

PROTÓTIPO DE PLANADOR DE BAIXO CUSTO PARA APLICAÇÕES NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Leonardo Tortelli Debiasi¹

Marcos Vinicius Perin²

Roberson Junior Fernandes Alves³

RESUMO

No presente artigo tem-se como objetivo demonstrar como foi feita a montagem do protótipo de um planador e o desenvolvimento da aplicação responsável pelo seu controle durante a execução do voo, além da realização do controle de estabilidade autônomo. No decorrer do artigo são fundamentados os principais conceitos que nortearam a execução do trabalho. Além disso, são apresentados os métodos e materiais (incluindo peças e softwares) utilizados na montagem do planador, incluindo os processos da montagem do protótipo até os testes de comunicação feitas pelo aplicativo. O *app* e o controle de estabilidade autônoma atendem as principais funcionalidades para controle do planador, e os resultados parciais já demonstram seu potencial e possibilidades.

Palavras-chave: VANTs. PhalconAP. Agricultura de Precisão.

1 INTRODUÇÃO

Com o grande avanço da Agricultura de Precisão (AP) no mercado brasileiro, equipamentos como GPS, receptores que geram mapas de produtividade se tornaram tecnologias ultrapassadas. Sabendo da necessidade de medidas de gestão adaptadas à realidade de cada produtor, hoje em dia se faz necessária a exatidão dos dados obtidos por meio das tecnologias.

Em razão de sua importância econômica, a AP requer medidas de cuidado e manejo adequadas, para que este ramo sempre venha a agregar positivamente na economia do País. Porém hoje em dia são encontradas diversas interferências naturais que vêm impedindo seus produtores de atingirem o potencial máximo de produtividade. O motivo de parte disso são as constantes mudanças climáticas que acabam colocando em risco a vida útil do plantio; também se pode citar os frequentes ataques parasitários aos cultivos.

Visando amenizar esse possível prejuízo para a economia brasileira, buscaram-se soluções em que o tratamento desses impasses ambientais e naturais sejam tratados de forma assertiva e dissimétrica, considerando o uso atual da tecnologia para eliminar esses possíveis problemas, provando ser uma grande solução para o problema em questão.

Com o desenvolvimento do projeto será possível diminuir a quantidade de problemas com os cultivos da agricultura. Para isso é preciso usar a tecnologia voltada à AP; por intermédio do uso de sensores e imagens com alta certificação dos dados, será possível identificar os possíveis impasses ambientais e podendo tratá-los com antecedência, sabendo que a economia estará assegurada e a qualidade do cultivo será mais alta.

O presente artigo foi organizado em seções. Na seção 2 destaca-se a importância da Agricultura de Precisão; na seção 3 descrevem-se os veículos aéreos não tripulados. Já na seção 4 são descritos os Materiais e Métodos e na seção 5 é apresentado o PhalconAP. Para finalizar, na seção 6 são apresentadas as conclusões.

¹ Graduando do Curso de Ciência da Computação pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; leonardo.debiasi@hotmail.com

² Graduando do Curso de Ciência da Computação pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; marcos_viniperin@outlook.com

³ Mestre em Computação Aplicada pela Universidade Estadual de Ponta Grossa; Professor do Curso de Ciência da Computação na Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; roberson.alves@unoesc.edu.br

2 AGRICULTURA DE PRECISÃO

Por séculos a produção agropecuária se resumia em trabalho braçal, no qual a busca por pragas, ervas daninhas, insetos e problemas no solo era feita manualmente. Com o advento da tecnologia, a adaptação desse cenário mudou de um mundo rústico para um novo, com grande avanço tecnológico (TONDATO; ARANTES; ARANTES, 2015).

Em meados da década de 1960, o Brasil apresentou um processo de modernização na agricultura. Atualmente a agricultura passa por uma mudança, em que o foco passou a ser o controle de pragas e doenças agrícolas (SILVA; BOTELHO, 2014).

O rápido avanço da agricultura moderna está tornando as atividades na área cada vez mais competitivas. A Agricultura de Precisão (AP), como é chamada no Brasil, é um sistema adotado por agricultores que surgiu como um gerenciamento de informações e teve um grande crescimento junto com a tecnologia na área de posicionamento geográfico, como o *Global Positioning System (GPS)* e as tecnologias de sensoriamento remoto (NUNES, 2016).

