



Manual do Curso
Aeronaves Agrícolas
(Drone)

AVISO LEGAL

Este manual foi elaborado e tem seu uso exclusivo para o curso de Aviação Agrícola ministrado na escola, AgTech Academy com todos os direitos reservados em observância ao conteúdo programático especificado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Todo e qualquer conteúdo nele citado de outras obras ou que a elas faça referência, se encontra listado, na seção "[BIBLIOGRAFIA](#)" tendo seus respectivos direitos autorais preservados.

TODO piloto e piloto-aluno tem a obrigação de ler na íntegra TODOS os manuais de operação de TODOS os equipamentos que opera. Esta obra portanto, não se responsabiliza por atos e ações que não estejam previstas nos respectivos manuais, bem como em todas e quaisquer regulamentações aplicáveis.



Manual do Curso
Aeronaves Agrícolas (Drone)

MAAD-01-01

Emissão inicial: 12.02.2020

Última revisão: 13.11.2021

PÁGINA INTENCIONALMENTE EM BRANCO

Sumário

Sumário

CAPA	1
AVISO LEGAL	2
SUMÁRIO	4
O DRONE AGRÍCOLA	6
Conceituação	7
Classificação	8
Quanto à capacidade de carga.....	8
Quantitativamente.....	8
Qualitativamente	8
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS E IDEAIS	9
Características gerais dos drones agrícolas	9
Visibilidade	11
Desempenho de subida	12
Proteção do piloto	12
Características de voo	13
Capacidade de carga	13
Robustez	13
Mecânica.....	13
Química	13
Facilidade de manutenção	14
Resistência à corrosão	14

CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DO DRONE	15
Critérios determinantes	15
Peso máximo de decolagem	16
Autonomia	17
Baterias	17
Investimento Inicial.....	17
Manutenção.....	17
PESO E BALANCEAMENTO.....	18
Carregamento do drone	18
Variações do Centro de Gravidade (CG)	19
Variações aerodinâmicas	19
Uso de carga externa	19
Efeitos Estáticos	19
Efeitos Dinâmicos.....	19
Ressonância	20
SISTEMA ELÉTRICO	21
Componentes	21
Padrão (da própria aeronave).....	21
Sistema de Navegação (GPS/GNSS)	22
Unidade Central	22
Receptor e Antena	22
SISTEMA HIDRÁULICO	23
Componentes	23
Padrão (da própria aeronave).....	23
Bomba de Sucção.....	23
Controladores Automáticos de Vazão	24
Controle de Vazão por sistema eletromecânico.....	24
HISTÓRICO DA AVIAÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL.....	25
LEGISLAÇÃO	27
AERONAVES AGRÍCOLAS	27
Aviões	28

Helicópteros.....	29
Drones.....	30
FROTA NACIONAL – DADOS DE 2016.....	30
SISTEMAS ELETRÔNICOS INCORPORADOS ÀS AERONAVES AGRÍCOLAS.....	34
BARRAS E MODELOS DE PONTAS E BICOS PARA GERAÇÃO DE GOTAS	38
Bicos Hidráulicos	38
Bicos CP.....	40
Bicos Rotativos.....	42
Instalação dos Atomizadores	44
Componentes dos atomizadores	45
Faixa de Deposição	48
Bicos Rotativos.....	42
Instalação dos Atomizadores	44
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS PARA APLICAÇÕES AÉREAS.....	49
CALIBRAÇÃO DE AERONAVES.....	53
APLICAÇÃO AÉREA ELETROSTÁTICA	57
AERONAVES DE ASAS ROTATIVAS.....	58
Helicópteros.....	58
Aeronaves Não Tripuláveis	61
BIBLIOGRAFIA.....	63

1. O Drone Agrícola



Figure 1 - Linha aVANT-AGD

O drone agrícola, em suas qualidades excepcionais não apenas melhoram o desempenho nas aplicações mas muitas vezes é o único meio com custo/benefício justificável capaz de realizar o serviço com qualidade e segurança. O drone agrícola de forma alguma substitui os aviões e helicópteros agrícolas mas com eles, soma forças e possibilitam aplicações, jamais antes sonhadas.

2. Conceituação

É mais que urgente que seja implantada uma política de estado para a aviação agrícola no Brasil. Sem dúvida o que preocupa boa parte dos profissionais dessa área é se adequar as melhores técnicas de tecnologia em aplicação agrícola disponível no mercado. A ideia base desses produtores é a de desperdiçar o mínimo possível de produto e tempo durante o tratamento. Porém para isso é imprescindível serem feitos ajustes necessários entre manutenção da aeronave e haver uma discussão entre o produtor o técnico e o operador, dessa forma encontra-se uma solução apropriada para atender as necessidades de acordo com a nossa realidade da aviação agrícola.

Atualmente a área agricultável utilizada no Brasil é de aproximadamente 70 milhões de hectares, correspondendo a menos de 8% do território nacional, porém, existem ainda cerca de 500 milhões de hectares de áreas disponíveis para a agricultura a serem utilizadas. Conforme levantamentos preliminares recentes, o mercado potencial imediato para drones destinados às aplicações de insumos agrícolas no Brasil é para 100 aeronaves, levando-se em conta o interesse já manifestado por grandes empresas de reflorestamento para a indústria de papel e celulose.

