



**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
Autarquia Municipal de Regime Especial  
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76  
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP  
CNPJ 45.176.153/0001-22

**Departamento de Engenharia Elétrica**  
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi  
Taubaté-Sp 12060-440  
Tel.: (12) 3625-4190  
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

RENATO HOFFMANN GIANNICO

**DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE VANT  
(VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO)**

**TAUBATÉ  
2021**



**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
Autarquia Municipal de Regime Especial  
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76  
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP  
CNPJ 45.176.153/0001-22

**Departamento de Engenharia Elétrica**  
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi  
Taubaté-Sp 12060-440  
Tel.: (12) 3625-4190  
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

**RENATO HOFFMANN GIANNICO**

**DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE VANT  
(VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO)**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica.

Orientador Prof. Dr. Mauro Pedro Peres

**TAUBATÉ  
2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

A confecção da ficha catalográfica é realizada exclusivamente pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação e deve ser inserida no lugar desta folha.



## FOLHA DE APROVAÇÃO

### DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DE VANT (VEÍCULO AÉREO NÃO TRI PULADO)

RENATO HOFFMANN GIANNICO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA”

#### BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES  
Orientador/UNITAU-DEE

Eng. Me. RAMON MOREIRA PERES  
AGC

Prof. Me. CARLOS HENRIQUE SILVA MOURA  
FACULDADE  
ANHANGUERA

DEZEMBRO de 2021

## DEDICATÓRIA

De modo especial dedico esse trabalho a minha família sempre presente na minha vida apoiando e ajudando em todos os momentos que precisei, principalmente a minha esposa Tábata por estar ao meu lado sempre e ao nosso filho Bernardo por ser a benção das nossas vidas.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus por me proteger e me guiar até aqui, em seguida a minha família que sempre esteve ao meu lado compartilhando todos os momentos de dedicação e empenho para a formação, a minha esposa Tábata por estar ao meu lado me amando e apoiando cada momento da jornada e ao meu filho Bernardo por existir nas nossas vidas. Ao orientador que me ajudou nas dúvidas e auxiliou nos momentos de dificuldades e dúvidas, meu muito obrigado.

GIANNICO, R. H. **Desenvolvimento e estudo de Vant (Veículo Aéreo Não Tripulado)**. 2021. 50 f. Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Taubaté, Taubaté, 2021.

## **RESUMO**

Neste trabalho aborda-se todo o processo de desenvolvimento de um Vant, Drone quadrimotor simples, inicia-se com um histórico sobre o surgimento dos drones, apontando o que é um Vant e as licenças e normas a ser seguidas para o uso. Ressalta-se a partir desse princípio, o voo, manobras, funcionamento do quadricóptero e todos os processos de montagem do quadrimotor, como todos os seus componentes partindo do Frame e em seguida os Motores, Hélices, Controladores de velocidade, Baterias com conectores e carregadores de bateria, Placa de distribuição de energia, Placas controladoras, Controlador de voo e Controle remoto. Cada componente de montagem é demonstrado de forma a entender o processo de montagem do Vant quadrimotor. Apresentam-se as configurações e os sistemas de coordenadas para entender como funciona o voo e funcionamento do Vant quadrimotor. Tem-se como objetivo ressaltar os processos de desenvolvimento de um Vant com um princípio simples para que outros Vants sejam desenvolvidos cada qual com um objetivo específico e continue no desenvolvimento global em melhoria de vários setores que precisam dessa ferramenta de grande valor.

**PALAVRAS - CHAVE:** Vant. Quadricóptero. Drone.

GIANNICO, R. H. Development and study of UAV (Unmanned Aerial Vehicle).2021.50 f. Graduation Work in Electrical Engineering - Department of Electrical Engineering, Taubaté University, Taubaté, 2021

## **ABSTRACT**

In this work, the whole development process of a Vant, a simple four-engine Drone, is approached, starting with a history of the emergence of drones, pointing out what a Vant is and the licenses and standards to be followed for use. It is worth mentioning from this principle, the flight, maneuvers, operation of the quadcopter and all the four-engine assembly processes, such as all its components starting from the Frame and then the Engines, Propellers, Speed controllers, Batteries with connectors and chargers battery, power distribution board, controller boards, flight controller and remote control. Each assembly component is demonstrated in order to understand the assembly process of the four-engine Vant. The configurations and the coordinate systems are presented to understand how the flight and operation of the four-engine Vant works. It aims to highlight the development processes of a UAV with a simple principle so that other UAVs are developed each with a specific objective and continue in the global development in improvement of several sectors that need this tool of great value.

**KEYWORDS:** Vant. Quadcopter. Drone.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Latinoamérica no radar dos drones Relações Exteriores.....	27
Figura 2 - Drone no princípio da História.....	28
Figura 3 - VANT BQM1BR.....	29
Figura 4 - VANT'S missão exército.....	29
Figura 5 - VT-15 Voo no Batalhão de Aviação do Exército Brasileiro em Taubaté – SP.....	30
Figura 6 - VANT Tático.....	30
Figura 7- Drone moderno.....	31
Figura 8 - Quadricóptero.....	33
Figura 9 - Esquema simplificado das alterações de um quadrimotor.....	34
Figura 10 - Principais componentes de um quadricóptero.....	36
Figura 11 - Chassi ou frame de um quadricóptero.....	38
Figura 12 - Quadcopter: Modelo mais comum, sem motores de auxilio.....	38
Figura 13 - Motores sem escova - <i>Brushless Motor</i> .....	39
Figura 14 - Motor elétrico de um drone.....	39
Figura 15 - Detalhes relacionados à fixação do motor no frame.....	41
Figura 16 - Furos da estrutura do motor de um drone.....	41
Figura 17 - Hélices do quadricóptero.....	42
Figura 18 - Bateria de ácido de Chumbo.....	45
Figura 19 - Bateria de Polímero de Lítio (LiPo).....	45
Figura 20 - Bateria de Íon de Lítio.....	46
Figura 21 - Bateria de NiMH.....	46
Figura 22 - Tipos de Carregadores de bateria.....	47
Figura 23 - Fluxo de distribuição de Energia.....	49
Figura 24 - Acelerômetro.....	50
Figura 25 - Giroscópio de três eixos.....	50
Figura 26 - Placas controladoras de voo de um drone.....	51
Figura 27 - Transmissor e receptor de um quadricóptero.....	52

## LISTA DE TABELAS

<b>Quadro 1:</b> Especificações da bateria utilizada no quadrotor.....	44
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	26
1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO .....	26
1.3 ORGANIZAÇÃO DESTE TRABALHO.....	26
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>27</b>
2.1 O SURGIMENTO DO VANT E SUAS UTILIDADES .....	27
2.1.1 O que é vant?.....	31
2.1.2 Licenças para uso dos Drones Vant's e Aeromodelos.....	32
2.2 ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE UM QUADRI-ROTOR.....	33
2.3 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMENTO .....	36
2.3.1 Criação de um Drone Quadricóptero .....	37
2.3.2 Elementos Do Drone Quadricóptero.....	37
2.3.3 Identificação Dos Motores <i>Brushless</i> .....	40
2.3.4 Conectores da bateria do Drone .....	47
2.3.5 Placa De Distribuição De Energia .....	48
2.3.6 Controladores de voo .....	49
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>54</b>
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	54
3.2 NATUREZA DA PESQUISA.....	54
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No início do século XIX as aeronaves não tinham a necessidade de uma terminologia para veículos aéreos não tripulados, isso porque não havia na época aeronaves com este nível de tecnologia. Com o passar do tempo surgiu a precisão de um nome específico para as aeronaves não tripuladas, destacando a importância da existência destes equipamentos tão útil e presente no cotidiano.

Nos dias atuais os Drones ou VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) são de extrema importância para o desenvolvimento global. A importância dessa tecnologia se tornou útil não só para projetos e trabalhos tecnológicos, mas também auxilia na assistência em desastres, missões de busca e salvamento, fotografia aérea/mapeamento, entrega de pacotes, e outro setor muito usado que são nas empresas de segurança contra roubos. Tão qual como a utilização em inúmeras áreas, como também na cartografia, monitoramento agricultura, inspeções de áreas, monitoramento em parques eólicos hidrelétricas linhas de transmissão, na área de mineração e construção, na área florestal e ambiental, na gravação de vídeos, no salvamento de pessoas nas praias e muitas aplicações, com a popularização. Enfim, inúmeras áreas de atuação que cresce no desenvolver dos anos. Existem vários drones desde o mais simples como o mais potente, cada qual com o seu papel no objetivo proposto. O trabalho responderá a pergunta: Como contribuir para projetos de drones evolutivos através da construção de um VANT Básico?