Citando uma de suas definições, a AP é um conjunto de princípios e tecnologias aplicados no manejo do tempo e espaço associado à produção agrícola, com o objetivo de aumentar a produtividade das culturas e a qualidade ambiental (PIERCE; NOWAK, 1999).

O objetivo da AP se baseia em detectar, monitorar e realizar o manejo dessas informações, buscando a otimização da produção agropecuária. O principal conceito da AP é realizar análise a partir de informações exatas e precisas para obter decisões. O problema encontrado em aplicar esses conceitos ocorreu, inicialmente, pelos custos de equipamentos e adaptações a diferentes lugares; mas hoje a AP evoluiu para soluções viáveis se tornando uma ferramenta ao alcance dos produtores (NUNES, 2016).

A filosofia atrás da AP é aquela em que os insumos (semente, fertilizante, substâncias químicas, etc.) somente deveriam ser aplicados conforme necessário, deixando o processo mais econômico para a produção. Assim, as técnicas de AP devem melhorar a sustentabilidade econômica e ambiental da produção. Isto porque o conjunto de técnicas e procedimentos utilizados permite conhecer, localizar geograficamente e delimitar áreas de diferente produtividade, mediante o emprego da informática, programas específicos, sensores, controladores de máquinas e sistemas de posicionamento global (*GPS*) (NUNES, 2016; EMBRAPA, 2016).

3 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs), como o próprio nome diz, é todo e qualquer tipo de aeronave que não necessita de um piloto para ser guiada. Esse tipo de veículo é comandado a distância por dispositivos eletrônicos e computacionais. Sua supervisão é feita por humanos; eles podem voar livremente sem supervisão, considerando que o veículo é controlado por meio de Controles Lógicos Programáveis (CLP) (PETSI, 2016).

Drone é um apelido informal para todo e qualquer objeto voador não tripulado. Palavra de origem inglesa, drone significa “zangão” ou “zumbido”. A palavra é uma associação ao som realizado pela aeronave. Portanto VANT é o nome oficial adotado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), enquanto drone é o apelido reconhecido mundialmente (BRASIL, 2016).

No Brasil, os drones são classificados conforme seu uso. Se for para lazer, esporte, hobby ou competição, o equipamento é visto como um aeromodelo ou drone. Pode ser tanto um mini-helicóptero, uma réplica de um jato ou, até mesmo, um helicóptero que possua quatro hélices, conhecido internacionalmente como *quadcopters*. Agora, se o uso do drone for para outros fins (pesquisa, experimentos ou comércio), o aparelho passa a ser entendido como um veículo aéreo não tripulado (VANT). Contudo, além do fim não recreativo, para ser um VANT o equipamento precisa possuir uma carga útil embarcada não necessária para o equipamento voar. Exemplos dessa carga útil são as câmeras acopladas para tomadas aéreas de filmes ou quando alguém embarca uma correspondência para entrega, mesmo que seja uma pizza ou uma carta (PEDROSA, 2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Com base na pesquisa realizada durante a revisão da literatura, bem como em testes experimentais realizados, foram elencados os seguintes requisitos para o desenvolvimento do planador: 1) criação de uma tela inicial contendo o mapa e as opções para conectividade com o protótipo; 2) controles manuais para intervenção do usuário na rota do protótipo; 3) possibilidade de traçar uma rota predefinida para o protótipo; 4) aplicativo compatível com todas as versões do Android; e 5) montagem do planador.

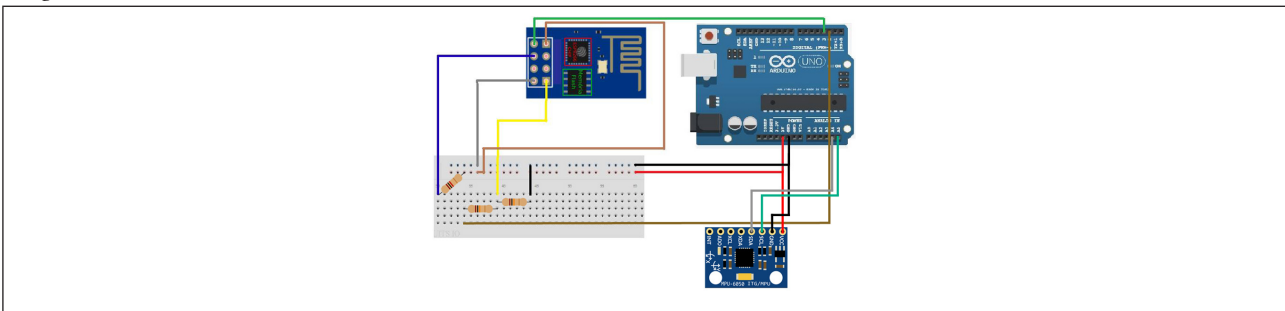
Para armazenar e executar as funções de controle de voo, é utilizado um microcontrolador Arduino, que controla as peças do protótipo, como o motor elétrico e o servo motor. O Arduino é um microcontrolador de baixo custo utilizado em diversos trabalhos de automação, incluindo pesquisas na área de AP com o uso de drones (IPATE; VOICU; DINU, 2015; KALE et al., 2015).