Contudo, esse mercado para os drones poderá ser projetado para até 1000 aeronaves nos próximos dez anos. Para tanto, levamos em conta as necessidades imediatas de expansão da cultura da cana-de-açúcar (SP), das áreas de reflorestamento para indústria (SP, MG e ES) e o interesse de grandes orizicultores (RS) e das extensivas áreas de frutíferas por todo o país.

Na aplicação aérea, fatores como condições meteorológicas (vento, umidade relativa e temperatura), arquitetura da planta, estágio de crescimento, altura de voo, tem uma influência significativa na qualidade do produto aplicado.

As operações de aplicação aérea, consistem na pulverização e dispensa de material de aeronaves em voo baixo por isso, tais aeronaves devem possuir bom desempenho de voo nessas circunstâncias. Os drones são aeronaves extremamente versáteis em voo baixo principalmente devido as características do efeito solo. A dispensa de materiais, inclui inseticidas, pesticidas, herbicidas, fertilizantes, sementes, substâncias de controle de fogo e muitos outros materiais potencialmente tóxicos. A dispensa ou descarga, termos (aqui doravante intercambiáveis), em voos a baixa altura de aeronaves quer pra propósitos agrícolas quer, para o controle de incêndio é bastante perigoso devido à proximidade do solo com repetitivas manobras baixas com alto potencial de colisão

3. Classificação

Quanto à capacidade de carga

A capacidade de carga de um drone agrícola, deve ser entendido tanto quantitativamente, como qualitativamente.

Quantitativamente

Quantitativamente recai-se na correta determinação da carga máxima, suportada pelo modelo da aeronave, especificada em manual do fabricante, na secção de peso e balanceamento. Devido à limitação de carga, diferentes modelos de aeronaves serão escolhidas para cada tipo de aplicação, principalmente ligado às questões de quantidade de produto e respectivas vazões necessárias a cada cultura ou aplicação.

Qualitativamente

Qualitativamente, temos o tipo de equipamento utilizado. Este equipamento pode ser um sistema de pulverização de produto líquido, ou um sistema dispensador de produto sólido, dispensa de sementes, sistema de descarga de água ou alijamento para combate a incêndios, entre outros.

4. Características Básicas e Ideais



Figure 2 - Drone aVANT-AGD 16 litros

O drone agrícola, possui grandes diferenciais, pois não necessitam de pistas de pouso e decolagem, ampla faixa de variação de velocidade para aplicação e cruzeiro, além de uma incomparável manobrabilidade.

5. Características gerais dos drones agrícolas

As características consideradas desejáveis em um drone agrícola, devem ser:

- **Manobrabilidade:** O drone é um tipo de aeronave que utiliza rotação ou giro para voar, chamada de aeronave de asas rotativas. Ao contrário de um avião ou planador, um drone tem asas que se movem. Ao contrário de um balão, um drone é mais pesado que o ar e usa motores elétricos para voar. Com essa manobrabilidade conseguem evitar vôos em cima de residências, lagos, estradas entre outros ambientes sensíveis mas também conseguem operar em áreas de mais difícil acesso. Em terrenos montanhosos o drone por seu controle de movimento em todo o seu eixo leva vantagem em todas as outras plataformas aéreas. Em termos práticos a pulverização de culturas em áreas montanhosas, com revelo adverso a qualquer tipo de mecanização, com dezenas de operadores manuais pode levar dias, sendo que com o drone este trabalho pode ser realizado em horas apenas.

- **Efeito Downwash:** Massa de ar jogada de cima para baixo, pelas hélices do drone. Essa massa de ar quando o drone está próximo à superfície inside contra ela, gerando o efeito solo que se comporta como um colchão de ar. Ainda que o efeito *Downwash*, seja o mais desejável para a aplicação agrícola, o efeito solo também continua tendo suas vantagens características.

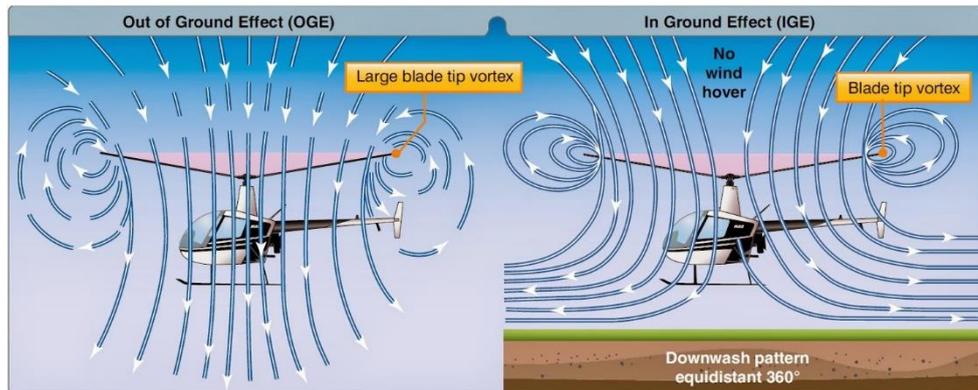


Figure 3 - Diferenças no fluxo de ar com e sem o efeito solo

- **Aplicação de precisão:** O efeito *downwash* aliado com a utilização de bicos de pulverização com tecnologia para redução de deriva torna mínimas às chances de a pulverização alcançar campos vizinhos e provocar danos, operando com precisão dentro dos limites do campo, levando sob esse aspecto, vantagem em relação ao avião e helicóptero pois não necessita fazer curvas de reversão de grande amplitude.

