

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA DA PUC GOIÁS / ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO
Trabalho Final de Curso II

Gustavo Lôbo Marquezam

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DRONE CLASSE 3 DE PULVERIZAÇÃO VOLTADO
PARA APLICAÇÃO NA AGRICULTURA**

Trabalho Final de Curso como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antônio Marcos Melo Medeiros – Orientador. PUC Goiás.
Prof. Me. Fabricia Neres Borges – PUC Goiás.
Prof. Dr. Cassio Hideki Fujisawa – PUC Goiás.

Goiânia, 15 de junho de 2022.

Drone Classe 3 de Pulverização Voltado para Aplicação na Agricultura

Marquezam G. L., Medeiros A. M. M., Borges F. N., Fujisawa C. H., PUC Goiás.

Resumo— No Brasil a agricultura é responsável por uma grande fatia do PIB nacional chegando aos 25%, o Centro-Oeste é uma região que a cada ano cresce suas safras, chegando a ser o maior produtor de soja brasileiro. O principal foco do mercado é a exportação de produtos, sendo este um mercado bastante concorrido exigindo-se uma excelência e qualidade de produção, por consequência grandes investimentos e inovações vem sendo aplicados nesta área. Os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs) são uma opção de inovação tecnológica cada vez mais presente nos campos agrícolas brasileiros, tendo estas diversas funções, como, mapeamento de regiões, análise das plantações, coleta de informações climáticas, pulverização e muitas outras. A pulverização é o foco deste trabalho onde será proposto a construção de um drone pulverizador de grande porte, oferecendo ao mercado uma alternativa com melhor custo-benefício, grande eficácia, menores impactos ambientais e um controle minucioso de pragas.

Palavras-Chave — Agricultura, agronegócio, classe, drones, precisão, pulverização.

Abstract— In Brazil, agriculture is responsible for a large share of the national GDP, reaching 25%, the Midwest is a region that each year grows its crops, becoming the largest producer of Brazilian soybeans. The main focus of the market is the export of products, which is a very competitive market, demanding excellence and quality of production, consequently, large investments and innovations have been applied in this area. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) are an option for technological innovation increasingly present in Brazilian agricultural fields, having these different functions, such as mapping regions, analyzing plantations, gathering climate information, spraying and many others. Spraying is the focus of this work, where the construction of a large spray drone will be proposed, offering the market an alternative with greater cost-benefit, great efficiency, lower environmental impacts and a thorough pest control.

Index Terms— Agriculture, agribusiness, class, drones, precision, spraying.

Marquezam G. L., aluno de graduação de Engenharia de Controle e Automação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás Av. Universitária 1.440, Setor Universitário CEP: 74605-010 - Goiânia, Goiás, Brasil. (e-mail: gustavomarquezam@gmail.com.br).

Medeiros, A. M. M., Professor de Graduação, Escola Politécnica da PUC Goiás, Engenharia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás Av. Universitária 1.440, Setor Universitário CEP: 74605-010, Goiânia, Goiás, Brasil.,(e-mail:amarcosmedeiros@gmail.com.br; marcosmelo@pucgoias.edu.br).

Borges F. N., Professora de Graduação, Escola Politécnica da PUC Goiás, Pontifícia Universidade Católica de Goiás Av. Universitária 1.440, Setor Universitário CEP: 74605-010, Goiânia, Goiás, Brasil., (e-mail: fabricia@pucgoias.edu.br).

Fujisawa C. H., Professor de Graduação, Escola Politécnica da PUC Goiás, Pontifícia Universidade Católica de Goiás Av. Universitária 1.440, Setor Universitário CEP: 74605-010, Goiânia, Goiás, Brasil., (e-mail: hideki@pucgoias.edu.br).

I. INTRODUÇÃO

O setor da agricultura e o agronegócio como um todo é um setor econômico que alicerça uma grande fatia da economia brasileira, sendo responsável por compor quase 25% do PIB nacional.