Foi adquirido um módulo *wireless* para ser a ponte de comunicação entre o Arduino e o smartphone. O módulo será usado como um *Access Point (AP)*, conectando-se na mesma rede que o smartphone; assim, o aplicativo envia os comandos para o Arduino por conexão TCP/IP. As redes *wireless* oferecem um bom alcance e performance para a comunicação entre dispositivos na AP. Além disso o custo dos equipamentos para redes *wireless* é acessível (SAHOTA; KUMAR; KAMAL, 2012).

Além do módulo de comunicação utilizado no Arduino, foi necessário o uso do componente acelerômetro, cujo modelo é MPU6050, para fazer a estabilização do aeromodelo. O acelerômetro é muito importante pelo fato de retornar informações precisas sobre o nivelamento do aeromodelo. Basicamente, o componente trabalha em três dimensões, sendo elas X, Y e Z, que correspondem, respectivamente, às informações de empinamento, balanceio e cabeceio.

A Imagem 1 apresenta o conjunto microcontrolador Arduino, o módulo *wireless* ESP8266 modelo ESP-01 e o acelerômetro MPU-6050 demonstrando a pinagem utilizada.

Imagem 1 – Microcontrolador Arduino conectado ao módulo ESP8266



Fonte: os autores.

Também foi adquirido um *protoshield*, que é responsável por facilitar o processo de prototipagem; ele tem o encaixe perfeito com o Arduino. No *protoshield* foram estanhados os componentes utilizados para comunicação e estabilidade do protótipo.

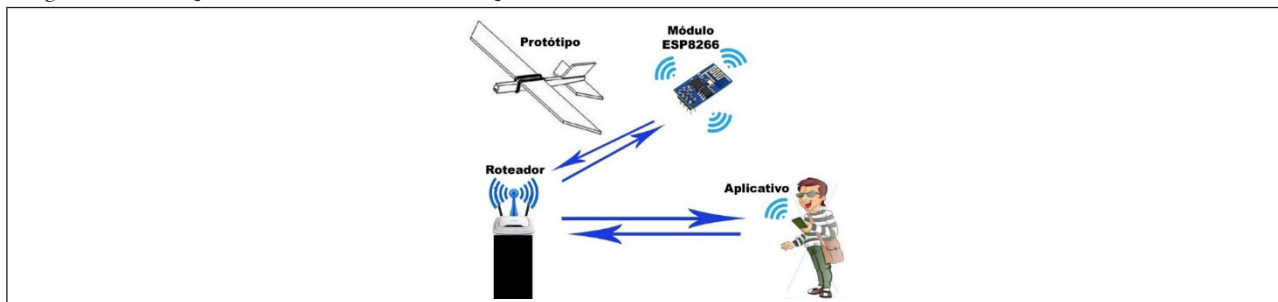
Com o levantamento dos requisitos, definiram-se os passos de desenvolvimento. Foi escolhida a plataforma de desenvolvimento Android, que é uma plataforma amplamente utilizada. Estatísticas da *International Data Corporation (IDC)* demonstram que o sistema operacional (SO) mais utilizado no mundo é o Android; cerca de 75% dos smartphones no mundo utilizam este SO. Considerando os dados divulgados pela Google, são mais de 900 milhões de aparelhos ativos com Android (JORDÃO, 2016). Por ter como meta ser um aplicativo de grande compatibilidade, ele pode ser instalado em versões do Android 6.0 ou superior.