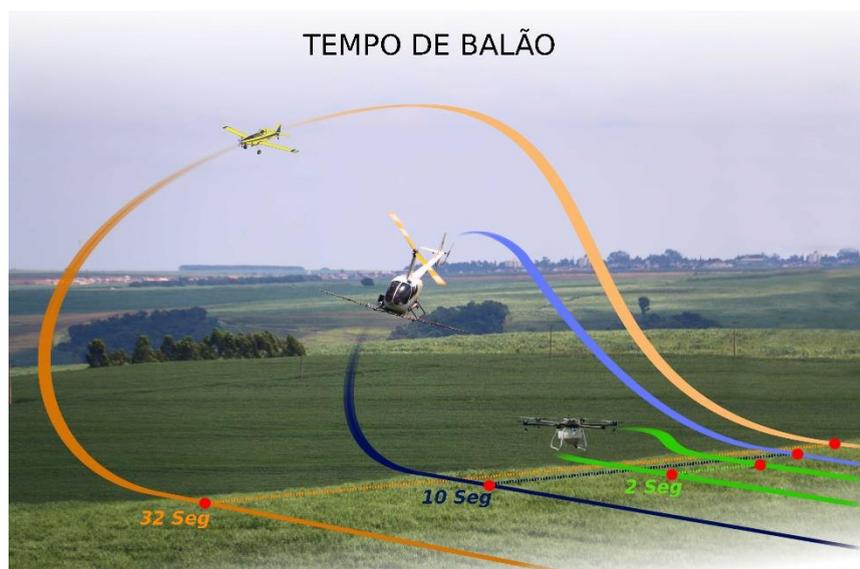


Figure 4 - Curva de reversão

- **Decolagem vertical ou de grande ângulo:** Este tipo de decolagem não requer o uso de pista. O drone não necessitando de pista de pouso para recarga e abastecimentos, libera o espaço ocupado pela pista que pode ser otimizado na agricultura.
- **Velocidades:** Velocidade de cruzeiro em torno de 25 Knots, combinada com baixas velocidades de aplicação e de manobra;
- **Voo a baixa altura:** Bom desempenho em voo a baixa altura.
- **Visibilidade:** Visibilidade o tempo com o equipamento em operação;
- **Carga:** Grande capacidade de carga paga, o que requer números pares de motores de alto KV, fuselagem aerodinamicamente “limpa” e redução do peso do drone vazio;
- **Segurança:** Itens de segurança e respostas automáticas do equipamento para situações de emergência, requer alta atenção do operação em caso de defeitos ao longo do voo;
- **Voo Noturno:** Pelo fato do mapeamento ser realizado em horário diurno, se feito com critério a aeronave poderá operar tranquilamente no período noturno.
- **Acesso para inspeção:** Revestimento da fuselagem do drone deve permitir fácil e rápida inspeção da estrutura, motor e equipamento agrícola, bem como fácil e rápida limpeza de todo a aeronave.
- **Economia de combustível e produtos:** A maior eficiência do drone agrícola faz com ele permaneça mais de 60% do tempo total fazendo a aplicação contra 35% do avião agrícola e 30% para os meios terrestres.
- **Projeto e construção:** Deve visar a facilidade de manutenção e os materiais utilizados devem ser resistentes à corrosão, típica do uso.
- **Ecológico:** os drones devido à precisão de aplicação, velocidades reduzidas, downwash e todas as demais características já citadas, se demonstra uma solução de aplicação aérea menos invasiva ao meio ambiente, resultando numa maior preservação do mesmo e aderindo com grande eficiência às novas regulamentações de proteção do meio ambiente e ecossistema.
- **Vórtices:** Possui os vórtices de ponta de asa e hélice reduzidos em relação a outras aeronaves, essencialmente pela baixa velocidade de operação.

6. Visibilidade

Sem dúvida que a visibilidade é característica importante para a maior parte das atividades humanas, porém o voo agrícola, exige excepcional visibilidade. Essa excepcional visibilidade é requerida pois o voo é realizado próximo ao solo, o que requer constantes ajustes de altura devido ao relevo e também deve levar em consideração os obstáculos, estes obstáculos devem ser claramente apontados no mapeamento tanto no momento do tiro para a correta descarga do produto no local correto, como para as manobras que se fazem necessárias para o posicionamento da aeronave, na trajetória correta para adequação do tiro.

7. Desempenho de subida

O desempenho de subida requerido, depende do relevo do local de aplicação bem como dos ganhos de altitude e taxa de subida, necessários para as manobras pertinentes. Diferentemente da aeronaves agrícolas de asa fixa, o drone por suas características não requer o uso de pista.

8. Proteção do piloto

Na pulverização agrícola com drone, o piloto está distante, porém de certa forma exposto aos produtos químicos utilizados no processo e também da luz solar direta, desta forma, é fundamental que o mesmo utilize, todos os equipamentos disponíveis. Entre eles podemos citar:

- Capacete de proteção;
- Roupas cumpridas;
- Máscara;
- Botas.