Além disso, socialmente a agricultura é considerada a área econômica que mais emprega mão de obra no país, os números expressa 17 milhões de pessoas e somam mais 10 milhões de profissionais do agronegócio. [7]

Dentro do importante cenário brasileiro, o estado de Goiás apresenta uma grande representatividade e está em constante crescimento. Nesta região a produção de grãos é o grande destaque, segundo a Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária, EMBRAPA (2014), o centro-oeste é o maior produtor de soja do país. Na última safra os resultados de produção de área plantada foram atualizados e obtiveram aumentos consideráveis, houve um acréscimo de 1,9% na área plantada em relação à safra do ano de 2020, subindo para 6,1 milhões de hectares cultivados e a produção passou de 21,25 milhões de toneladas para as 24,57 milhões de toneladas. [10] [11]

A produção brasileira de alimentos é voltada em parte para a exportação mundial, em 2018 chegando a ser a terceira maior nação exportadora. Por se tratar de um mercado a nível mundial, qualidade, quantidade e sustentabilidade, passam a ser critérios imprescindíveis analisados. Dessa forma a evolução no agronegócio vem aumentando, seja com a implementação de novas tecnologias como também novas técnicas de gestão. [7]

Os veículos aéreos não tripulados “VANTs” ou comumente os chamados drones, tem sido uma inovação tecnológica que está ficando cada vez mais presente nos campos do Brasil. De acordo com a EMBRAPA (2020), os especialistas apostam que a aplicação desta inovação robótica irá proporcionar mudança nos paradigmas e causará um impacto considerável, dentre as vantagens que os drones trarão será a redução de tempo para a execução de tarefas e a maior coleta de dados para tomada de decisões.

Com isso, esse trabalho tem por seu objetivo desenvolver o projeto de um drone pulverizador de grande porte, com a finalidade de propor um modelo de arquitetura aberta e custo de produção menor aos modelos oferecidos pelo mercado. A pulverização com drones auxilia complementando os outros métodos já utilizados, pulverizando áreas onde aeronaves ou pulverizadores terrestres não possuem alcance. De forma mais sustentável e ecológica é possível realizar em conjunto a outros drones captadores de imagens, pulverizar apenas regiões afetadas por pragas, assim reduzindo de maneira drástica o uso de produtos químicos nas plantações, o que protege o ambiente e o consumidor.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. História dos Drones

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs) ou os chamados drones, estão presentes em nossa realidade a bastante tempo, o primeiro registro sobre o uso de um VANT se deu ainda no século 19 por volta do ano de 1849. Nesta ocasião Austríacos utilizaram de um conjunto de cinco balões de ar não tripulados, conectados por um fio de cobre, como pode-se observar na Figura 1, estando carregados com bombas que seriam despejados pela cidade Italiana de Veneza. [2]



Бомбардировка с аэростата. "Воздушное торпеда" О. С. Костовича.

Fig. 1. Drones Austríacos
Fonte: Google Imagens

Diante do ocorrido na Europa outras nações tomaram como inspiração e começaram a projetar os seus próprios modelos de VANTs, até então todos foram voltados a finalidades para uso militar, pois a sua vantagem na realização de missões é gigantesca, onde não se fazia necessário colocar vidas em total risco nas operações mais perigosas. Em 1951 os Estados Unidos desenvolveu um moderno drone não tripulado que podia ser utilizado como alvo aéreo no treinamento dos soldados e pilotos de caça norte-americanos da época. [3]

No Brasil, essa nova tecnologia que estava surgindo foi construída pela Companhia Brasileira de Tratores (CBT) hoje extinta, em parceria com o Centro de Tecno Aeroespacial, no ano de 1983. Assim como o modelo americano, o BQM1-BR, apresentado na Figura 2, se tratava de um jato controlado remotamente com o intuito de treinamento, uso como alvo aéreo e vigiar e mapear zonas perigosas. [2]



Fig. 2. Drone Brasileiro BQM1-BR
Fonte: Google Imagens

B. Tipos de Drones

Com o avanço da tecnologia e a democratização ao seu acesso, os drones se tornaram populares e a empresas entraram com bastante empenho e investimento nesta tecnologia. Os drones então, adquiriram as mais diversas funções no mundo, fotografia, monitoramento, agricultura, segurança, logística, cartologia e diversas outras áreas. Para cada tipo de atividade citada um tipo específico de drone é utilizado, pois cada uma exige habilidades diferentes da aeronave. [1]

A divisão de modelo dos drones subdivide-se em dois principais tipos, sendo eles os drones de asa fixa e os de asa giratória, também chamados de multirotores. Esta divisão é caracterizada principalmente por duas características presente na aeronave, sendo eles, pelo tipo de construção estrutural e o posicionamento dos motores. [1]

O tipo, asa fixa apresenta construção, de acordo com a Figura 3 semelhante a um avião convencional, possuindo na sua construção estrutural uma asa rígida mais pesada que o ar, a sua movimentação é causada devido a propulsão de um ou dois rotores horizontais e a condição de voo é mantida através da reação dinâmica do vento que escoam pelas asas. [5]