## **1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO**

Justifica a escolha do tema por se tratar de um desenvolvimento tecnológico como auxílio em vários segmentos como o de segurança pública, monitoramento ambiental e de trânsito, levantamentos agrícolas, telecomunicações e até auxílio à saúde entre outros. Esse estudo ajudará no conhecimento de como um drone ou Vant pode ser eficaz para a população em geral.

## **1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO**

O trabalho tem como objetivo mostrar quais os componentes para a construção de um VANT básico, uma maneira de contribuir no entendimento da construção de um Drone simples e assim surgir ideias de projetos futuros de outros Vants e desenvolver o poder criativo e tecnológico de outros drones. Será delimitado apenas no básico, sem estender para os VANTS de alta tecnologia deixando a ideia do início e assim o surgimento de novos VANTS, através do entendimento tecnológico.

## **1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

No capítulo 2 foi abordado o histórico com o surgimento dos Drones e suas utilidades. Continuou no 2.1 mostrando o que são os Vants, no 2.1.2 as licenças de funcionamento para o uso de drones. No 2.2 a elaboração de um modelo de um quadrimotor mostrando a utilização de diagrama de blocos para simular seu movimento, modelação e seus objetivos de um quadri-rotor, o modelo de atuação, o modelo de motores, hélice e alocação de controle e sobre sua dinâmica e cinemática, análise de linearização modelo linear do quadri-rotor. No 2.3 mostra os princípios de funcionamento e os componentes de um drone e seus subsistemas, controle e sua introdução, controladores PID, estabilização, guiamento horizontal, Bateria, Perturbação de vento, sensores e controle digital. Foi apresentado o sistema físico de um quadri-rotor e seus componentes como sua estrutura, motores, controle eletrônico de velocidade (ESC's), sensores e acessórios, controladoras, Baterias e conectores e matérias consumíveis, cabos conexões e etc.

No capítulo 3 foi apresentado a metodologia que o trabalho foi desenvolvido com o tipo de pesquisa e sua natureza.

No capítulo 4 foi abordada a conclusão do trabalho e projeto futuro.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O SURGIMENTO DO VANT E SUAS UTILIDADES

Segundo Pereira (2017) O surgimento dos Vants foi através de necessidades militares após a segunda Guerra mundial com a busca de eficácia como estratégia para atacar o inimigo. O primeiro drone elaborado através de uma inspiração de uma bomba, para que sua detonação fosse conforme uma arma automática. Na Alemanha foi desenvolvido o *buzz bomb*, esse nome era por conta do barulho do drone no momento do voo. Seu sucesso ocorreu por voar em linha reta com velocidade constante, isso fazia que os alvos fossem presas fáceis e interceptados de maneira precisa. Os drones eram usados para preservar a integridade física dos soldados e tinha a função de: vigia, ataques, espionagem e envio de mensagens.

Pereira (2017) relata que apesar da primeira experiência dos Vants (aeronaves não tripuladas) ser na década de 60 através da Marinha dos EUA, a força aérea Norte Americana só admitiu os Vants no ano de 1973. E a partir dos anos 80 começou a ser usado para preservar a vida dos militares. A Figura 1 mostra um militar manuseando um drone.

**FIGURA 1** - Latinoamérica no radar dos drones Relações Exteriores



**Fonte:** <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Frevistafal.com%2Flatinoamerica-en-el-radar-de-los-drones%2F&psig=AOvVaw2HhQfi-Ks1cq2XOImwj662&ust=1580956442540000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCLj-69axuecCFQAAAAAdAAAAABAR>  
RQ-1A/MQ-1

O drone conhecido mundialmente foi inventado por um engenheiro israelita chamado Abem Karen. Ele chegou aos EUA nos anos de 1977, para controlar um drone manipulado por 30 pessoas chamado de "Aquila".

Percebeu que poderia melhorar o drone e então fundou a empresa *Leading System*, usando tecnologia simples com fibra de vidro, restos de madeira e motor compatível a de cart, surgiu o “Albatröss”. Era operado por 3 pessoas e chegou há ficar 56 horas no ar. Após essa demonstração Karen conseguiu patrocínio e surgiu outro drone o “Amber”. PEREIRA (2017)

Buzo (2015) relata que no Brasil o drone surgiu 1983, vieram com função simples apenas com função de fazer imagens e vídeos, e aos poucos melhorando. A Figura 2 mostra o tamanho que era um drone nessa época.

**FIGURA 2** – Drone no princípio da História



**Fonte:**

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.imageup.net.br%2F2017%2F04%2F16%2Fhistoria-dos-drones%2F&psig=AOvVaw2HhQfiKs1cq2XOImwj662&ust=1580956442540000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCPDwxqSwuecCFQAAAAAdAAAAABAG>

Chiarello (2017) mostra que o primeiro VANT do Brasil foi o BQM1BR, fabricado pela extinta CBT (Companhia Brasileira de Tratores), de propulsão a jato tinha como objetivo ser alvo aéreo realizando o voo em 1983. Outro VANT da história é o Gralha Azul, produzido pela Embravant. Foi fabricada com mais de 4 metros de envergadura, com autonomia para até 3 horas de voo. Os dois primeiros protótipos realizaram vários ensaios em voo, operando com rádio controle. A Figura 3 mostra um protótipo de um drone BQM1BR.

**FIGURA 3 - VANT BQM1BR**

**Fonte:** Google imagens Vant BQM1BR

Silva (2018) relata que em 1996, com o objetivo do desenvolvimento de Vants para as áreas: segurança pública, monitoramento ambiental e de trânsito, levantamentos agrícolas, telecomunicações, o CenPRA (Centro de Pesquisas Renato Archer) iniciou o Projeto Aurora, e as forças armadas brasileiras com o objetivo de usar os dirigíveis híbridos na vigilância das fronteiras e do mar territorial, para garantir a segurança da Amazônia Verde e da Amazônia Azul. A Figura 4 mostra os drones na pista aérea militar em preparo para execução dos serviços.

**FIGURA 4 – VANT'S missão exército**

Por U.S. Navy photo by Photographer's Mate 2nd Class Daniel J. McLain - [http://www.navy.mil/view\\_image.asp?id=25660](http://www.navy.mil/view_image.asp?id=25660) (Direct link), Domínio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2127771>

Battaglini (2018) diz que a partir do ano 2000, surgiu o Projeto Arara (Aeronave de Reconhecimento Autônoma e Remotamente Assistida), desenvolvido numa parceria do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC-USP) e a Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária (Embrapa), esse projeto foi especialmente para utilização em agricultura de precisão. Originou-se, em abril de 2005, ao primeiro VANT de asa fixa, com 100% tecnologia brasileira, cujo desenho industrial foi patenteado pela EMBRAPA. A Figura 5 mostra um drone no céu da cidade do interior de São Paulo - Taubaté, em voo e treinamento do no batalhão de aviação do exército Brasileiro.

**FIGURA 5** – VT-15 Voo no Batalhão de Aviação do Exército Brasileiro em Taubaté - SP



Fonte: Ney Brasil (2010) - Wikipédia

Em abril de 2007, a empresa *Flight Technologies*, uma empresa brasileira, localizada no Parque Tecnológico de São José dos Campos, e atua no mercado de defesa e segurança aeronáutica lançou, em cooperação com o Centro de Estudos Aeronáuticos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por intermédio de sua então controlada, *Flight Solutions*, o VANT Tático FS-01 Watchdog. Entre 2008 e 2010, a empresa, em conjunto com o Centro Tecnológico do Exército, desenvolveu uma variante do FS-01 para atender aos requisitos VT-15 do Exército Brasileiro. A Figura 6 mostra um drone tático do exército brasileiro em seu real tamanho em 2007.

**FIGURA 6-** VANT Tático



Fonte: Dammit - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2435304>

Em 2009, a *Flight Technologies* iniciou o do Horus FT-100, é o VANT de monitoramento desenhado para atender, inicialmente, requisitos do Exército Brasileiro. Que em 2013, realizou pela primeira vez uma missão de caráter civil urgente, na cidade de Duque de Caxias/RJ sendo utilizado para levantamento de áreas atingidas por desastres naturais no Brasil. A Figura 7 mostra um drone com tecnologias modernas e em pleno voo executando sua função no qual foi programado.

**FIGURA 7-** Drone moderno



Fonte: Dkroetsch - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12728961>

Os Vants produzidos pela AEL subsidiária da *Elbit Systems*, maior empresa privada fabricante de produtos de defesa de Israel, no ano de 2010 passaram a ser montados em Santa Maria (Rio Grande do Sul), como objetivos do uso em grandes eventos como a Copa das Confederações em 2013, a Copa do Mundo em 2014, e as Olimpíadas de 2016.