Foi utilizada uma coleção de classes para a conexão via *HTTP*, funções e técnicas que geralmente são genéricas para todos os aplicativos, ou seja, ao utilizar essas coleções ganha-se produtividade no desenvolvimento de atividades que possivelmente precisariam ser realizadas.

Para o desenvolvimento da aplicação foi utilizada a *Integrated Development Environment (IDE) Android Studio*, sendo ela uma IDE específica para programação Android. Ao decorrer do desenvolvimento da aplicação em razão da necessidade de um maior controle das alterações realizadas foi utilizada a ferramenta de versionamento *SubVersion (SVN)*, pois possui armazenamento na nuvem, proporcionando maior segurança da informação.

Para fazer com que o aplicativo e o Arduino se comuniquem, foi utilizado um *Access Point (AP)* para se comunicar com o módulo de comunicação *wireless*, que vai estar dentro do aeromodelo. Dessa forma, é possível enviar e receber informações para o protótipo em tempo real. A seguir, a Imagem 2 ilustra como é feita a conexão.

Imagem 2 – Ilustração demonstrando a comunicação



Fonte: os autores.

Para criar o controle de estabilidade autônomo do aeromodelo, foi utilizado o acelerômetro MPU6050 em paralelo com o PhalconAp. Ele disponibiliza informações precisas sobre o ângulo de nivelamento, caso este esteja divergente, são acionados os comandos para que o planador volte a sua posição original.

Para realizar a montagem do protótipo, foi necessário adquirir diversos componentes, que foram encontrados facilmente na internet em sites de venda. O primeiro passo foi a compra do *frame* do planador. Existem diversos modelos de diferentes materiais e tamanhos que são vendidos já com os cortes e encaixes prontos para a montagem, a maioria feita de isopor em razão da sua leveza e do baixo custo. Optou-se por um *frame* de isopor modelado para que o motor elétrico ficasse na parte frontal do planador. As medidas do planador são 180 cm de envergadura, 100 cm de comprimento e 25 cm de altura. A estrutura foi confeccionada com quatro metros de cabo de fibra de vidro, a qual é utilizada para dar resistência à asa contra rajadas de ventos e outras formas de impactos.

O segundo passo foi a compra dos motores e componentes elétricos, também de fácil acesso na internet. Buscando em sites especializados em aeromodelos, foi adquirido um combo no valor de R\$ 350,00 contendo praticamente todas as peças necessárias. No Quadro 1 são apresentados os valores dos componentes do protótipo.

Quadro 1 – Resumo dos componentes e seus respectivos valores

Componentes	Quantidade	Valor (R\$)
Motor elétrico 2822	1 unidade	Combo de peças para montagem do planador R\$ 350,00
Controle de velocidade eletrônico (ESC)	1 unidade	
Conectores	1 conector em Y	
Hélice	1 unidade	
Mini-servos 9 g	4 unidades	
Bateria Li-Po – 1300 Mha	1 unidade	
Rodas para trem de pouso	1 conjunto com três rodinhas	
Stoppers para linkagem	4 unidades	
Carregador de bateria Li-po 2-3 Células	1 unidade	
Cabos extensores para servo	3 metros	
Cola para isopor	1 unidade	R\$ 2,00
Cola secagem rápida tipo araldite	2 unidades	R\$ 40,00
Arrames de aço	1 metro	R\$ 2,00
ProtoShield	1 unidade	R\$ 21,00
Acelerômetro MPU6050	1 unidade	R\$ 11,00
Total		R\$ 431,00

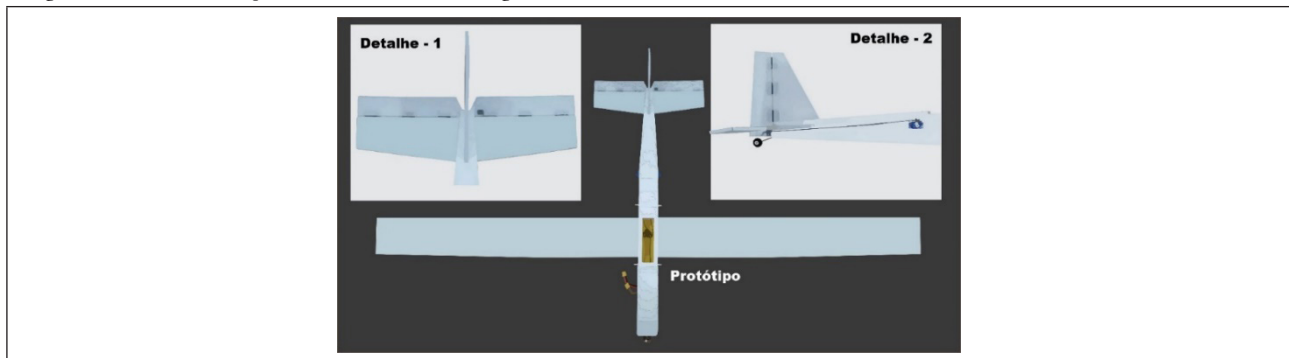
Fonte: os autores.