As características desse tipo se definem principalmente pela característica aerodinâmica do modelo, sendo assim possui bastante sustentação de voo com um menor gasto de energia, atinge velocidades de navegação mais altas. Por essas qualidades em específico esse modelo consegue ter um tempo de voo maior. Por isso este tipo possui a aplicabilidade em atividades que exigem a maior duração de bateria, como, monitoramento, mapeamento de grandes regiões, vigilância e outras. [8]



Fig. 3. Drone do Tipo Asa Fixa
Fonte: Google Imagens

Os drones de asa giratória ou multirotores, são os modelos que em sua estrutura possui os rotores posicionados verticalmente, assemelhando-se aos helicópteros, como se observa na Figura 4. Devido a esta construção a dinâmica de voo permite ao drone movimentos nas três dimensões. [1]

O posicionamento dos rotores geralmente, se dá nas extremidades das hastes de estrutura do drone. Quanto a quantidade, os multicopteros variam de 1 a até 8 motores, os modelos mais comuns presentes no mercado são os, tricópteros (3 rotores), quadrópteros (4 rotores), hexacópteros (6 rotores) e octacópteros (8 rotores). A quantidade de motores influencia principalmente na força de empuxo que o drone será capaz de gerar, por consequência,

a força de sustentação. Assim um drone com o maior número de motores apresenta maior capacidade de peso a ser carregado. [6]

O modelo de asa giratória tem como vantagens a possibilidade de permanecer parado no ar, conseguem voar com uma velocidade baixa e constante, realizam manobras com maior facilidade podendo operar em áreas limitadas e por realizarem voos no sentido vertical, são capazes pouso e decolagem em regiões menores. Com essas características as principais áreas de aplicações desse tipo são, agropecuária, geração de imagens, monitoramento e outras. [8]



Fig. 4. Drone de Asa Giratória (4 rotores)
Fonte: Google Imagens

De maneira comparativa a principal diferença em aplicabilidade entre os dois tipos de construção de drones, se deve a sua capacidade de duração de voo e a outra diferença é a maneira de decolagem. Sendo assim o modelo de asa fixa pode realizar o mapeamento de uma área com extensão de 20 km², enquanto o drone de asa giratória cobre uma região de 1 km², mas por outro lado com sua capacidade de voar verticalmente com baixa velocidade e estabilidade pode percorrer caminhos inacessíveis ao de asa fixa. [1]

C. Legislação

O uso de drones em qualquer que seja a sua finalidade é regido por regras definidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Além dessas regras, a operação de aeronaves não tripuladas por um civil, faz-se necessário seguir as normas estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

A ANAC regulamenta os drones em dois modelos, os aeromodelos que têm por finalidade recreação e lazer, já os modelos de aeronaves remotamente pilotadas com a o objetivo de uso experimental, comercial ou institucional é denominado RPA.

As regras estão descritas no Regulamento de Aviação Brasileira Civil Especial nº94/2017, onde os drones do tipo RPA são subdivididos em três classes de acordo com o peso máximo de decolagem. A classe 1 possuem peso máximo superior a 150 kg, classe 2 possui peso máximo de decolagem maior de 25kg a até 150kg e a classe 3 possui peso maior que 250g a até 25kg.

Para condução de aeronaves não tripuladas classe 3 deve-se seguir as seguintes regras descritas no Regulamento de Aviação Brasileira Civil Especial nº94/2017:

- Ter no mínimo 18 anos de idade para pilotar ou para auxiliar a operação como observador.
 - Possuir seguro com cobertura de danos a terceiros.
 - Fazer uma avaliação de risco operacional (IS-ANAC nº E94-003).
 - Operar apenas em áreas distantes de terceiros (no mínimo 30 metros horizontais). Essa restrição está dispensada caso haja anuência das pessoas próximas à operação ou exista uma barreira mecânica capaz de isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação.
 - Operar apenas um único sistema de RPA por vez.
 - É possível trocar o piloto remoto em comando durante a operação.
 - As operações só poderão ser iniciadas se houver autonomia suficiente da aeronave para realizar o voo e para pousar em segurança no local previsto, levando-se em conta as condições meteorológicas conhecidas.
 - Cadastrar cada equipamento no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) da ANAC.
 - Fixar a identificação (número obtido no processo de cadastramento) do equipamento em local visível na aeronave e com material não inflamável.
 - Portar o comprovante do cadastro junto à ANAC, do seguro e da avaliação de risco e o manual de voo do equipamento.
 - Não é permitido operar drones sob efeito de substâncias psicoativas e todos os operadores estão sujeitos às regras quanto ao uso de álcool e de drogas constantes do item 91.17 do RBAC - Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC 91).
- Os modelos de classe 1 e 2 possuem mais regras e exigem licenças mais rigorosas do que as exigidas pela classe 3. Além das regras descritas para o modelo classe 3 os modelos classe 1 e 2 devem possuir: os registros de todos os planos voos feitos pelas aeronaves, possuir e portar licença e habilitação emitidos pela ANAC, bem como Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de 1ª, 2ª ou 5ª classe concedidos pela ANAC ou de 3ª classe expedido pelo Comando da Aeronáutica.
- Na classe 2 deve-se obter e portar Certificado de Aeronavegabilidade Especial RPA (CAER) junto a ANAC, para isso o proprietário deve exigir ao fabricante uma declaração que a aeronave está de acordo com o projeto aprovado pela ANAC. Outra regra necessária para conformidade da operação, é a realização das manutenções preventivas recomendadas pelo fabricante e a sua devida anotação em caderneta apropriada. As manutenções devem ser feitas pelo fabricante ou pessoa certificada e treinada pelo fabricante.
- Drones classe 1 devem possuir seu registro na ANAC e possuir e portar o Certificado de Aeronavegabilidade padrão ou restrito, neste caso o proprietário tem por obrigação seguir os procedimentos estabelecidos no RBAC nº21. Quanto a manutenção, a classe 1 é mais rigorosa sendo obrigatório realizar uma Inspeção Anual de Manutenção (IAM), junto a isso deve apresentar a Declaração de Inspeção Anual de Manutenção (DIAM) confirmando as condições de aeronavegabilidade. Todas as manutenções e

reparos devem seguir as normas da Subparte G do RBAC-E n°94/2017 e RBAC n°43.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a construção de um Veículo Aéreo não Tripulado, os VANTs, existe uma estrutura básica composta com um conjunto de seis principais componentes, sendo estes os Motores, Estrutura, Hélices, Controlador de Velocidade, Controlador de Voo e Baterias, assim como está especificado na Figura 5. Além destes principais itens diversos acessórios podem ser adicionados ao drone para que ele possua mais funcionalidades e seja mais eficiente. [6]

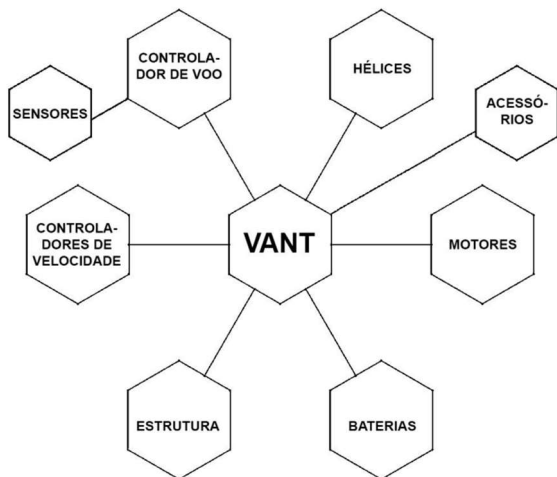


Fig. 5. Descrição dos componentes para construção do VANT
Fonte: DEMOLINARI, 2016

Diante das informações apresentadas definiu-se quais serão alguns parâmetros básicos a serem considerados para que sejam dimensionados os componentes básicos e acessórios para o projeto do drone de grande porte para agricultura o qual possuirá a finalidade voltada a pulverização.

Quanto a parte estrutural foi escolhido o modelo de construção Asa Giratória com 4 rotores, devido a sua maior capacidade de carga, maior estabilidade e controle de velocidade, também pela possibilidade de realizar manobras em regiões de difícil voo.

A legislação foi determinante para a definição do peso total do drone, pois os de classe 1 e 2 possuem maiores exigências do que os de classe 3. Como o objetivo do projeto é oferecer uma opção mais acessível foi determinado que o drone será projetado dentro das regras determinadas pela ANAC para um drone classe 3.

Quanto a escolha das peças que constituíram o modelo estudado, foram realizadas diversas pesquisas em sites de fabricantes dos diversos componentes, assim como de modelos prontos já disponibilizados no mercado nacional e internacional. Diante das informações obtidas foram feitas comparações entre modelos similares e assim escolhidos os que melhor atendiam ao projeto.

IV. RESULTADOS

Seguindo a pesquisa realizada para o levantamento das especificações das peças necessárias à montagem do protótipo do Drone que será proposto.

A. Modelo de Drone para Referência

Um modelo de equipamento mostrado na Figura 6, já disponível no mercado foi utilizado como referência para a escolha de cada uma das peças.