### 2.1.1 O que é vant?

O Projeto apoio aos diálogos setoriais união europeia – BRASIL (2017) fala que: O VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), informalmente conhecidos como Drones (palavra inglesa, que significa “zangão” ou “zumbido” fazendo referência ao som emitido durante seu funcionamento), tem essa terminologia como definição do tipo de plataforma, no qual os órgãos reguladores brasileiros definem como oficial. O VANT é caracterizado como aerovane projetada para operar sem piloto a bordo, isso está escrito na legislação - (Circular de Informações Aéreas AIC N 21/10). É

destacado que deve possuir carga útil embarcada, como câmeras ou correspondência pra entrega, e não ser utilizado de maneira recreativa. Isso significa quem nem todo “drone” é considerado um VANT. Qualquer plataforma não tripulada utilizada como hobby competição ou esporte, por definição legal, na legislação é vista como aeromodelos e não à de VANT. Isso é VANT é sempre um drone comercial e drone recreativo é um Aeromodelo.

O termo “drone” é uma expressão genérica utilizada para descrever desde pequenos multirrotores rádio controlados comprados em lojas de brinquedo, até VANTs de aplicação militar, autônomos ou não. Por este motivo, o termo não é utilizado na regulação técnica da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). São chamados aeromodelos os equipamentos de uso recreativo, enquanto os VANT são aqueles empregados em finalidades não recreativas. O termo Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) denota um subgrupo de VANT destinado à operação remotamente pilotada (LINS, 2019 apud ANAC, 2015).

Segundo Pedrosa (2015) estas aeronaves são controladas remotamente por um piloto remoto por exigência da defesa aérea brasileira, por isso são chamados de RPA (*Remotely-Piloted Aircraft*) em português, aeronave remotamente pilotada.

Teixeira (2018, p. 19) diz que os VANT's são mini aeronaves capazes de sustentar voo sem presença de humano a bordo para alcançar um objetivo, e o controle de voo é feito através de um micro controlador instalado na aeronave no qual recebe comando já programado como o auxílio dos sensores que cada drone utiliza.

### 2.1.2 Licenças para uso dos Drones Vants e Aeromodelos

Segundo Pedrosa (2015) No Brasil existem leis e regras específicas para uso dos Drones VANT e Aeromodelos, para a compra dos drones não há nenhum impedimento, apenas para o uso que é necessário atentarem-se as regras.

- Para o aeromodelo (fins recreativos), respeitar uma portaria da aeronáutica “Portaria DAC 207”, estabelece as regras que:

. os aeromodelos não podem ser manuseado em áreas com um número muito grande pessoas, caso o piloto seja bastante experiente, o voo pode ser eito desde que haja segurança no voo.

. Não é permitido pilotar próximo á áreas de aeródromos sem autorização  
E a altura não poderá atingir acima de 400 pés (121,92 metros) da superfície terrestre

- Para o VANT / RPA, respeitar a Circular da Aeronáutica AIC 21/10. É preciso elaborar uma solicitação formal de autorização de voo, de uso específico, para a Anac, pois os RPAs são regulados por uma Circular de Informações Aeronáutica (AIC) que determina a solicitação 15 dias antes do voo com todas as informações necessárias tais como: (características da aeronave, trajeto do voo, capacidade de comunicação etc). Também é preciso solicitar liberação de voo aos órgãos regionais do Decea (Cindacta I, Cindacta II, Cindacta III, Cindacta IV, SRPV-SP), assim como é feito no caso de aeronaves

## 2.2 ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE UM QUADRI-ROTOR

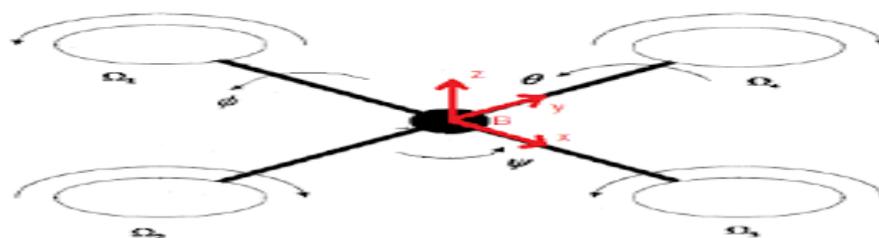
Segundo Santos e Sperotto (2015, p.2), Os VANTs usam sistemas eletrônicos de transmissão e recepção de dados para receber seus comandos. E possui uma rede de sensores que captam as condições do voo no tempo real e também utilizam esses sinais no controle do voo automaticamente, eliminando a necessidade de um piloto profissional que domine e estabilize o voo.

Santos e Sperotto (2015, p.2) continuam expondo que a diferença entre o quadricóptero e os outros VANTs é que possui apenas quatro hélices apontadas para cima. E os helicópteros uma hélice para cima e outra lateral, para que sua estabilização dependa da força angular, essa força é a que auxilia ficar parado sobre o seu eixo de rotação. Neste sentido a pilotagem do helicóptero é mais complexa, os quadricópteros são de fácil pilotagem pelo fato do sistema de hélices girarem para um lado anulando as forças angulares.

Segundo Monteiro (2015 p.7), a composição dos quadrimotores ou quadricópteros são de quatro rotores iguais posicionados em pares, girando em sentidos contrário, horário e anti-horário. Comparados a veículos da mesma espécie se torna mais seguro, eficiente e ágil.

A Figura 8 mostra a posição dos rotores e o giro em sentido contrário.

**FIGURA 8** - Quadricóptero

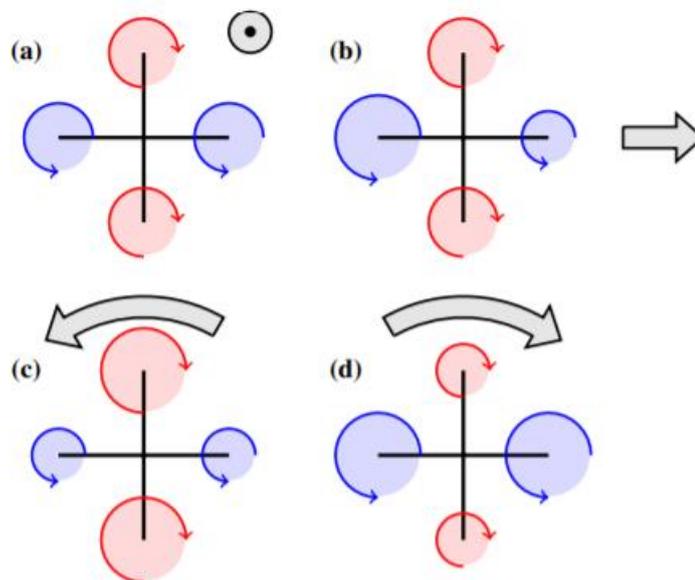


Fonte: SCHULTZ, 2019 et al CAVALCANTI, 2011

“Quadricóptero (modelo com quatro hélices) asas rotativas e motores instalados nos quatro cantos de uma estrutura cruzada, no centro de massa os equipamentos de medição e controle” (SCHULTZ, 2019 et al CAVALCANTI, 2011)

Gonçalves, (2018, p.2) em seu estudo apud (Silva, 2011) mostra que o voo de um quadricóptero é necessária à existência de um diferencial de pressão entre a parte superior e a parte inferior de suas quatro hélices, que é produzido através da rotação das hélices. De acordo com o aumento da rotação a pressão sobre as hélices diminui e surge um vetor resultante da força para cima que é denominada como empuxo, e conforme ele aumenta diminui ou iguala-se a força peso e o quadricóptero subirá, descerá ou permanecerá em voo pairado. A Figura 9 mostra as alterações de um quadrimotor.

**FIGURA 9** – Esquema simplificado das alterações de um quadrimotor.



**Fonte:** Esquema simplificado das alterações na postura de um quadrimotor devido a mudanças na velocidade de rotação dos rotores; aumento de velocidade (a) vertical (para fora da página), (b) para a direita, (c) e (d) ao redor do próprio eixo (normal à página). (MONTEIRO 2015, p.8)

Monteiro (2015, p.8), explica que:

Ao contrário de helicópteros, quadricópteros não possuem bailarinas (*swashplates*), dessa forma, todos os movimentos são gerados através de mudanças coordenadas nas velocidades de rotação dos rotores. A Figura 1.5 mostra como essas mudanças interferem na postura desses veículos. Variando a velocidade de rotação das hélices simultaneamente é possível aumentar ou reduzir a altitude, Figura 1.5(a). Rotações ao redor dos eixos do veículo produzem também movimento no plano paralelo ao solo. Isto

pode ser obtido aumentando a velocidade de um rotor e reduzindo proporcionalmente a velocidade de seu par, Figura 1.5(b). Esta redução se faz necessária para que o veículo mantenha altitude. Por fim, o quadrirrotor pode ainda girar ao redor de seu eixo principal. Para obter este movimento, a velocidade de rotação de um dos pares de hélices é aumentada e a do outro reduzida proporcionalmente, Figura 1.5(c). Dessa forma, o quadrirrotor gira como mencionado, mas mantém a mesma altitude, já que não há variação na tração resultante. De maneira geral quadrirrotores se movimentam como descrito acima, mas há duas configurações de voo distintas que podem ser escolhidas. A primeira delas é assim como mostra a Figura 1.6(a) e é conhecida como voo em (+). Já a segunda é denominada voo em (x) e está exemplificada na Figura 1.6(b). MONTEIRO (2015,p.8)

Gonçalves (2018, p. 2) explica que um quadricóptero pode realizar três manobras básicas: guinada (yaw, eixo vertical), arfagem (pitch, eixo lateral) e rolagem (roll, eixo longitudinal), através de um controle independente da velocidade de rotação de cada motor.