Após isso, foi iniciado o processo de montagem do protótipo e realizada a colagem da fuselagem com cola específica de isopor; as asas, após a colagem, ficaram em uma superfície elevada para criar a curvatura nas pontas necessária

para que o protótipo tenha estabilidade. Em razão de o *frame* que foi adquirido não possuir alguns encaixes necessários, foi usado arame quente para derreter o isopor e fazer os encaixes para a fibra de vidro e os servos motores. Após secagem das asas foram coladas duas tiras de fibra de vidro ponta a ponta na asa. Para fazer as dobradiças do controle do planador foram utilizadas chapas de raio-x; são elas que dão movimento ao profundor, leme e *ailerons*. Utilizando o estilete foram feitos cortes estratégicos no isopor para que pequenos recortes da chapa de raio-x fossem fixados utilizando cola de secagem rápida araldite epóxi.

Na Imagem 3 observa-se em destaque (detalhe - 1) a parte superior da cauda, onde ficam visíveis as emendas feitas com a placa de raio-x para tornar possível o movimento com o servo. Outra parte em destaque é a lateral da cauda (detalhe - 2), onde é demonstrada a instalação do servo motor para controle do leme, desde o local onde foi instalado e o arame de aço utilizado para alcançar o controle.

Imagem 3 – Detalhes do planador de diferentes ângulos



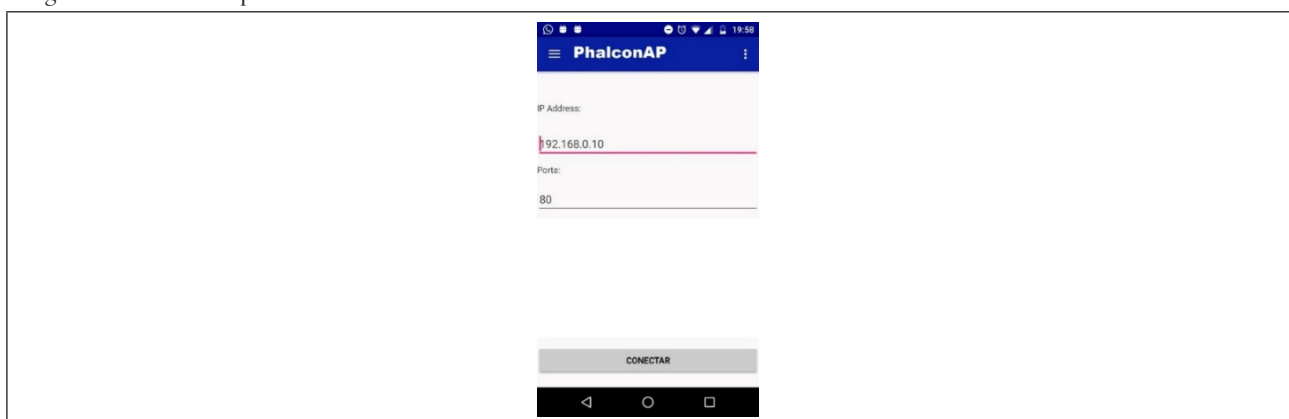
Fonte: os autores.

Após isso foi instalado o motor elétrico do planador, fixado em uma placa de madeira balsa, muito utilizada em aeromodelos por sua maior resistência e leveza; o motor fica na parte frontal do planador. Em paralelo foi feita a instalação dos servos motores que são responsáveis por dar os comandos de movimento dos controles do planador. Dois servos foram utilizados na asa um em cada lado para o controle dos *ailerons*; estes tiveram que ser soldados com um cabo extensor para ter alcance até o centro do planador, os outros dois foram fixados perto da cauda, um em cada lateral do planador. Eles são para o controle do leme e profundor. Os arames de aço foram utilizados como uma espécie de alavanca fixando uma ponta no servo e a outra nos controles do planador com o auxílio dos *Stoppers*.