Fig. 6. Modelo utilizado de Referência
Fonte : ALIEXPRESS.COM

Este modelo foi escolhido pois apresenta os requisitos determinados e citados anteriormente e também por classificar todas as peças que o compõe, demonstrados na Figura 7, possibilitando usá-las como referência nas pesquisas dos componentes para o projeto de estudo.[13]



Fig. 7. Componentes Referência
Fonte: ALIEXPRESS.COM

B. Estrutura do Drone

De acordo com as necessidades citadas anteriormente foi escolhida um modelo de estrutura que se qualifica para atender as exigências do projeto, suportando a instalação dos quatro motores necessários e um tanque com a capacidade de 10 Litros de produto para a pulverização. Pode-se observar na Figura 8 as características mencionadas. [14]



Fig. 8. Modelo de estrutura escolhido
Fonte: ALIEXPRESS.COM

C. Motor

Os motores utilizados no projeto serão o modelo X8 com 3090ccw e hélices de 30 polegadas, esse conjunto é capaz de fornecer uma força de impulso de 5-7 Kg por motor, logo como a especificação do projeto prevê um peso de decolagem de 2 Kg, os quatro motores combinados serão capazes de proporcionar o voo da aeronave. O modelo descrito é apresentado na Figura 9. Para a determinação deste modelo outros motores foram pesquisados, porém não apresentavam a força de empuxo necessária ou a ultrapassava, sendo assim o modelo escolhido atende as necessidades prescritas. [15]



Fig. 9. Motor X8
Fonte: ALIEXPRESS.COM

D. Controle

Na Figura 10 tem-se o controle do Drone, o modelo escolhido opera na frequência de 2.4GHz, pois esta frequência possibilita a operação por maiores distâncias o que se faz indispensável para a atividade a qual o equipamento realizará. O controle escolhido já vem integrado a ele um sistema de câmera para que o monitoramento durante o voo seja realizado de maneira mais eficiente e precisa. [16]



Fig. 10. Controle Remoto
Fonte: ALIEXPRESS.COM

E. Controlador

Para o completo funcionamento das peças já listadas se faz necessária a implementação de um controlador de voo, para isso o modelo de controlador Jiyi k++ v2 é sugerido, para complementar este controlador suporta sensores e Gps para que o Drone tenha capacidade de controle preciso e seguro. Sendo assim foi escolhido o kit que é vendido com todos estes acessórios. Dentre eles, sensores de proximidade frontal, traseiro e de altitude, com a finalidade de evitar colisões. Para um controle de maior precisão na atuação da pulverização tem-se um sensor de fluxo para controle da bomba de fluidos.

Desta maneira as seguintes funções serão possíveis, atribuições de curso, proteção para baixa tensão, proteção contra colisão, armazenamento de Log, função de redução de ruídos ativa, detecção de direção e sequência dos motores, pulverização precisa e controle de ligação da bomba de fluidos. [17]



Fig. 11. Kit controlador
Fonte: ALIEXPRESS.COM

F. Pulverizador

Tendo o projeto do Drone o objetivo voltado a atuação na área agrícola realizando pulverização, deve-se instalar uma bomba e bicos pulverizadores, como na Figura 12, na

estrutura do Drone. A bomba selecionada possui capacidade de fluxo para pulverizar até 1 hectare em 15 minutos de voo, sendo esta a autonomia esperada para o projeto, utilizando a média de 10 litros de líquido pulverizado. [18]



Fig. 12. Bomba e Bicos pulverizadores
Fonte – ALIEXPRESS.COM

G. Bateria

Para o fornecimento de energia para os motores e todo o sistema de controle do drone, foi escolhido as baterias recomendadas pelo fabricante do motor, sendo estas baterias, como na Figura 13, do tipo LiPo de seis células com 16.000mah e 22,2V. Como os motores necessitam de uma voltagem média de 40V serão utilizadas duas baterias em série para que se obtenha uma voltagem de 44,4V podendo assim suprir a necessidade de energia requisitado. Esta configuração segundo as pesquisas realizadas estima uma autonomia de Voo de 15 minutos. [19]



Fig. 13. Baterias
Fonte: ALIEXPRESS.COM

H. Peso

Seguindo o modelo do Drone classe 3 e as regras impostas pela legislação brasileira o projeto não pode ultrapassar o peso total de 25 quilogramas. Por isso o peso de cada componente é importante para que no total o valor limite não seja ultrapassado, Tabela I.

TABELA I
MATERIAIS UTILIZADOS SEUS PESOS.