Tal execução é feita através das alterações na velocidade de rotação de seus motores, aumentando a velocidade de um par e diminuindo a de outro. E quanto à altitude, para mantê-la no momento da execução de um comando é necessário que o empuxo continue constante. E para isso é necessário aumentar e diminuir a rotação dos pares de motores proporcionalmente.

Gonçalves (2018, p.2) continua apresentando os conceitos básicos para se efetuar as manobras citadas:

a) guinada: - sentido horário: aumentar a velocidade dos motores 0 e 2, diminuir a velocidade dos motores 1 e 3, - sentido anti-horário: diminuir a velocidade dos motores 0 e 2, aumentar a velocidade dos motores 1 e 3,

b) arfagem: - mover para frente: aumentar a velocidade dos motores 2 e 3, diminuir a velocidade dos motores 0 e 1, - mover para trás: diminuir a velocidade dos motores 2 e 3, aumentar a velocidade dos motores 0 e 1,

c) rolagem: - virar à direita: aumentar a velocidade dos motores 0 e 3, diminuir a velocidade dos motores 1 e 2, - virar à esquerda: diminuir a velocidade dos motores 0 e 3, aumentar a velocidade dos motores 1 e 2.

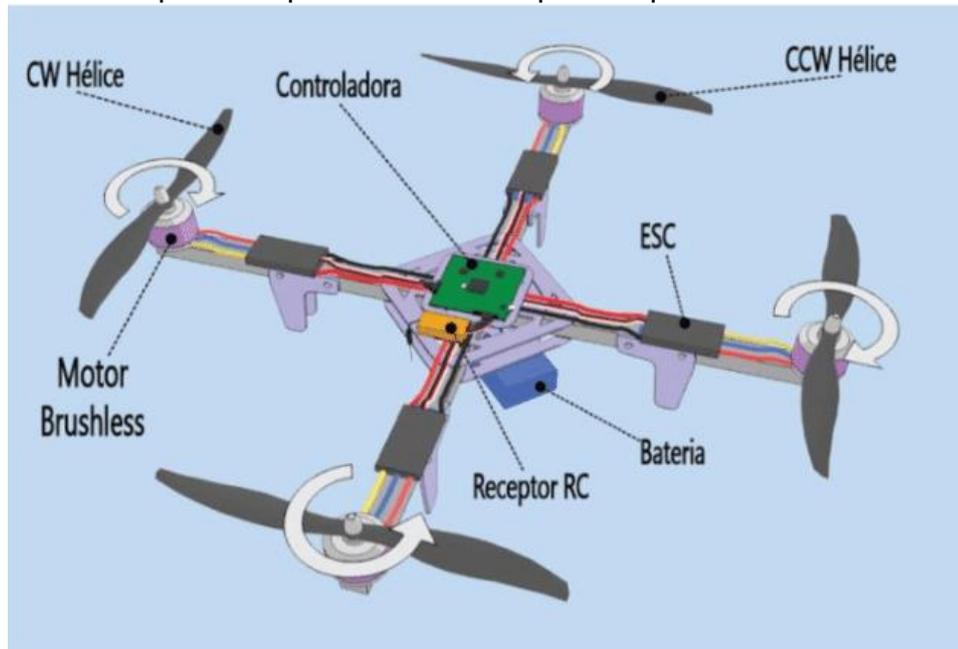
Monteiro (2015, p.8), em sua pesquisa mostra que os movimentos dos quadrimotores são gerados por mudanças coordenadas nas velocidades de rotação dos rotores. Através da variação simultânea das hélices administra-se o aumento e diminuição da altitude.

E cita em relação às vantagens dos quadrirrotores um ponto importante é o efeito reduzido de forças giroscópicas, grande capacidade de carga e modelo

dinâmico simples e a grande desvantagem é o alto consumo de energia, fazendo que o tempo médio de voo fique gire em torno de 10 a 15 mim.

Gonçalves (2018, p.3) afirma que um quadricóptero possui seis componentes principais que são: o chassi, as hélices, os motores, as controladoras eletrônicas de velocidade, a controladora de voo e a bateria. A Figura 10 mostra os principais componentes de um quadricóptero.

**FIGURA 10** - Principais componentes de um quadricóptero



Fonte: - Ferreira (2020)

### 2.3 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMENTO

Teixeira (2018, p. 19), relata que os drones são divididos em duas categorias, os de asas fixas e os de asas rotativas, que se diferenciam na decolagem e aterrissagem em espaços limitados, habilidades de se manter em suspensão e imóvel por longos períodos, pairar e voar em baixas velocidades. O quadricóptero está na categoria de asas rotativas e as quatro hélices ficam posicionadas de forma horizontal e o sentido de rotação dos rotores de forma que os motores adjacentes girem em sentido contrário ao de referência, para compensar o momento angular dos propulsores e por ser um sistema dinâmico, ao se alterar a velocidade dos motores, a posição, inclinação e velocidade do quadricóptero também serão alteradas.

### 2.3.1 Criação de um Drone Quadricóptero

Segundo Fernandes (2016, p.1), em seu primeiro post é possível construir um drone quadricóptero adquirindo as peças separadamente e montagem seguindo instruções de projetos de pessoas especializadas.

A seguir segue os elementos e componentes que compõem um (Vant) Quadricópter com suas especificações e funções para funcionamento.

### 2.3.2 Elementos Do Drone Quadricóptero

Fernandes, (2016, p.1,2,3,4) define os componentes mínimos para a construção básica de um quadricóptero, para que seja capaz de voar. E em seguida Fernandes cita os componentes:

- FRAME ou uma estrutura física do Drone/quadricóptero (p.1)

Fernandes (2016, p.1) em seu primeiro post mostra que o quadricóptero que é o modelo com quatro motores existe duas possibilidades de modelos na forma de “X” ou “H” Para identificar o modelo a ser construído é preciso saber as características de voo desejada do VANT. O modelo “H” permite manobras mais rápidas e o modelo de “X”, manobras mais leves e maior estabilidade. O modelo H geralmente é usado para provas de corridas e o de “X” para atividade com necessidade que o VANT paire sobre determinado ponto.

No segundo post Fernandes (2016, p.1) fala sobre a estrutura física do chassi ou frame que é o componente central de um quadricóptero, ao qual os demais componentes são fixados. Mostra os vários tipos de material que são construídos os frames como plástico, fibra de vidro, fibra de carbono, alumínio ou madeira. A fibra de carbono é o material mais rígido e capaz de absorver melhor as vibrações. No entanto é importante analisar cada material para verificar o impacto e bom funcionamento do quadricóptero desejado. Na Figura 11 é mostrado um modelo de Chassi ou frame de alumínio.

**FIGURA 11** – Chassi ou frame de um quadricóptero



Fonte: Laboratório Mobilis - Computação móvel (2016)

A Figura 12 mostra o modelo de Frame mais comum, sem motores de auxílio.

**FIGURA 12 - Quadcopter:** Modelo mais comum, sem motores de auxílio.



Fonte: Laboratório Mobilis - Computação móvel (2016)

#### - MOTORES DO DRONE (p. 2)

Fernandes (2016, p.1) em seu primeiro post mostra que o quadricóptero é composto de quatro motores que são responsáveis por girar as hélices pela capacidade de voo, que tem como característica geral o tipo “*brushless*” (ou sem escovas).