5 PHALCONAP – O APP E O PLANADOR

A ideia do aplicativo é fazer com que o usuário consiga ter o controle/plano de voo do aeromodelo, por meio de seu próprio smartphone. Primeiramente foi criada uma tela solicitando o endereço de IP e a porta de comunicação que o módulo *wireless* gerou, para que o aplicativo consiga fazer a conexão com ele (Imagem 4).

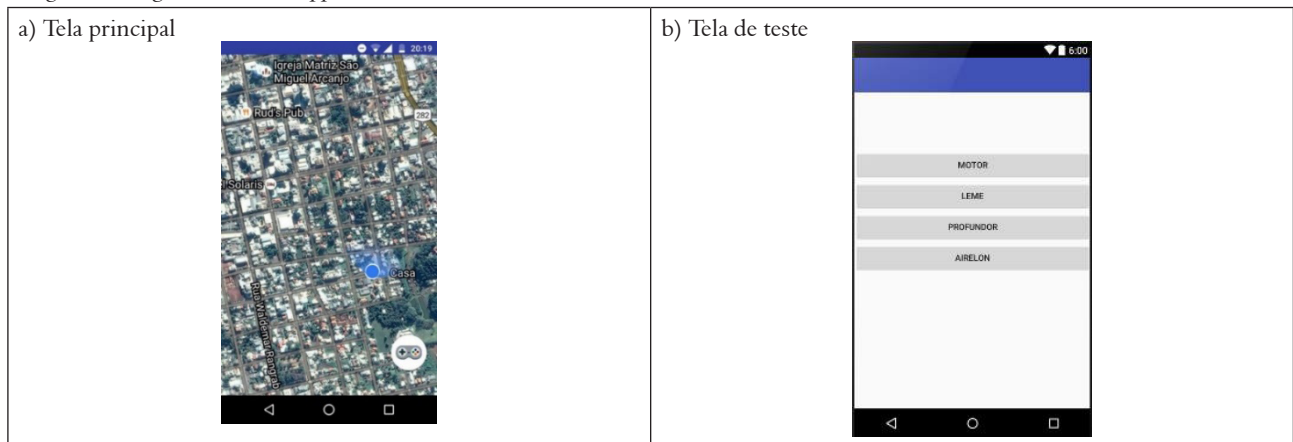
Imagem 4 – Tela inicial para conexão



Fonte: os autores.

Se IP e porta estiverem de acordo e a conexão for bem-sucedida o PhalconAp abrirá a tela principal do plano de voo para que o usuário defina sua rota. Nela haverá opções, entre elas o botão que vai abrir uma tela para que o usuário possa testar os comandos do planador, desde a resposta de comando até o correto funcionamento das peças (Imagem 5).

Imagem 5 – Algumas telas do app



Fonte: os autores.

A Imagem 5 representa a tela principal contendo o mapa para realizar as marcações do plano de voo. Se clicado no botão do canto inferior direito dessa tela abrirá a tela representada na Imagem 5, b, onde é feito o teste dos comandos do aeromodelo.

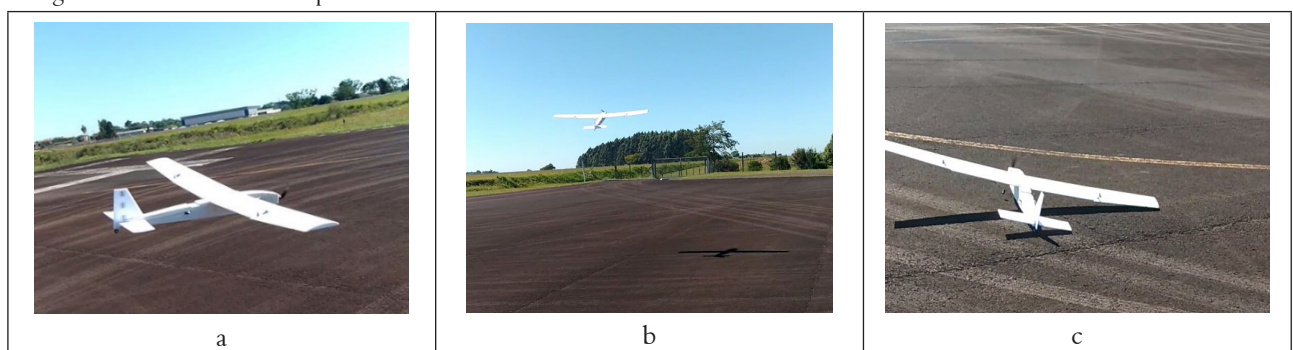
Entre várias opções foi optado pela montagem de um protótipo de veículo aéreo não tripulado, um planador, em razão do seu baixo custo de montagem e sua estabilidade, essa última que é de suma importância para aquisição de informações. A montagem exige conhecimento técnico na área de aeromodelismo, desde envergaduras até equilíbrio de peso, sendo de extrema importância para que o planador consiga realizar um voo.