Peça	Peso (g)
Estrutura	6.000
Motor	1.040 * 4Un = 4.160
Baterias	1.905 * 2Un = 3.810
Outros	Não especificado
Reservatório 10L	1.000
Líquido para pulverizar	10.000
TOTAL	24.970

O item listado na tabela como “outros” se referencia aos componentes do controlador e pulverização. Devido ao fato da soma de peso dos demais componentes se aproximarem do valor máximo permitido será necessário reduzir a quantidade de líquido para pulverização de acordo com o peso total das peças que não foi obtido o valor na pesquisa, dessa maneira o peso de decolagem do drone estará de acordo com a legislação.

I. Preços

As peças sugeridas no projeto foram escolhidas no site de compras “ALIEXPRESS.COM”, pelo fato das peças serem importadas da china o seu valor altera de acordo com o preço de cambio do Dólar comercial Americano, no dia 30 de maio de 2022 com o valor da moeda de R\$ 4,706 para cada dólar, Tabela II.

TABELA II
LISTA DE MATÉRIAS COM PREÇOS DE MERCADO.

Peças	Preço(R\$)	Frete(R\$)
Estrutura	2.165,59	1.193,61
Motor	795,94* 4Un	78,55
Controle	1.963,67	0,00
Controlador	1.792,70	71,98
Pulverizador	605,96	246,69
Bateria	858,17* 2Un	822,10
Montagem (Mão de Obra)	500,00	0,00
Valor Total	11.069,85	2.412,93

Por fim o projeto atinge um valor total de **13.482,78** Reais, porém de acordo com as leis de importação, produtos importados sofrem uma taxa de 60% do valor total de compra, incluindo o valor do produto somado ao frete. [20]

Sendo assim, será acrescido na quantia $0,6 * 13.482,78 = 8.089,67$ Reais, resultando na soma de **21.572,45** Reais.

Como medida de comparação foram levantados modelos de Drones agrícolas vendidos no Brasil com configurações e finalidades semelhantes ao sugerido no projeto. Todos os modelos pesquisados possuem 10 litros de capacidade de líquido para que seja analisado o custo-benefício de todos os projetos. Assim pode-se comprovar a vantagem do projeto sugerido.

Primeiro modelo, Figura 14 “Drone Agrícola Pulverizador Para 10 Litros De Calda”, vendido pelo valor de R\$69.990,00 com frete gratuito. Características: Quatro motores, tempo de Voo de 14,3 minutos, capacidade de carga 10 litros, Gps, radar de solo e obstáculos, e sistema de pulverização em barra. [21]



Fig. 14. Modelo Brasileiro 1
Fonte: Mercado Livre

Segundo modelo “Dji Mavic Mini 4k Pulverizador 10 Litros” mostrado na Figura 15, vendido pelo valor de R\$38.550,00 e frete gratuito. Características: Quatro motores, tempo de Voo de 10 a 15 minutos, Gps, radar anticolisão e capacidade de carga de 10 litros. [22]



Fig. 15. Modelo Brasileiro 2
Fonte: Mercado Livre

Na Figura 16 temos o terceiro modelo, “Drone Pulverizador Agrícola Dji Agras T10”, vendido pelo valor de R\$78.999,99 também com frete gratuito. Características: Capacidade de carga de 10 litros, sistema de detecção com radar e câmeras, taxa de pulverização de 1,8L/min e peso 24,8Kg. [23]



Fig. 16. Modelo Brasileiro 3
Fonte: Mercado Livre

Foi calculado o valor médio dos Drones vendidos no Brasil, fazendo a média dos valos de três drones similares ao proposto em arquitetura aberta, conforme equação 1 e obtendo o resultado na equação 2.

$$V_{\text{médio}} = \frac{R\$69.990,00 + R\$38.550,00 + R\$78.999,99}{3} \quad (1)$$

$$V_{\text{médio}} = R\$62.513,33 \quad (2)$$

Analisando os valores das opções vendidas no Brasil e o modelo projetado analisa-se uma diferença de R\$40.940,88, representando 189,8% do preço do modelo projetado. Por isso, fica comprovado a grande vantagem do modelo apresentado.

V. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O uso de Drones vem se diversificando nas mais diversas áreas, tanto comerciais como para *hobbie*, na agricultura seu destaque está no mapeamento de áreas agrícolas como também na pulverização como foi abordado. O estudo mostrou a montagem de um projeto de arquitetura aberta de um Drone Classe 3 com finalidade à pulverização complementar de acordo com o objetivo proposto. O custo deste modelo é de R\$ 21.572,45 com impostos inclusos, modelos vendidos no mercado nacional ficaram com preço médio entorno de R\$ 62.513,33, o que mostra um valor de 66,77% menor aos drones brasileiros.