Figure 5 - Exemplo de capacete, máscara e macacão.

9. Características de voo

O voo agrícola, caracteriza-se pelo uso frequente de curvas, curvas de reversão e sendo o voo reto nivelado, voado a baixas alturas. Estas alturas variam em conformidade com o tipo de cultura e aplicação mas geralmente ocorrem a menos de 30 pés do terreno.

- Voo reto horizontal ou nivelado à baixa altura.
- Curvas acentuadas
- Curvas de reversão

O voo agrícola, também pode ser dito **de alta repetitividade**, pois o equipamento fazendo uso das manobras descritas acima, deve cobrir áreas que podem requerer dezenas e até mesmo centenas de passadas e curvas o que exige **alto grau de concentração e resiliência do piloto**.

10. Capacidade de carga

Na aviação de passageiros e de carga para se obter o máximo rendimento de operação é sempre desejável que obtenha a lotação máxima de passageiros e/ou carga, da mesma forma, acontece com os drones agrícolas que praticamente só operam próximos ou no limite do peso de decolagem para que a eficiência da operação seja máxima. Toda via a operação dos drones agrícolas está sujeita a esforços solicitantes muito maiores, como veremos a seguir.

11. Robustez

As aeronaves agrícolas, são aeronaves que necessitam de uma grande robustez tanto nas suas características mecânicas como químicas.

Mecânica

As aeronaves agrícolas, necessitam de uma grande robustez mecânica devido a uma operação bastante exigente. A aeronave deve não apenas ser capaz de voar com um grande payload mas ser construída de forma a suportar carga sob enormes forças (fatores de carga). Estas forças aparecem na necessidade de rápidas acelerações em manobras súbitas de mudança de direção tanto para adequar-se às trajetórias de tiro, como para o desvio de obstáculos.

Química

Vide item “Resistência à corrosão”, mais adiante.

12. Facilidade de manutenção

O drone agrícola, requer janelas de tempo de manutenção menores devido ao tipo de operação exigente a que está submetido, sofrendo maior desgastes das suas peças. Isto faz com que a aeronave necessite de um número maior de inspeções e manutenções. O rápido e fácil acesso é fundamental. Além deste aspecto, o drone agrícola opera no campo e longe da base, sem portanto maiores recursos de oficina (ferramentas).

13. Resistência à corrosão

Devido ao tipo de operação, que frequentemente utiliza produtos corrosivos, sem contar a própria humidade envolvida em todo o processo, faz-se necessário que se tenham cuidados especiais com a fuselagem e constante inspeção de todas as partes da aeronave para detecção de pontos de ferrugem e corrosão. O pré-voos é parte importante desse processo de constante vigilância da integridade estrutural do drone, o que reforça a facilidade de manutenção.

14. Critérios para a escolha do drone



Figure 6 - Operação Agrícola com Drone

O correto dimensionamento da aeronave é fator determinante para uma operação adequada. Compatibilizar cada tipo de equipamento a cada tipo de aplicação, garante o máximo rendimento, melhorando o nível de serviço e consequente resultado final tanto para o agricultor como para o operador, com uma operação rentável, mas que preserve a segurança no nível mais alto possível.

15. Critérios determinantes

Os principais critérios determinantes são:

- Peso máximo de decolagem;
- Autonomia;
- Baterias;
- Investimento Inicial;
- Manutenção.

Peso máximo de decolagem

O peso máximo de decolagem será o principal limitante da quantidade de carga útil que drone poderá carregar, ou seja, a quantidade de produto para aplicação. A decisão pelo modelo de drone e por fim a sua potência, dependerá, portanto, da quantidade de produto e

esse por sua vez, é função do tamanho da área aplicada e pelo próprio tipo de produto aplicado. Portanto, nem sempre o maior modelo ou o de maior potência, será o melhor modelo.

Autonomia

Da mesma forma que quanto maior a área de aplicação, mais produto será utilizado, o tempo de voo também será proporcional. Muitas vezes, o uso de equipamentos de maior porte com baterias maiores, poderão ser mais indicados, pois reduziriam o número de retornos à base, tanto para reabastecimento de combustível como de produto de aplicação.

Baterias

A escolha pelo tipo de bateria, 16.000mAh, 22.000mAh, entre outras, será feita inicialmente, pelo tipo de operação do drone, porém muitas vezes essa escolha se dará em virtude do preço e da disponibilidade do seu fornecimento e isto por si só já será decisivo para a escolha do modelo de bateria a ser empregada.

Investimento Inicial

Um outro aspecto na escolha do modelo de aeronave é o investimento inicial, o custo que o operador terá não apenas para adquirir o drone agrícola mas de todos os equipamentos complementares necessários para a sua operação.

Manutenção

Evidentemente que todas as manutenções deverão sempre ser realizadas por pessoal e equipamento homologado, quer seja ela feita no local (remota) ou na base. Entretanto aspectos regionais e de custos assim como o do “investimento inicial” podem afetar significativamente essa decisão.