Basicamente sua função consiste em um voo de forma autônoma, coletando informações precisas em uma lavoura. Além disso possui a capacidade de levar diversos tipos de carga, isso é necessário para transportar sensores. Para que seja possível realizar tais funções foi necessário o uso de equipamentos de comunicação com o aplicativo PhalconAP.

5.1 RESULTADOS

O teste do protótipo foi realizado no aeroporto Hélio Wassun na Cidade de São Miguel do Oeste, SC. O teste, basicamente, consistiu na realização de um voo para avaliar a estabilidade e o comportamento do planador. A sequência do teste envolveu primeiramente a decolagem com o planador partindo do chão com o uso de seu trem de pouso. Na sequência ele ficou planando durante alguns minutos até realizar seu pouso. O pouso ocorreu dentro do esperado; com a redução da potência do motor, o planador planou até pousar no chão. Na Fotografia 1, a, b e c, é possível observar algumas imagens capturadas no dia do teste.

Fotografia 1 – Primeiro voo do planador



Fonte: os autores.

Nesse teste, o planador demonstrou o potencial e as possibilidades de atuação, sendo muito leve e de fácil controle, o protótipo utiliza uma potência baixa do motor para voar, economizando a bateria e posteriormente aumentando sua autonomia. Uma dificuldade encontrada foi o desequilíbrio do centro de gravidade (CG). Para obter equilíbrio foi necessário aumentar o peso do planador na parte frontal, melhorando ainda mais o controle e estabilidade. Em decorrência das condições climáticas não foi possível realizar mais testes no dia, pois os fortes ventos causaram a queda do planador, e o trem de pouso quebrou.

Ainda não foi possível realizar o teste com o smartphone acoplado ao planador, porém ele possui capacidade de suportar o peso do smartphone para realizar o voo, é preciso apenas ajustar o seu centro de gravidade (CG).

Em paralelo ao teste de voo do planador, foram realizados os testes de comunicação entre o Arduino/Módulo e o smartphone, buscando como resultado final instalar o Arduino no planador para ficar responsável por controlar seus motores. No início foi feita uma pinagem utilizando uma *protoboard*, na qual foram realizadas ligações entre o Arduino e o módulo ESP8266.

Foi feita a configuração do módulo como um *Access Point (AP)* para que ele se conecte a uma rede *wireless*. É feita a conexão do smartphone na mesma rede, em que ao iniciar o PhalconAP é informado IP e porta de comunicação do módulo. Assim se torna possível enviar parâmetros predefinidos em forma de códigos que executam ações no planador.

Nos testes, a comunicação demonstra ser um pouco instável, ou seja, a comunicação entre o aplicativo e o módulo *wireless* possui demasiada demora de resposta, dessa forma não foi testado o aplicativo com o aeromodelo em voo. Acredita-se que essa demora esteja associada à característica de operação do módulo *wireless* adquirido.

Os resultados alcançados estão de acordo com os objetivos inicialmente pretendidos. Nos testes realizados ainda não foi possível realizar um voo totalmente autônomo; contudo, o protótipo apresenta-se como uma alternativa promissora para a AP. Suas aplicações podem atender uma gama de atividades, como aplicação de fertilizantes e pesticidas, monitoramento, captura de imagens, entre outras.