As complicações encontradas durante o projeto, foram principalmente a dificuldade em se obter informações mais detalhadas sobre os componentes e de outros projetos. As peças necessárias para o projeto são fabricadas no exterior, em grande parte delas na China, por este motivo as descrições e características muitas vezes se encontra em outro idioma, dificultando o entendimento sobre alguns aspectos do componente.

Por se tratar de um projeto de arquitetura aberta fica a sugestão para trabalhos futuros, um problema encontrado no projeto é o peso final, em que se teve de reduzir a carga de líquido para que não ultrapasse o valor máximo do peso de decolagem da Classe 3, logo projetar uma nova estrutura para o drone que seja mais leve é uma solução, assim aumentará a capacidade de líquido para trabalho.

VI. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] R. Bernardo, V. M. Cornago Júnior e M. S. Denadai, “Uso de Drones Para Aplicações de Defensivos Agrícolas,” 8º *Jornada Científica e Tecnológica da Fatec de Botucatu*, p. 8, 2019.
- [2] A. J. da Silva Nascimento e M. S. Denadai, “Drone, a História desta Tecnologia,” *Tekhne e Logos, Botucatu*, vol. 12, nº 2, 2021.
- [3] T. d. S. Beté, “Drones: um pequeno histórico e as consequências do seu uso,” *Revista Conexão Sipaer*, vol. 10, nº 1, pp. 2-14, 2019.
- [4] M. H. Hirakuri e J. J. Lazzarotto, “O Agronegócio da Soja nos contextos Mundial e Brasileiro,” *EMBRAPA*, Junho 2014.
- [5] G. d. O. Dias, “Projeto de um Drone Híbrido,” *Universidade Federal Fluminense*, 6 Julho 2017.
- [6] H. C. Demolinari, “Projeto de Construção de um Drone Hexacóptero,” *Universidade Federal Fluminense*, 23 Março 2016.
- [7] G. B. Bufon, *Inovação, importância e gestão do agronegócio no Brasil*, Goiânia: Pontifícia Universidade Católica e Goiás, 2020.
- [8] G. M. Melo, T. H. N. Jesus, E. L. Guimarães, R. V. d. E. Santo, R. M. Silva e R. F. N. Rodrigues, “Montagem Protótipo Drone Multirotor,” *II Anais do Curso de Engenharia Elétrica da*

UniEVANGÉLICA, vol. 2, nº 1, 2019.

