo). A bateria utilizada tem uma massa consideravelmente elevada, porém com o desejo de possível ampliação futuramente, adquiriu-se uma bateria de alta capacidade [4].

Fotografia 3: Bateria Lipo Utilizada



Fonte: Autor² (2019).

1.4. ESC

O ESC (*Electronic Speed Control*) é um dispositivo eletrônico responsável pelo controle de velocidade do motor, mediante um pulso PWM da placa controladora, o ESC gera ondas trifásicas para o acionamento do motor[1]. Os ESC's são componentes responsáveis por transformar corrente contínua e enviar aos motores uma corrente alternada trifásica, em que essa corrente é modulada de acordo com os pulsos da controladora, que estão de acordo com os comandos do emissor (controle RC). Sendo imprescindíveis para seu funcionamento, foi adquirido um modelo com as especificações recomendadas de acordo com os motores e a bateria, sendo de total necessidade essa conformação.

Fotografia 4: Controlador Eletrônico de Velocidade dos motores



Fonte: Autor² (2019).

1.5. Placa Controladora

A placa controladora é o coração do drone, nela todas as variáveis de posicionamento, variáveis de controle e de sensores são processadas e trabalhadas para voltarem variáveis e informações aos motores e outros dispositivos. A placa utilizada foi o Arduino Pilot Meta modelo 2.6, mais conhecida como “APM”, esta placa de circuito constitui de sensores (barômetro, magnetômetro, etc) e de processador ATMEGA, mostrando uma grande similaridade as placas microcontroladoras arduino. Outra similaridade com os microcontroladores arduino é a disponibilidade de se alterar a programação (*Open Source*), com isso possibilitando ajustes e possíveis melhoramentos. Contendo vasta funcionalidade como piloto automático completo capaz de estabilizar a aeronave, navegar por coordenadas GPS e o envio de informações relevantes como o status da bateria para a estação de controle.

Figura 5: Placa controladora APM



Fonte: Autor² (2019)

1.6. Emissor e Receptor

O transmissor e receptor são os componentes responsáveis pela comunicação entre o piloto e o aeromodelo. Tais componentes tem seu funcionamento pautado nos circuitos ressonantes e princípios de telecomunicações, envolvendo largura de banda, frequência de ressonância etc. O modelo utilizado para tal utilidade foi o FS-i6X, que é um transmissor que possui 6 canais de utilização, opera em uma frequência de 2,405 a 2,475GHz. Possui uma antena multidirecional de alto ganho e alta qualidade, possibilitando uma alta cobertura da banda de frequência. Também dispõe de um receptor de alta sensibilidade, fazendo do radiotransmissor perfeito para tal projeto, como para possíveis melhoramentos.

Figura 6: Receptor e transmissor

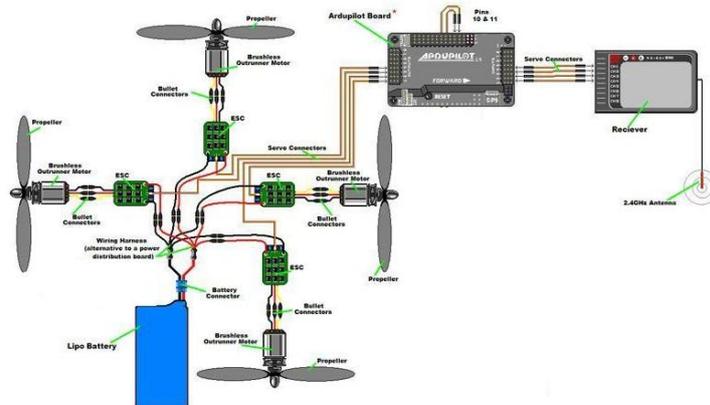


Fonte: Autor² (2019)

1.7. Montagem

Todos os componentes foram montados e dispostos na estrutura possibilitando uma melhor distribuição de massa, fazendo com que o centro de massa estivesse totalmente disposto ao centro geométrico de todo o quadricóptero, eliminando possíveis interferências no seu funcionamento e na pilotagem. Com a placa controladora programada, e os ESC's quanto os rádio controles calibrados, todos os componentes foram interligados de acordo com o esquema de circuito eletrônico representado:

Figura 4: Esquema de ligação dos componentes



Fonte: (Hazelhurst, 2019)

2. Resultados e discussão

Após o término do processo de montagem e ajustes, o drone pôde ser testado e efetuado os testes. Todos os testes efetuados foram realizados em locais adequados, onde seriam livres de certas influências externas, que seriam variáveis determinantes no resultado final. Por isso, foi considerado locais propícios para realização de cada experimento, com ambiente controlado (livre de vento, chuva, etc), interferência eletromagnética (longe de postes e/ou transformadores) e possíveis obstáculos (árvores, carros, pessoas, etc). O primeiro teste realizado foi o da duração de tempo de voo. Para realização, a bateria estava em perfeitas condições de uso. Realizando o teste, chegou-se à uma duração de carga de minutos.