16. Peso e Balanceamento



Figure 7 - Peso e Balanceamento

Desde os surgimento da aviação foi observado que o peso foi um dos fatores determinantes para a capacidade de uma aeronave voar. Os construtores das primeiras aeronaves faziam o uso de materiais tais como madeira, tecido resistente e leve para obter a força de sustentação, que permitiria o voo. No entanto, durante este período inicial do desenvolvimento pouca atenção foi dada ao equilíbrio. Essa deficiência resultou em fracassos e, muitas vezes, acontecimentos catastróficos de que resultou a morte de vários profissionais, construtores e pilotos.

17. Carregamento do drone

A finalidade principal do controle do peso e balanceamento das aeronaves, é a segurança. Como finalidade secundária, podemos citar a maior eficiência durante o vôo.

Drones agrícolas podem ser carregados com defensivos agrícolas; inseticidas; sementes; adubos; alevinos; água, etc... A principal distinção é a se o carregamento será na forma líquida

ou sólida. Também deve-se atentar principalmente nos drones agrícolas a tendência de ganhar peso devido ao acúmulo de sujeira, terra, etc., em áreas que não são facilmente acessíveis para lavagem e limpeza. O peso ganho em dado período de tempo depende do funcionamento da aeronave, horas de voo, condições atmosféricas e principalmente do ambiente em que ela opera e como sabemos, sendo a operação agrícola um dos mais críticos.

Um carregamento inadequado reduz a eficiência da aeronave com respeito ao teto, manobrabilidade, razão de subida, velocidade, e consumo de combustível; podendo ser motivo para interrupção de um voo, ou mesmo de seu cancelamento. Uma possível perda de vida e destruição de equipamento de valor, pode ser o resultado de uma estrutura sobrecarregada ou de uma modificação súbita na carga, com a conseqüente modificação nas características de voo. Embora a aeronave não precise ser pesada, ela deve ser carregada, de modo que os limites máximos de peso e CG não sejam ultrapassados durante a operação.

18. Variações do Centro de Gravidade (CG)

Variações aerodinâmicas

O drone agrícola, trabalha iminentemente com a variação dos parâmetros da carga, isto é, peso e posição. Estas variações devem ser levadas em conta durante o peso e balanceamento da aeronave de forma a prever seus valores máximos e mínimos durante a operação, de forma que a carga ainda que se altere nestes parâmetros não afete de forma incontrolável a aeronavegabilidade ou mesmo que minimamente quais quer limites operacionais e de segurança.

Uso de carga externa

Geralmente, considera-se carga externa, quando a carga não apenas se encontra fora dos limites da nacele do drone mas também não está “solidária” à estrutura do mesmo, ou seja a carga está suspensa através de um ou mais cabos ou suportes, presos a um ou mais pontos da estrutura, dependendo do tipo de carga e aeronave empregada.

O ponto mais importante do uso de carga externa está mais ligada aos efeitos dinâmicos do que aos efeitos estáticos, principalmente quando a carga, está presa ou suspensa por corda a um único ponto.

Efeitos Estáticos

Os efeitos estáticos, já foram previstos e calculados no processo de peso, balanceamento e fabricação do equipamento.

Efeitos Dinâmicos

Os efeitos dinâmicos decorrem das acelerações, desacelerações e curvas, as quais multiplicadas pela massa da carga resultam em forças e do comportamento “de pendulo”

inerente às cargas suspensas ou até mesmo das cargas líquidas confinadas que ondulam no tanque. A carga começa a balançar com uma determinada frequência e se as correções não forem “amortecedoras” ou “inversas” elas podem entrar em fase e na mesma frequência levando o sistema à ressonância, que se não for interrompida a tempo, podem levar o drone a uma condição sem controle e catastrófica. Assim é importante ter um entendimento desses efeitos, saber ou “sentir” a frequência de cada sistema. Importante lembrar que assim como qualquer sistema pendular, o de carga externa suspenso também terá a sua frequência de oscilação intrinsicamente ligada ao comprimento da corda, suporte ou haste que conecta a carga à estrutura do drone

19. Ressonância

É o fenômeno que acontece, quando um sistema físico recebe energia por meio de excitações de frequência igual a uma de suas frequências naturais de vibração. Assim, o sistema físico passa a vibrar com amplitudes cada vez maiores.

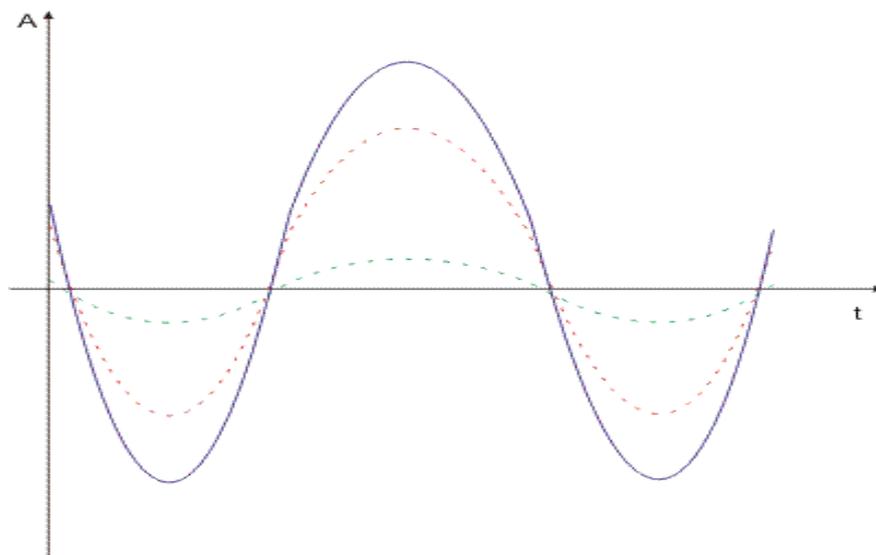


Figure 8 - Gráfico que mostra a evolução de um sistema oscilatório em ressonância.