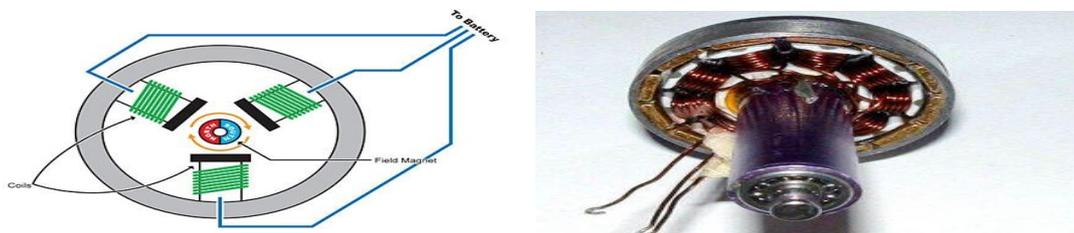
No segundo post Fernandes (2016, p.1) fala sobre a estrutura física dos motores que possuem um ímã permanente e mudam a direção de rotação com alterações, mostrando que a maioria dos quadricópteros usa um tipo de motor chamado “**Brushless Motor**” (motor sem escovas). Também chamados de rotores, os motores de corrente contínua sem escovas proveem o impulso necessário às hélices. A Figura 13 mostra um motor sem escova.

**FIGURA 13** - Motores sem escova - *Brushless Motor*

Fonte: Laboratório Mobilis - Computação móvel (2016)

Os motores *brushless* são similares aos motores DC normais, na medida em que bobinas e ímãs são usados para direcionar seu eixo. Entretanto, como o próprio nome diz, os motores *brushless* não têm uma escova no eixo, responsáveis definir o sentido da corrente nas bobinas. Ao invés das escovas, o motor tem bobinas no centro do motor, as quais são fixadas na estrutura. A parte externa contém certo número de ímãs montados num cilindro, presos ao eixo rotativo. As bobinas fixadas e os fios podem ser ligados diretamente, sem a necessidade de escovas. (FERNANDES. 2016, p.1)

Gonçalves (2018 p.1) relata com relação aos motores elétricos, que existem dois tipos utilizados em quadricópteros: os motores elétricos de Corrente Contínua (CC) com escovas e os motores CC sem escovas, conhecidos como *brushless* em inglês. Os com escovas possuem uma armadura rotativa que funciona como um eletroímã com dois polos. (BROWN, 2017). Os motores sem escovas por sua vez, não possuem nenhum tipo de contato mecânico entre o rotor (parte diretamente conectada ao eixo) e o estator (parte fixa à carcaça do motor) (SILVA, 2014). A Figura 14 mostra um motor elétrico de um drone e como é sua rotação.

**FIGURA 14** - Motor elétrico de um drone

Fonte: Laboratório Mobilis - Computação móvel (2016)

Fernandes (2016 p.1) continua mostrando que normalmente a velocidade dos motores sem escova é mais eficiente, pois seu giro é superior e consomem menos energia na mesma velocidade se comparados aos motores DC comuns. É

importante saber escolher o motor, pois, existem vários fatores como peso, tamanho, tipo de hélice, que interferem no funcionamento e consumo de corrente.

Fernandes (2016 p.1) observa que é importante observar qual o KV de cada motor no momento de escolha do motor, pois indicará quantas rotações por minuto (RPM) o motor é capaz de realizar, se alimentado com uma tensão em Volts. A Equação 1 mostra-se a forma de calcular do número de RPM.  $RPM = x[KV] * y[V]$  1, onde x é o valor de KV (na especificação do motor) e y é o valor de tensão fornecida pela bateria.

### 2.3.3 Identificação Dos Motores *Brushless*

Fernandes (2016 p.1) mostra nas figuras abaixo que os fabricantes costumam seguir uma convenção geral para o nome dos motores *brushless*. E cita o exemplo, se tomar o motor *Turnigy Multistar 2209-980KV*, a marca e o modelo são *Turnigy Multistar*.

O primeiro número (2209) deve ser quebrado em duas partes: 22 é o diâmetro, em milímetros, do estator (bobina de cobre no interior do motor) e 09 é a altura, em milímetros, do estator.

O segundo número (980KV) é o número de revoluções por minuto (RPM). Esta é a velocidade que o motor é capaz de realizar quando lhe é aplicada uma tensão de 1V.

O número KV é um indicador de potência do motor:

$$980KV * 12.6V = 12348 RPM.$$

Fernandes (2016 p.1) menciona que existem diferentes tamanhos, potências e formas de fixação na estrutura de motores no mercado. E que os furos são diferentes de acordo com cada modelo e tamanho de motor, é importante observar o frame e a descrição dos motores é o encaixe perfeito das peças e furos. O ideal é seguir a orientação do fabricante quanto ao uso do frame.

As Figuras 15 e 16 mostram os modelos de motores, especificando e mostrando os furos citados.

**FIGURA 15:** Detalhes relacionados à fixação do motor no frame



**Fonte:** Laboratório Mobilis - Computação móvel (2016)

**FIGURA 16:** Furos da estrutura do motor de um drone



**Fonte:** Laboratório Mobilis - Computação móvel (2016)

Fernandes (2016, p. 1) continua citando que os motores devem ser escolhidos de acordo com cada projeto, sempre se atentar na autonomia da bateria, qual será a utilização do drone e custo do projeto, e principalmente a compatibilidade do frame.

#### - HÉLICES (*PROPELLERS*) DO DRONE (p. 2)

Fernandes (2017, p.1), aponta que as hélices são correspondentes ao número de motores, e que serão quatro hélices de acordo com o número de motores do quadricóptero. Demonstra que as hélices devem ser projetadas como pares entre si,

para girarem nos sentidos horários e pares que girem no sentido anti-horário, para assim manter a estabilidade do voo.

As hélices afetam diretamente o peso máximo, a velocidade máxima e a velocidade de manobra de um quadricóptero apud (WANG, 2015).

Fernandes (2017, p.1) mostra que em cada motor fixa-se uma hélice, porém não podem ser todas iguais. É necessário ter um par de hélices voltado para direita e outro para a esquerda instaladas no motor correto. Tal necessidade é para que o quadrimotor fique estabilizado em sua rotação Yaw, ou seja a rotação ao redor do próprio drone. Exemplo o helicóptero que usa o mesmo sistema com uma hélice pequena em sua calda, pois sem essa hélice ficaria girando em torno da hélice superior.

A Figura 17 mostra um modelo de hélices que são necessárias um par de cada para o funcionamento do drone.

**FIGURA 17** – Hélices do quadricóptero



**Fonte:** Laboratório Mobilis - Computação móvel – 2017

Chimenes (2017, p.37) descreve que as hélices são elementos responsáveis pela sustentação e por esse motivo são construídas com materiais leves como nylon, alumínio, fibra de carbono, entre outros, e ocupa uma posição que pode causar danos, alguns projetos usam o protetor de hélice, porém deixa o equipamento mais pesado. O princípio do movimento de um quadri-rotor está ligado a sua estrutura de quatro braços cada um com motor na extremidade e hélice, sua sustentação é garantida pela rotação dos motores que resulta através da hélice que fica acoplado ao motor, em uma força T na direção do eixo de rotação, e também em

um momento Q em torno deste mesmo eixo, e desta forma de direção contrária ao sentido de rotação.

#### - CONTROLADORES DE VELOCIDADE (*Electronic Speed Controller-ESC*) (p.2)

O ESC, controlador de velocidade, é necessário que tenha quatro unidades, pois cada motor necessita do seu controlador para a combinação de diferentes velocidades, permitindo assim, a variação dos movimentos. Fernandes (2017 p.4) mostra que o ESC tem por objetivo através do seu sistema regularizar a velocidade dos motores de forma a permitir decolagens e pousos verticais, os demais movimentos para frente ou para trás, inclinações e manobras. Se for necessário para o projeto, incluir uma placa de distribuição de energia para alimentar adequadamente o ESC.

Fernandes (2017, p. 4) descreve que a ESC recebe os sinais da controladora de voo e determina quanto de potência deve ser enviada para o respectivo motor a ela conectado. A controladora de voo por sua vez é o componente central da aeronave. Ela está encarregada de interpretar os valores obtidos dos sensores que compõem o quadricóptero (caso existam) e receber os comandos externos do usuário. Estes comandos podem vir de um controle remoto via rádio ou mesmo de um dispositivo móvel através de wi-fi. Depois de efetuada a leitura dos sensores e recebido os comandos, a controladora então calcula e envia os sinais para as ESCs. Onde um rotor é composto por um par motor-hélice, sendo que o quadri-rotor tem um rotor por braço, os motores utilizados são os motores Brushless que tem sua alimentação feita pelos variadores denominados de “eletronic speed control” (ESC), as hélices são acopladas nos motores onde são gerados as forças e binários.

Com esse conjunto motor e hélice e alimentação é criado à combinação das forças e momentos de forma que está é sua força de propulsão que assim serão os movimentos de um quadri-rotor.

#### - BATERIA DO DRONE (p. 3)

A bateria necessita apenas uma unidade para alimentar todo o sistema, Chimenes (2017, p.49) menciona a importância da escolha da bateria, pois é necessário analisar a corrente consumida pelos motores no drone a ser construído, visto que cada motor possui uma capacidade máxima de 15 A, com os conjuntos dos quatro motores chegando a no máximo 60 A.