Previamente foi indagado que a bateria iria ter uma duração de 20 minutos, porém após os testes foi possível ver certa redução desse valor, contando com 15 minutos de tempo de voo, tal redução provavelmente foi ocasionada pelo excesso de massa, que foi determinante para afetar a relação massa e potência.

Posterior ao teste de duração da bateria, foi realizado o teste de raio de funcionamento do radiotransmissor. Mantendo o drone no solo, executando apenas simples comandos para movimentação das hélices, a cada execução e movimentação, o piloto se distanciava do quadricóptero em distâncias devidamente determinadas, chegando com isso, a um raio de alcance de 1,3 Km. Previamente se estimava uma distância de 1,5 Km, determinada pelo fabricante do radiotransmissor, possivelmente essa pouca diferença de distância possa se relacionar com a interferência de outros equipamentos que utilizam dessa mesma frequência, comumente tratado como um problema para os aeromodelistas.

Também foi executado o teste de velocidade média linear do drone. Para realização deste teste, foi colocado como ponto inicial e ponto final de observação (S_0 e S) dois cones de sinalização, distante 20 metros. Disposto de um cronômetro para demarcar a diferença de tempo do primeiro ao último cone, o teste foi iniciado e repetido 5 vezes, e suas variáveis anotadas. Para se encontrar a velocidade média utilizou-se da fórmula convencional:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1)$$

Com o procedimento experimental realizado concluiu-se os seguintes resultados:

Tabela 2: Velocidade média linear do drone

Velocidade Média [m/s]	Distância – [m]	Tempo – [s]
8,5	20	2,35
9,7	20	2,06
9,2	20	2,17
9,5	20	2,10
8,8	20	2,28

Fonte: Autor¹,2019.

Devido a enorme peso que o aeromodelo possuiu, conseqüentemente sua agilidade diminuiu, fazendo com que ficasse um pouco abaixo do esperado.

O último teste realizado foi o de carga máxima possível que o drone conseguia transportar além da sua. Para realizar o experimento, prendeu-se na parte inferior do aparato um cordão e na outra extremidade diferentes quantidades de objetos de massa definida. O teste foi realizado alterando a massa da carga extra e colocando o drone para erguê-las, concluindo nos seguintes resultados:

Tabela 3: Teste de carga extra

Massa do Drone [Kg]	Carga Extra Máxima Esperada [Kg]	Carga Extra Máxima Real [Kg]
1,250	1,500	0,750

Fonte: Autor¹,2019.

Após a realização do experimento, chegou-se ao resultado abaixo do esperado. Na informação exposta pelo próprio fabricante dos motores, o drone seria capaz de ter uma força de elevação de 1,5 Kg, contando com a força necessária para suportar seu próprio peso, contrariamente o dispositivo conseguiu içar apenas 0,750 Kg de carga extra. Tal diferença pode ser explicado devido a alta massa imprimida no aeromodelo, fazendo com que perdesse um pouco de capacidade de elevação extra.

3. Conclusão

Os VANT's são uma das tecnologias que marcaram o século XXI, potencializando diversas áreas do campo civil e militar. Visto deste grande impacto, foi indagado e concebido a construção de um quadricóptero. Após sua construção foi efetuado os testes que foram bastante importantes para se ter uma ideia do seu funcionamento e das suas particularidades, como também, determinante para reflexões acerca de particularidades dos componentes, notando possíveis erros e acertos. É importante destacar o efeito que o projeto teve sobre os acadêmicos, em que possibilitou uma experiência de trabalho em conjunto, promovendo as diversas etapas como estudo, planejamento, aquisição, montagem e testes, partes bastante importantes em gestão de projetos, em que esses conceitos são amplamente embarcados. O futuro do drone ainda se é refletido, possivelmente serão efetuados alguns melhoramentos, como aquisição de mais motores, melhoramento da estrutura, aquisição de uma câmera para monitoramento e filmagens, possibilitando também novos estudos no campo físico e da sua eletrônica embarcada.

4. Referências

- [1] Guimarães, J.P. (2012). "Controle De Atitude e Altitude Para Um Veículo Aéreo Não Tripulado Do Tipo Quadricóptero". Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Natal – RN, 2012.
- [2] Lima, Gabriela Vieira et al. (13/05/2019). "Modelagem Dinâmica De Um Veículo Aéreo Não Tripulado Do Tipo Quadricóptero". pp. 1-3.
- [3] R. C. Sá. Construção, "Modelagem Dinâmica e Controle PID para Estabilidade de um Veículo Aéreo não Tripulado do tipo Quadricóptero". Tese de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Teleinformática, Fortaleza – CE, 2012.



[4] Arias, A., “VANT de Asa Fixa: você conhece os componentes?” Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/vant-de-asa-fixa-componentes/>> Acesso em: 13 de maio de 2019.

[5] Hazelhurst, J., “Typical Quadcopter Layout” Disponível em: < <https://unleashthebot.com/best-drone-kits/typical-quadcopter-layout/>> Acesso em: 15 de maio de 2019