- [9] J. Silva, “Embrapa,” Embrapa, 2 10 2020. [Online]. Available: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/56205524/enxame-de-drones-e-a-tendencia-para-monitorar-o-campo>. [Acesso em 28 Outubro 2021].
- [10] Emater, “Emater,” Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária, 9 7 2021. [Online]. Available: <https://www.emater.go.gov.br/wp/goias-deve-registrar-247-milhoes-de-toneladas-de-graos-na-safr-2020-2021/>. [Acesso em 28 Outubro 2021].
- [11] Emater, “Emater,” Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária, 12 9 2019. [Online]. Available: <https://www.emater.go.gov.br/wp/crescimento-da-safr-de-graos-em-goias-fica-acima-da-media-nacional-aponta-conab/>. [Acesso em 28 Outubro 2021].
- [12] ANAC, “Governo Brasileiro,” Agência Nacional de Aviação Civil, 03 11 2021. [Online]. Available: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/regras-de-todos-os-orgaos-brasileiros-sobre-operacao-de-drones>. [Acesso em 15 Novembro 2021].
- [13] “Aliexpress,” 30 05 2022. [Online]. Available: https://pt.aliexpress.com/item/1005002059800615.html?spm=a2g0o.detail.1000013.3.5e1e1ae1ZII1tFQ&gps-id=pcDetailBottomMoreThisSeller&scm=1007.13339.169870.0&scm_id=1007.13339.169870.0&scm-url=1007.13339.169870.0&pvid=8db47d03-457a-4e91-b269-03f9df03c944&t_. [Acesso em 30 05 2022].
- [14] Aliexpress, “Aliexpress,” 30 05 2022. [Online]. Available: https://pt.aliexpress.com/item/1005003451793046.html?spm=a2g0o.detail.1000014.5.20201eb8ZtNx53&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.40050.281175.0&scm_id=1007.40050.281175.0&scm-url=1007.40050.281175.0&pvid=835eeff1-3ba1-4cdf-bb1e-1dd1a1e90c30&t_. [Acesso em 30 05 2022].
- [15] Aliexpress, “Aliexpress,” Aliexpress, 30 05 2022. [Online]. Available: https://pt.aliexpress.com/item/4000548866665.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.1e16712bMl0xzO&algo_pvid=4c652463-3ea1-4b4a-9652-a0ed7cc3ec14&algo_exp_id=4c652463-3ea1-4b4a-9652-a0ed7cc3ec14-39&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2210000002848637905%22%7D&pdp_npi=2%. [Acesso em 30 05 2022].
- [16] Aliexpress, “Aliexpress,” Aliexpress, 30 05 2022. [Online]. Available: https://pt.aliexpress.com/item/33037617563.html?spm=a2g0o.detail.1000014.27.5e1e1ae1g5aMks&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.40050.274735.0&scm_id=1007.40050.274735.0&scm-url=1007.40050.274735.0&pvid=f62cb823-c3be-48da-a71c-7a7bd38c5394&t=gps. [Acesso em 30 05 2022].
- [17] Aliexpress, “Aliexpress,” Aliexpress, 30 05 2022. [Online]. Available: https://pt.aliexpress.com/item/1005003252987014.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.6f9a1471RV2Tqf&algo_pvid=1b7866ef-dde8-44eb-9869-7dd48664ad5e&algo_exp_id=1b7866ef-dde8-44eb-9869-7dd48664ad5e-3&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000024867857769%22%7D&pdp_pi=-. [Acesso em 30 05 2022].
- [18] Aliexpress, “Aliexpress,” Aliexpress, 30 05 2022. [Online]. Available: https://pt.aliexpress.com/item/1005001893698396.html?spm=a2g0o.detail.0.0.32da1942dM6eOS&gps-id=pcDetailBottomMoreThisSeller&scm=1007.13339.274681.0&scm_id=1007.13339.274681.0&scm-url=1007.13339.274681.0&pvid=de290e2d-3bb2-4f24-aa2a-7f1b1f0f88ee&t=gps-id. [Acesso em 30 05 2022].
- [19] Aliexpress, “Aliexpress,” Aliexpress, 30 05 2022. [Online]. Available: https://pt.aliexpress.com/item/1005004148602833.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.7e8b700c7AoCSP&algo_pvid=e51216a4-d5c8-4343-95bc-6a9afa357b91&aem_p4p_detail=202205292146421029289492379060026997352&algo_exp_id=e51216a4-d5c8-4343-95bc-6a9afa357b91-19&pdp_ext_. [Acesso em 30 05 2022].
- [20] F. Belo, “Nuvem Shop,” 30 04 2022. [Online]. Available: <https://www.nuvenshop.com.br/blog/saiba-quais-impostos-voce-deve-pagar-ao-importar-produtos-do->
- exterior/#:~:text=Qual%20a%20porcentagem%20do%20imposto,e%20do%20pre%C3%A7o%20do%20frete.. [Acesso em 30 05 2022].
- [21] BRROBOTSTECONOLOGIA, “Mercado Livre,” [Online]. Available: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1873984310-drone-agricola-pulverizador-para-10-litros-de-calda-JM?searchVariation=83608318815#searchVariation=83608318815&position=2&search_layout=stack&type=item&tracking_id=3f500e49-8d01-416a-aebb-29dca0b3a34f. [Acesso em 30 05 2022].
- [22] R. Rei, “Mercado Livre,” [Online]. Available: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1505890212-dji-mavic-mini-4k-pulverizador-10-litros-JM?searchVariation=54562098015#searchVariation=54562098015&position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=3f500e49-8d01-416a-aebb-29dca0b3a34f. [Acesso em 30 05 2022].
- [23] DRONEPROPILOTASISTENCIALTD, “Mercado Livre,” [Online]. Available: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2222465656-drone-pulverizador-agricola-dji-agras-t10-sem-baterias-JM?searchVariation=174358728478#searchVariation=174358728478&position=13&search_layout=stack&type=item&tracking_id=3f500e49-8d01-416a-aebb-29dca0b3a34f. [Acesso em 30 05 2022].

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Gustavo Lôbo Marquizon
do Curso de Eng. Controle e Automação, matrícula 2017.1.0118.0077.6,
telefone: (62) 98224-0107 e-mail gustavomarquezan@gmail,
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei
dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás)
a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
PROVA CLASSE 3 DE PULVERIZAÇÃO VOLTA DO PARA AGRICULTURA
_____, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos,
conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de
computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção
científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 15 de Junho de 2022.

Assinatura do autor: Gustavo Lôbo Marquizon

Nome completo do autor: Gustavo Lôbo Marquizon

Assinatura do professor-orientador: Antônio Marcos Melo Medeiros

Nome completo do professor-orientador: Antônio Marcos Melo Medeiros