A capacidade da bateria, medida em *miliampere-hora* (mAh) é um indicador direto de quanto tempo um quadricóptero estará apto a voar (ex.: se tivermos uma bateria de 4000mAh, podemos alimentar um sistema que drene 4A, durante 1 hora, ou um sistema que drene 8A, durante 30 minutos ou um sistema que drene 16A, durante 15 minutos e por aí em diante). Quadricópteros do tipo *Racing* usam baterias com capacidade em torno de 1000mAh, enquanto multicópteros maiores podem vir alimentados com baterias de 5000mAh ou mais. Quanto maior a capacidade (mAh), mas pesada a bateria será. (FERNANDES, 2017, p.03)

Chimenes (2017 p.49) aponta que a bateria precisa fornecer no mínimo uma corrente equivalente a cada valor, quanto maior a capacidade da bateria maior a autonomia do peso suportado pelos motores. Num contexto geral é comum usar as baterias de polímero de lítio, chamadas baterias *LiPo* (*Lithium Polymer*), é mais usada por ser uma bateria mais leve e melhor eficiência, porém são necessários cuidados com o uso e processo de recarga para longevidade da vida útil e evitar acidentes.

Fernandes (2017, p.3) descreve sobre as baterias de polímero de lítio (*Lithium Polymer-LiPo*) no qual geralmente são encontradas em células simples (de 3,7V) ou em conjuntos com até 10 células conectadas em série (37V). Possuem diferentes quantidades de células, especificadas como 1S, 2S, 3S, etc. (onde S significa que as células são organizadas em série).

Cada célula tem uma faixa de tensão:

- 3,0V – corresponde ao mínimo valor de tensão que um célula, antes de danificar ou causa perigo;
- 3,5V – mesmo 3,0V sejam considerados o valor mínimo, é importante manter a tensão da bateria pelo menos em 3,5V;
- 3,7V – é a tensão que as baterias são vendidas, por ser a tensão indicada para armazenamento;
- 4,2V – Uma bateria 3S é vendida como tendo capacidade igual a 11,1V (3,7V + 3,7V + 3,7V) e pode fornecer um valor máximo de tensão igual a 12,6V (4,2V + 4,2V + 4,2V).

No Quadro 1 Chimenes (2017, p.49), mostra as especificações usadas no quadromotor e demonstra que com as configurações é possível ter no mínimo 5 minutos de autonomia de voo.

### QUADRO 1: Especificações da bateria utilizada no quadrotor

Quantidade de células 3S
Tensão nominal 11,1V
Taxa de descarga 30 C
Taxa de carga 2 C
Capacidade 5Ah
Peso 408g
Figura 25: ZIPPY Flightmax

Fonte: HOBBYKING1

Fernandes (2017, p.1), aponta a importância da bateria como um componente fundamental no funcionamento do drone quadricóptero, e que o mercado oferece vários tipos de baterias como de chumbo, Lítio iônico, polímero de Lítio, NiMH, entre outras, e as mais comuns usadas nos drones são as de íon de Lítio e as de polímero de Lítio (Lipo).

Nas Figuras 18, 19, 20 e 21 são apresentados vários modelos de baterias para uma melhor visualização.

#### FIGURA 18: Bateria de ácido de Chumbo



Fonte: Laboratório Mobilis- Computação móvel – 2017

#### FIGURA 19: Bateria de Polímero de Lítio (LiPo).



Fonte: Laboratório Mobilis- Computação móvel – 2017

**FIGURA 20:** Bateria de Íon de Lítio.



**Fonte:** Laboratório Mobilis- Computação móvel – 2017

**FIGURA 21:** Bateria de NiMH.



**Fonte:** Laboratório Mobilis- Computação móvel – 2017

Outro fator importante que Fernandes (2017, p.3) aponta é a taxa de carga e descarga da bateria do drone, no qual possui uma especificação com um número seguido da Letra C, ao lado onde aponta a capacidade da bateria que indica quanto de corrente pode ser drenada. Abaixo segue o cálculo para monitoração dessa taxa.

Max Corrente = Taxa Descarga \* Capacidade

Ex: 30[C] \* 2000[mAh] = 60<sup>a</sup>

Existem baterias que vem do fabricante com a quantidade máxima de carga ou seja 5C. Essa bateria pode ser carregada por uma fonte que forneça 5 vezes sua capacidade de carga ou seja, numa bateria de 4000mAh, poderá carregá-la com uma fonte de até 5C \* 4A = 20A. neste caso será necessário 1/5 de hora para recarregar essa bateria.

As baterias têm um autopoder de influência no desempenho dos drones, pois a taxa de rotação dos motores está diretamente ligada na bateria dependendo da sua

carga. Um motor de 980KV alimentado por uma bateria 3S (12,6V) pode girar até:  $980KV * 12,6V = 12348 \text{ RPM}$ .

### 2.3.4 Conectores da bateria do Drone

Fernandes (2017, p. 4), relata que as conexões das baterias de LiPo, são de acordo com cada fabricante, o tipo de conexão são iguais, porém com funções auxiliares diferentes e mostra que o mais comum é o XT60, nesse padrão além das conexões principais existe outra pequena conexão geralmente na cor branca que leva o nome de balanço de carga na qual determina a voltagem de cada célula da bateria. Uma informação importante é que os fios extras além de necessários dependem de células que compõem as conexões da bateria.

Fernandes (2017, p. 4) relata que para não haver dano a bateria é necessária durante a recarga da bateria que haja balanceamento de carga através dos carregadores que medem a tensão de cada célula. Geralmente os carregadores tem o mesmo recurso e com possível seleção de tipo de bateria para a recarga.

A figura 22 mostra algumas imagens de carregadores de bateria, para melhor identificação de cada tipo.

**FIGURA 22** : Tipos de Carregadores de bateria



**Fonte:** Laboratório Mobilis- Computação móvel – 2017

Fernandes (2017, p. 4) continua mencionando a importância de configurar a bateria na recarga com a corrente necessária para cada célula. E mostra como calcular a carga em mAh que é apenas dividir o valor em mAh por 1000, para determinar a corrente de carga.

Ex.: uma bateria de 4000mAh, deverá ser carregada a 4A; uma bateria de 900mAh, deverá ser carregada a 0,9A.

Cada célula tem, normalmente, dois polos, que são usados pelo carregador para medir a tensão em cada uma das células. Assim, o aparelho consegue realizar o balanceamento e evitar carregar uma célula mais do que as outras.

Algumas das opções disponíveis de recarga são:

1. LiPo Charge – Carrega a bateria.
2. LiPo Balance Charge – Carrega a bateria tomando o cuidado de realizar o balanceamento, garantindo a mesma tensão, dentro do limite máximo, em cada uma das células.
3. LiPo Storage – Carrega ou descarrega a bateria para uma tensão ótima de armazenamento (em torno de 3,7V). Esse modo é recomendado se a bateria não será usada por um período relativamente longo (30 dias ou mais).

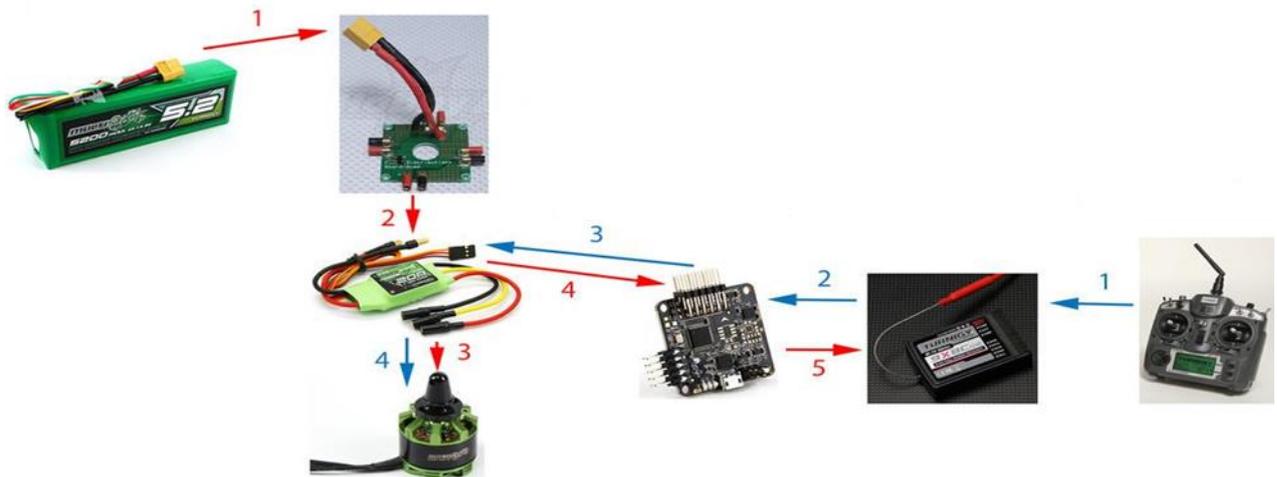
### 2.3.5 Placa De Distribuição De Energia

Fernandes (2017, p. 3), continua mostrando a Placa de distribuição de energia que é a responsável por alimentar cada um dos motores e o circuito de controle de voo, a bateria geralmente é ligada nesta placa para alimentar o sistema. É usada conforme o projeto construído, nem sempre necessários. Essa placa é responsável por alimentar os ESCs adequadamente. A Figura 23 mostra um diagrama do fluxo de distribuição de energia com o sinal de rádio. *Signal Start* = Sinal de início / *Power Start* = Arranque de energia / onde todos os componentes mostrados (excluindo o frame da extremidade do quadro) são necessários para voar / os outros 3 ESCs e motores foram deixados de fora para evitar bagunçar o diagrama / a energia das conexões ESC de 3 pinos irá alimentar tanto o controlador de voo quanto o receptor.