Podemos observar que a oscilação inicial da carga em pontilhado verde foi amplificada pela efeito da ressonância até atingir a senóide azul maior. A primeira atitude a ser tomada, se o drone já estiver no ponto de descarga e se ainda a amplitude for baixa é interromper a operação, seguida pela inversão de fase na atuação e caso o movimento pendular não cesse ou demonstre nítida tendência de redução, deve proceder a imediata desconexão da carga, mas for possível estabelecer deslocamento, o aumento gradual desde, desenvolverá na carga o arrasto parasita que atuará como efeito amortecedor, transformando o sistema hora oscilante em super amortecido. Aqui é importante ter em mente a área de sobrevoo, levando-se em conta áreas populadas, indústrias, refinarias, entre outras, que devem estar previstas no procedimento operacional padrão.

20. Sistema Elétrico

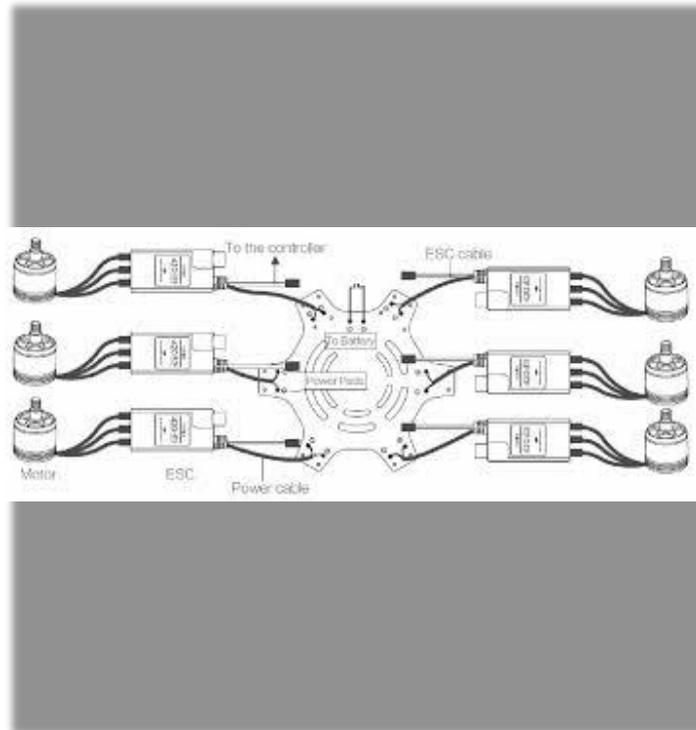


Figure 9 - Esquema elétrico drone de 6 motores

Toda e qualquer aeronave requer energia elétrica para o seu funcionamento. Esta energia precisará ser gerada, controlada, distribuída, medida e acionada apropriadamente e por esta razão toda aeronave possui um sistema elétrico. O Sistema elétrico, requer diversos componentes para todas essas funções citadas.

Componentes

Padrão (da própria aeronave)

São os componentes mínimos e necessários para o funcionamento da aeronave constantes do projeto e manual do fabricante. Sistema de geração e armazenagem de energia, regulação de tensão e corrente, retificação, ignição, luzes de indicação, etc.

Sistema de Navegação (GPS/GNSS)

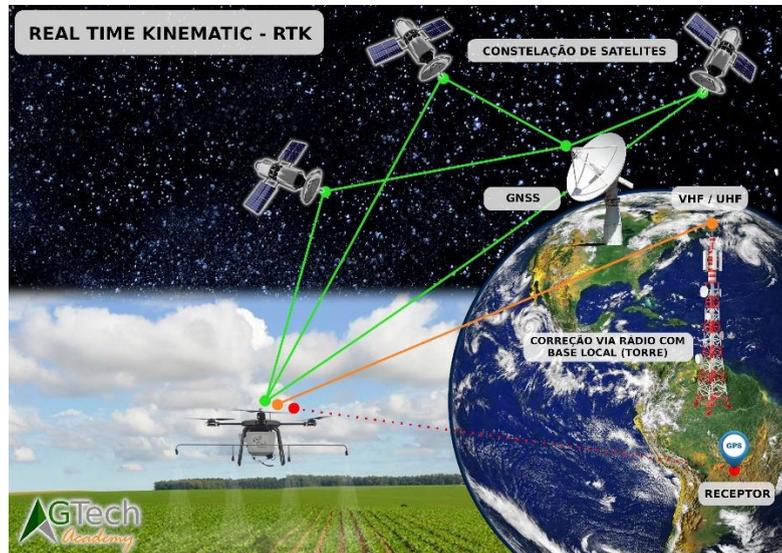


Figure 10 - Funcionamento GPS/GNSS

As modernas aeronaves agrícolas utilizam sistemas de navegação com orientação por satélite. O sistema GPS, auxilia o piloto e otimiza o trabalho no campo, gerando uma importante economia de tempo, combustível e agroquímicos, minimizando a possibilidade de erros. Auxilia na pulverização, adubação, preparação e tratamento de solo, semeadura e colheita. Os sistemas de navegação agrícola geralmente são compostos por uma unidade central, pelo receptor e antena, e luzes indicadoras.