7 CONCLUSÃO

Os resultados parciais obtidos demonstram que o planador condiz com o que foi proposto e se apresenta como uma alternativa de baixo custo com bons resultados. Uma futura aplicação, que deve ser feita e que está em testes, é acoplar o smartphone na parte frontal do aeromodelo para obtenção de informações de sua localização. O uso do smartphone seria interessante pelo fato de não ser necessário obter componentes avulsos, como o GPS e câmera, além de ele ajudar no CG do protótipo e se tornar mais econômico do que comprar outros periféricos.

Já na parte da conectividade, foram encontradas maiores dificuldades, em razão de o fato de o ESP8266 utilizar comandos AT e não retornar respostas claras. Para um bom entendimento, foi feita a conexão com o módulo, mas ainda não é estável a ponto de fazer o aeromodelo se controlar de forma automática.

No aplicativo desenvolvido, também foi focado em fazer a conexão com o módulo, sendo usada a biblioteca de conexão *socket*. Em virtude de a conexão não ser estável, tentou-se usar bibliotecas de comunicação *HyperText Transfer Protocol (HTTP)*, mas não foi possível fazer a conversação entre o módulo e o aplicativo; foi gravado um vídeo provando o funcionamento do aplicativo com o módulo.

Concluiu-se que, com base em todos os requisitos levantados para a aplicação, será possível realizar a conexão com o aeromodelo por meio do módulo, mas ainda não está estável; por muitas funcionalidades ainda estarem em fase de testes, acredita-se que a conexão, ao ser estabilizada, possibilitará a realização do voo com sucesso por intermédio do PhalconAP.

Phalcon: unmanned aerial vehicle prototype for applications in precision farming

Abstract

The present article aims to demonstrate how the glider prototype was assembled and the development of the application responsible for its control during the execution of the flight, besides the accomplishment of the autonomous stability control. In the course of the article, the main concepts that guided the execution of the work are based. In addition, the methods and materials (including parts and software) used in the glider assembly including the prototype assembly processes and the communication tests made by the application are presented.

The app, together with the autonomous stability control meet the main features for control of the glider and the partial results already demonstrate their potential and possibilities.

Keywords: UAV. PhalconAP. Precision Farming.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Força Aérea esclarece normas para voos de drones no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/defesa-e-seguranca/2015/03/forca-aerea-esclarece-normas-para-voos-de-drones-no-brasil>>. Acesso em: 26 nov. 2016.
- EMBRAPA. **Agricultura de Precisão**. Disponível em: <<https://goo.gl/QINUXb>>. Acesso em: 05 jun. 2016.
- IPATE, G.; VOICU, G.; DINU, I. Research on the use of drones in precision agriculture. **UPB Scientific Bulletin**, Series D, v. 77, i. 4, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/TfbTaj>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- JORDÃO, F. **Android e iOS totalizam 92,3% das vendas de smartphones**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/GtoQJW>>. Acesso em: 09 jun. 2016.
- KALE, S. D. et al. Agriculture drone for spraying fertilizer and pesticides. **International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering**, v. 5, i. 12, Dec. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/I8R8T9>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- MUNDOGEO. **Novidade no campo: geotecnologias renovam a agricultura**. Disponível em: <<https://goo.gl/vc0U8n>>. Acesso em: 29 maio 2016.
- NUNES, J. L. da S. **Agricultura de Precisão**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/9Lcew4>>. Acesso em: 24 maio 2016.
- PEDROSA, L. Drones, Vants ou RPAs?: Entenda mais sobre essas aeronaves não tripuladas. **EBC**, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/eqFKBc>>. Acesso em: 24 maio 2016.
- PETSI. **Um pássaro? Um avião? Não, um drone!** Disponível em: <<https://goo.gl/xAaqPG>>. Acesso em: 04 jun. 2016.
- PIERCE, F. J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Advances in Agronomy**, v. 67, p. 1-85, 1999.
- SAHOTA, H.; KUMAR, R.; KAMAL, A. **A wireless sensor network for precision agriculture and its performance**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/6cbuqV>>. Acesso em: 26 nov. 2016.
- SILVA, G. B.; BOTELHO, M. I. V. **O processo histórico da modernização da agricultura no Brasil (1960-1979)**. 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/viewFile/23084/14390>>. Acesso em: 28 maio 2016.
- TONDATO, C.; ARANTES, B. H. T.; ARANTES, L. T. **O uso de Drones na agricultura**. 2015. Disponível em: <<http://www.sasgeo.eco.br/index.php/2015/cred/paper/viewFile/161/69>>. Acesso em: 03 jul. 2017.