## FIGURA 23: Fluxo de distribuição de Energia

\*Arranque de energia

Fonte: Laboratório Mobilis- Computação móvel – 2017



### 2.3.6 Controladores de voo

Fernandes (2017, p. 1) em suas explicações fala que a placa controladora é fundamental para o funcionamento do quadricóptero, pois sem as informações desses sensores o veículo ficaria fora de controle. Existem vários tipos de placas, as mais completas possuem giroscópios, acelerômetros e outros sensores, que permitem manter o quadricóptero estável, mesmo diante de oscilações provocadas por eventos externos, como o vento entre outros.

Alguns sensores adicionais podem ser incluídos, como barômetros e magnetômetros. Outro dispositivo presente em quase todos os *drones* é o módulo de GPS.

- IMU – Unidade de Medida Inercial

Fernandes (2017, p.1) mostra que outro dispositivo eletrônico importante para o Vant é a Unidade de Medida Inercial que é composta por sensores capazes de medir a velocidade, a orientação e as forças gravitacionais do drone quadricóptero. Essas medidas permitem às placas eletrônicas controladoras calcular as mudanças de velocidade nos motores. Esse dispositivo geralmente é composto por acelerômetros e giroscópios de três eixos e, por isso, são chamadas de unidades inerciais com 6 graus de liberdade (6DOF IMU). Algumas possuem adicionalmente



O uso conjunto dos acelerômetros e giroscópios são fundamentais para uma percepção de orientação mais precisa, conforme explica Fernandes (2017, p.1). Os acelerômetros são mais sensíveis a vibrações, por isso, com o auxílio dos giroscópios é possível distinguir movimento e vibração.

Outra questão importante que Fernandes (2017, p.1) relata é que os giroscópios tendem a perder a referência inicial de orientação angular, quando volta à sua posição de 0 graus (zero graus) de inclinação. Por isso a necessidade de se levar em conta os dados dos acelerômetros, a fim de permitir um cálculo mais preciso de orientação.

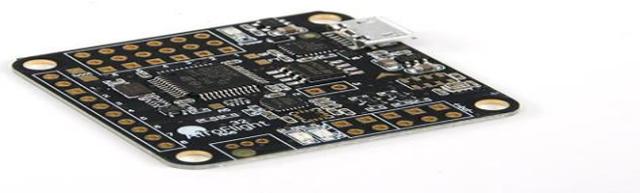
Os magnetômetros auxiliam na estabilidade do veículo em relação à sua rotação Yaw, que não pode ser medida com precisão pelos acelerômetros. Como os magnetômetros são capazes de medir a direção e a força do campo magnético, os pólos podem ser usados como referência, junto com o valor de velocidade angular (Yaw) medido pelos giroscópios, para calcular essa orientação com maior precisão. FERNANDES (2017, P.1)

#### - PLACAS CONTROLADORAS

Teixeira (2018, p.25) diz que a controladora de voo é o componente principal do drone, como se fosse o cérebro do equipamento pois é responsável pela leitura de todos os comandos e ainda mantém a estabilidade do quadricóptero.

As placas controladoras fazem parte dos componentes para a montagem de um drone, segundo Fernandes (2017, p.1) existem no mercado vários tipos de placas de controle de voo. Varia da função e qualidade do drone que se deseja e tipo de funções exercidas. A Figura 26 mostra alguns tipos de placas utilizadas como exemplo e melhor visualização.

**FIGURA 26:** Placas controladoras de voo de um drone



Fonte: Laboratório Mobilis- Computação móvel – 2017

Fernandes (2017, p. 4) continua mostrando que o Controlador de voo é considerado o sistema de inteligência do quadricóptero, é composto por vários sensores como (acelerômetros, giroscópios, barômetro, magnetômetro), formando assim uma Unidade de Medida Inercial que em conjunto com um processador e outros circuitos e são capazes de controlar o veículo durante o voo.

#### - CONTROLE REMOTO

Teixeira (2018, p.38) comenta que é necessários um transmissor e um receptor de comandos, ou seja, um rádio controle para que ocorra um controle remoto do quadrimotor. A Figura 27 mostra como são os controles remotos e o transmissor e receptor de comandos do quadricóptero.

**FIGURA 27** – Transmissor e receptor de um quadricóptero.



**Fonte:** Google imagens

O Controle remoto segundo Fernandes (2017, p.4) é o responsável pelo envio de comando de navegação através de um operador (piloto) para o VANT. Geralmente é composto de um rádio transmissor, que deve ser compatível com o rádio transmissor do sistema de navegação do Drone, e controle remoto. Na figura 30 segue o modelo de um controle remoto usado para controlar um Drone.

## - SOFTWARE

Segundo Braga (2018, p.29) há necessidade de um software para o funcionamento do quadricóptero, pois esse sistema coordena as demais peças do drone com a integração, centralização e execução de todos os comandos em ações paralelas. Uma das funções principais é a pilotagem de qualquer forma que seja por controle remoto rádio, manual ou até do piloto automático.

Gonçalves (2018, p.3) diz que a forma reduzida com uma capacidade de decolagem e aterrissagem vertical os multi-rotors são a estrutura que tem sua utilização em várias aplicações. A grande desvantagem de um multi-rotor é sua autonomia, devido sua sustentação ser garantida pela rotação constante de seus rotores e não da sua aerodinâmica.

Segundo Fernandes (2017, p.1) é possível através de peças separadas construir um drone. E que para a construção de um simples quadricóptero são necessários componentes mínimos como: frame, motor, hélice, controle de velocidade, bateria, placa de distribuição, controle de voo e controle remoto. Através desses componentes e pessoas especializadas e instruídas no desenvolvimento do veículo, construir um Drone ou VANT tendo as bases e fundamentos necessários para obter um veículo simples não tripulado.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 TIPO DE PESQUISA**

A pesquisa é bibliográfica por ter uma coleta de dados secundária, quanto aos objetivos à pesquisa será descritiva e exploratória, descritiva, pois fará a descrição do conteúdo do tema abordado, segundo Vergara (2000, p.47), a pesquisa descritiva mostra as características de determinada população ou fenômeno estabelece relações e define a natureza. A natureza caracteriza-se pela abordagem qualitativa a fim de extrair conclusões acerca do tema. E também terá abordagem quantitativa, porque trata de questões subjetivas e, terá um estudo documental e tem um propósito de explicar o funcionamento e as peças da Montagem do Vant, através de método prático das fórmulas para o acompanhamento de resultados. Também ficará mais visível dentro do contexto de todos os itens do Quadricóptero e de mais fácil entendimento.

Ficará exposta na pesquisa a opinião de autores sobre o tema e a análise crítica do conteúdo abordado. Ajudando a investigar, responder e chegar à conclusão do objetivo pesquisado.

#### **3.2 NATUREZA DA PESQUISA**

Foi qualitativa, pois buscou o significado com base na percepção do assunto investigado que é desenvolvimento e estudo de VANT (veículo aéreo não tripulado) pois, tem o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento e define o melhor entendimento do assunto relatado.

Gil (1999) diz que a pesquisa qualitativa aprofunda melhor a investigação do fenômeno estudado, pois existe um contato direto com a situação estudada. E Bogdan e Biken (2003) relatam que a pesquisa qualitativa possui um contato direto com o investigador, o ambiente e a situação.

## 4 CONCLUSÃO

Conclui-se que os drones ou Vants desde o princípio da história tem sua importância, e atualmente tem se tornado necessário para a tecnologia e utilização de vários segmentos.