Unidade Central

A unidade central é o componente do sistema de navegação responsável por receber as informações de posição e velocidade provenientes do receptor, e exibi-las graficamente plotando a aeronave sobre um sistema de mapa móvel e também pela exibição dos valores numéricos, velocidade, vazão, distância, etc.

Esta unidade também é responsável por integrar toda a configuração e gerenciamento do sistema, podendo-se carregar os arquivos com as áreas e regiões de aplicação e exclusão e com e descarregar os dados de aplicação após o processo para análise e confecção de relatórios.

Receptor e Antena

O receptor é o componente do sistema de navegação que através da antena recebe as ondas eletromagnéticas transmitidas pela rede de satélites e através de uma série de cálculos de triangulação, determina a posição “geodésica” da unidade.

21. Sistema Hidráulico



Figure 11 - Drone genérico

A onde houver fluídos de qualquer natureza, sobre eles poderão atuar pressões quer sejam positivas ou negativas ou estas terão que ser aproveitadas, direcionadas, criadas, monitoradas e para tanto, tubos de ventura, tubulações, mangueiras, dutos, bombas de diversos tipos e manômetros, serão empregados.

Componentes

Padrão (da própria aeronave)

Da mesma forma com no sistema elétrico, são os componentes mínimos e necessários para o funcionamento da aeronave constantes do projeto e manual do fabricante e estão fora do escopo deste manual.

Bomba de Sucção

A Bomba de sucção é o componente responsável por bombear o produto do tanque de pulverização para os bicos das barras direita e esquerda, criando o fluxo necessário sob pressão para o spray. Ela possui um motor próprio e dedicado que é elétrico em drones. No exemplo da figura a seguir vemos um sistema completo composto pela bomba, tanque e onde também pode se ver parte da tubulação.



Figure 12 - Calibração de Pressão (Eng Agr Moderno - Alvo Consultoria)

Controladores Automáticos de Vazão

O sistema de controle de vazão ou fluxo, permite não apenas controlar a vazão mas mais importante ainda, mantê-la a uma taxa constante. Assim, os sistemas de controle automático de vazão são, todos, destinados a corrigir as variações de velocidade da aeronave em relação ao solo.

Controle de Vazão por sistema eletromecânico

O sistema de navegação GPS, ao informar com precisão a velocidade de deslocamento, de forma instantânea, possibilita que o equipamento de pulverização do drone varie a *vazão* (litros / minuto) proporcionalmente à variação de velocidade, de forma a manter razoavelmente constante a *taxa de aplicação* (litros / hectare).

22. Histórico da Aviação Agrícola no Brasil

A aviação agrícola completa no Brasil, 72 anos neste ano de 2018. Tudo começou no ano de 1946 um ataque maciço de gafanhotos (*Schistocerca cancelata*) devasta a região Sul do Brasil, mais precisamente a região de Pelotas (RS). O Engenheiro Agrônomo Leôncio Fontelles, Chefe do Posto de Defesa Agrícola do Ministério da Agricultura em Pelotas e o Comandante Clóvis Candiota, utilizando um avião de instrução modelo Muniz M-7 (Prefixo PP-GAP) do aeroclube de Pelotas, realizaram em 19 de agosto de 1947 a primeira aplicação aérea no Brasil. Esse trabalho conjunto entre Leôncio Fontelles e Clóvis Candiota teve repercussão nacional e “marcou” o dia 19 de agosto como o “Dia Nacional da Aviação Agrícola”. O piloto civil Clóvis Candiota é considerado o Patrono da Aviação Agrícola no Brasil. Existem ainda outras datas e eventos importantes para a aviação agrícola no Brasil, dentre elas podemos citar: Em 1965 foi criado o CAVAG (Curso de Aviação Agrícola) em 20 de julho, na Fazenda Ipanema, em Sorocaba (SP). Em 1967 foi realizado o primeiro CAVAG (Curso de Aviação Agrícola – 02/09 a 12/12/67). Em 1969 a aviação agrícola é normalizada pelo Decreto-Lei no 917, de outubro de 1969. Em 19 de Agosto de 1969 foi criada a Empresa Brasileira de Aeronáutica EMBRAER. Em 1970 o avião agrícola EMB 200 Ipanema, batizado PP-ZIP, fez seu vôo inaugural no dia 30 de julho.