Para a montagem de um drone é importante ser por um especialista, que entenda e instrua a construção do veículo não tripulado. Um drone simples, para a sua montagem são necessários no mínimo algumas peças como: Frame, motores, hélices, controlador de velocidade (ESC), bateria, carregador de bateria, placa de distribuição de energia, placa controladora de voo, giroscópio, acelerômetro, controle remoto e software. Componentes fundamentais para obter um drone ou Vant que voe e tenha o mínimo de estrutura para o início de um projeto.

E é importante entender cada item tem suas funções e as compatibilidades na montagem do Drone ou Vant, os itens mínimos são necessários para que tenha a capacidade de voar, e através desse simples projeto é possível desenvolver drones ou Vants com tecnologia avançada para vários objetivos como: projetos e trabalhos tecnológicos, assistência em desastres, missões de busca e salvamento, fotografia aérea, mapeamento, entrega de pacotes, segurança contra roubos, cartografia, monitoramento agricultura, inspeções de áreas, monitoramento em parques eólicos, hidrelétricas, linhas de transmissão, na área de mineração e construção, na área florestal e ambiental, na gravação de vídeos, no salvamento de pessoas nas praias e várias aplicações com a popularização.

Atualmente na produção dos drones existem variados tipos, pela importância de cada função a ser executada. São diversos os modelos desde o mais simples ao mais sofisticado para utilidades específicas, a tecnologia tem crescido a cada dia mostrando a importância dos drones para a sociedade.

Para projetos futuros indica-se o estudo de drones com tecnologia avançada e estipular os fins de cada equipamento e como auxilia nos objetivos de Vants diferenciados.

## REFERÊNCIAS

BATTAGLINI, Natália Maria do Carmo Lopes Guimarães. **Avaliação de exatidão cartográfica de levantamentos planialtimétricos realizados com aeronave remotamente pilotada (rpa)**. 2018. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22057/1/2018\\_NataliaMariaDoCarmoBattaglini\\_tc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22057/1/2018_NataliaMariaDoCarmoBattaglini_tc.pdf). Acesso: 22/05/2020

BUZZO, Lucas. **História dos Drones: do início aos dias de hoje**. 2015. Disponível em: <https://odrones.com.br/historia-dos-drones/#>. Acesso: 20/01/2020

BRAGA, Pedro Paulo Issa. **PROJETO DE UM QUADRICÓPTERO - UMA VISÃO GERAL**. 2018. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/7800/1/PROJETO%20DE%20UM%20QUADRICOPTERO%20UMA%20VISA0%20GERAL%28%20Sem%20ASSINATURAS%29.pdf>. Acesso: 20/10/2021

CHIARELLO, Cássia Gilmara Fraga. **Regulação dos Veículos Aéreos não tripulados para a agricultura no Brasil: Das competências normativas**. 2017. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/1255/2/2017CassiaGilmaraFragaChiarello.pdf>. Acesso: 22/01/2020

CHIMENES, Rafael Martins. Estudo e Desenvolvimento de um quadromotor e sua estação de pilotagem remota. 2017. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1edZ5\\_VKAeLfo4HKQICwpQ\\_oNkQ\\_zm-um/view](https://drive.google.com/file/d/1edZ5_VKAeLfo4HKQICwpQ_oNkQ_zm-um/view). Acesso: 20/05/2020

FERREIRA, RICARDO. S. **Principais componentes de um quadricóptero**. 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Principais-componentes-de-um-quadricoptero\\_fig1\\_331608270](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Principais-componentes-de-um-quadricoptero_fig1_331608270). Acesso: 20/11/2020

FERNANDES, Fernando. Laboratório Mobilis – computação móvel. 2016. **Construa um Drone do 0 – Parte 1**. Disponível em: <http://www2.decom.ufop.br/imobilis/como-construir-um-drone-quadricoptero/>. Acesso: 14/01/2020

FERNANDES, Fernando. Laboratório Mobilis – computação móvel. 2016. **Construa um Drone do 0 – Parte 2**. Disponível em: <http://www2.decom.ufop.br/imobilis/drone-zero-parte-2/>. Acesso 15/01/2020.

FERNANDES, Fernando. Laboratório Mobilis – computação móvel. 2017. **Construa um Drone do 0 – Parte 3**. Disponível em: <http://www2.decom.ufop.br/imobilis/construa-um-drone-do-zero-parte-3/>. Acesso 15/01/2020.

FERNANDES, Fernando. Laboratório Mobilis – computação móvel. 2017. **Construa um Drone do 0 – Parte 4**. Disponível em:

<http://www2.decom.ufop.br/imobilis/construa-um-drone-do-zero-parte-4/>. Acesso 20/01//2020

FERNANDES, Fernando. Laboratório Mobilis – computação móvel. 2017. **Construa um Drone do 0 – Parte 5**. Disponível em:  
<http://www2.decom.ufop.br/imobilis/construa-um-drone-do-zero-controladora-de-voov/>. Acesso 20/01//2020

GONÇALVES, João Paulo Serôdio. **Um protótipo e estudo sobre o desenvolvimento de um quadricóptero**. Disponível em:  
[http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2018\\_2\\_joao-paulo-serodio-goncalves\\_monografia.pdf](http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2018_2_joao-paulo-serodio-goncalves_monografia.pdf). Acesso: 03/12/2020.

MONTEIRO, João Carlos Espiúca. MODELAGEM E CONTROLE DE UM VEÍCULO QUADRIRROTOR. 2015. Disponível em:  
<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014928.pdf>. Acesso: 06/01/2021

PEREIRA, Daniela Silva. DRONES – A HISTÓRIA POR TRÁS DESSA NOVA ERA TECNOLÓGICA. Disponível em:  
<https://www.aerodronebrasil.com/2017/09/27/drones-historia-por-traz-desta-nova-era-tecnologica/>. Acesso 04/02/2020

SILVA, Jean Carlos Inácio da. **Efeitos do uso de aeronave remotamente pilotada (rpa/drone) na vigilância e coleta de imagens para produção de conhecimento no campo da inteligência de segurança pública**. 2018. Disponível em:  
<https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2018/11/Efeitos-do-uso-de-RPA-em-levantamentos-de-ISP-Jean-Carlos-Inacio-da-Silva-PMMG-divulgacao.pdf>. Acesso: 15/03/2020

SOARES, Aline Rezende Milagres e BARBOSA, Fabio Junio Romão. **Regulamentação de vant no Brasil – Disponível em:**  
2015. <https://mundogeo.com/2015/07/20/regulamentacao-de-vant-no-brasil/>. Acesso: 15/10//2020

SCHULTZ, Fernando da Cruz. **Modelagem matemática e aplicação de método de controle implementado em uma plataforma birrotor com sistema em gangorra. 2019**. Disponível em:  
[https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5834/Fernando\\_da\\_Cruz\\_Schultz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5834/Fernando_da_Cruz_Schultz.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso 05/03/2020

LINS. Breno Omena Lamenha - **A UTILIZAÇÃO DO VANT (DRONE) COMO ALTERNATIVA PARA ATUALIZAÇÃO DE REGULARIZAÇÃO URBANA** Rio Largo – AL – 2019 - Universidade Federal De Alagoas Centro de Ciências Agrárias Curso de Engenharia de Agrimensura

TEIXEIRA, Bianca Ferreira Fernandes. **Controle para automatização de um quadricóptero**. Brasília, DF 2018. Disponível em:  
[https://bdm.unb.br/bitstream/10483/23637/1/2018\\_BiancaFerreiraFernandesTeixeira\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/23637/1/2018_BiancaFerreiraFernandesTeixeira_tcc.pdf). Acesso: 20/10/2021

WIKIPEDIA-Veículo **aéreo não tripulado**. 2020.

Disponível em: [https://pt.](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ve%C3%ADculo_a%C3%A9reo_n%C3%A3o_tripulado)

[wikipedia.org/wiki/Ve%C3%ADculo\\_a%C3%A9reo\\_n%C3%A3o\\_tripulado](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ve%C3%ADculo_a%C3%A9reo_n%C3%A3o_tripulado) Acesso:  
15/02/2020

PROJETO APOIO AOS DIÁLOGOS SETORIAIS UNIÃO EUROPEIA – BRASIL.

**Estudo sobre a indústria brasileira e europeia de veículos aéreos não tripulados.** Diálogos Setoriais União Europeia - Brasil Direção Nacional do Projeto + 55 61 2020.4945 / 4168 / 4788 [dialogos.setoriais@planejamento.gov.br](mailto:dialogos.setoriais@planejamento.gov.br)

[www.sectordialogues.org](http://www.sectordialogues.org). Disponível em:

[http://www.mdic.gov.br/images/publicacao\\_DRONES-20161130-20012017-web.pdf](http://www.mdic.gov.br/images/publicacao_DRONES-20161130-20012017-web.pdf).

Acesso 05/02/2020