Durante toda a década de 70 a aviação agrícola teve grande desenvolvimento. No ano de 1973 foram produzidos 23 aviões Ipanema, totalizando, até o final da década de 70 um número aproximado de 381 aeronaves fabricadas. Durante a década de 80 a aviação agrícola teve relativo desenvolvimento. No ano de 1980 foram produzidos 39 aviões Ipanema, totalizando, até o final da década de 80 um número aproximado de 291 aeronaves fabricadas. No início da década de 90 a fabricação do avião agrícola Ipanema permaneceu estável, porém, foi notado um ligeiro crescimento nas atividades de aplicação aérea devido ao aumento das aeronaves importadas. Durante o ano de 1990 até 1999, foram fabricados um número aproximado de 162 aeronaves Ipanema. No Brasil existem cerca de 270 operadores de Aviação Agrícola, com uma frota de aproximadamente 1.700 aeronaves, a maior parte constituída por aviões modelo Ipanema, fabricado pela Embraer/Neiva em Botucatu, São Paulo.

Os aviões agrícolas Ipanema representam cerca de 50% da frota (900 aviões), sendo também utilizados Cessna Ag-Wagon, Ag-Truck e Ag-Husk (400 aviões), Piper Pawnee (150 aviões), Air Tractor (100 aviões), Thrush (15 aviões), AgCat (10 aviões), PZL Dromader e Kruk (35 aviões), o avião agrícola nacional Falcão AG21 (10 aviões) e outros PA18 e Maui 235 (20 aviões) adaptados. Vale destacar que na safra 2003/2004, na região de Primavera do Leste (MT), existiu a maior concentração de aviões agrícolas em operação do mundo.

A aviação agrícola é praticada em todos os continentes, totalizando mais de 40 mil aeronaves em todo o mundo, sendo que a sua maior parte opera nos Estados Unidos. Aproximadamente, 500 novas aeronaves agrícolas são produzidas por ano nos Estados Unidos. Quase 70% de toda a proteção química da safra comercialmente usada nas terras agrícolas dos Estados Unidos são aplicadas com aeronaves. Em toda a nação, existem aproximadamente 15.000 aeronaves dedicadas ao uso agrícola. Os Helicópteros representam 9% do total dos vôos. O potencial de mercado no Brasil, considerando a área agriculturável, é para 10.000 aeronaves. Atualmente a área agrícola explorada no Brasil é de aproximadamente 44.000.000 de hectares, mas ainda existem cerca de 100.000.000 a serem explorados, pela agricultura e pecuária.

Para se ter uma ideia da rapidez e do alto rendimento dos aviões agrícolas no combate à ferrugem asiática da soja, um avião agrícola PZL Dromader M-18, chega a realizar até 2.000 hectares aplicados em um único dia, utilizando avançadas tecnologias de novos bicos rotativos que possibilitam aplicar volumes de calda de 2 a 10 litros por hectare, com extrema precisão e eficiência. A estimativa de aumento da área de semeadura de soja no cerrado do Mato Grosso é dos atuais 4.500.000 de hectares para 15.000.000 de hectares para os próximos 10 anos. Fica evidente, nesse atual cenário de perdas, a necessidade do desenvolvimento imediato da aviação agrícola no Brasil, pois, para reverter esse quadro catastrófico, serão necessários, muita segurança e rapidez no controle químico das doenças e pragas inesperadas, que só a aviação é capaz de fazer.

Na cana-de-açúcar, o uso de aeronaves sempre foi muito utilizado na aplicação de maturadores. No entanto, com o surgimento de algumas doenças e pragas, como a cigarrinha de raízes ou de parte aérea, tem exigido muito das aplicações com aviões. O avião agrícola também poderia ainda ser usado no combate a endemias urbanas como a dengue, substituindo os tradicionais caminhões que pulverizam inseticidas pelas ruas das cidades. Aplicações aéreas de óleo magnético e dispersantes em derramamentos ou vazamentos de petróleo no oceano poderiam diminuir os riscos de contaminação ambiental. É importante lembrar também o uso da aviação agrícola no combate aos incêndios florestais, sempre operando em conjunto com o pessoal e meios em terra.

23. Legislação

Na Secretaria de Aviação Civil, a atividade está enquadrada na categoria de Serviços Aéreos Especializados – SAE. Nesta esfera, além da legislação aeronáutica, através da Anac – Agência Nacional de Aviação Civil, é regulada por legislação específica, por meio de RBAC e Portarias. Também no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) a atividade está regulamentada de forma específica e extensiva, abrangendo inclusive, aspectos relacionados à proteção da saúde das populações e ao meio ambiente. A frota de aeronaves agrícolas brasileiras, segundo dados colhidos no RAB, em dezembro de 2011, era de 1.638 aviões, e atualmente, estima-se em uma frota de 2500 aeronaves, o que nos coloca na posição de segunda maior frota do mundo, perdendo apenas para os EUA.

Na legislação da Aviação Agrícola estão listadas as atividades consideradas como suas prerrogativas, que são: - Aplicação de produtos fitossanitários (agrotóxicos); Aplicação de fertilizantes sólidos e líquidos; Semeadura; Povoamento de águas; Combate a incêndios em campos e florestas; Outros empregos que virem a ser aconselhados.

A atividade aero agrícola se utiliza de no mínimo três categorias de profissionais especializados e obrigatórios no processo, quais sejam: Engenheiro Agrônomo, com o título reconhecido pelo MAPA como Coordenador de Vôo Agrícola, Técnico Agrícola Executor em Aviação Agrícola (também certificado pelo MAPA) e o Piloto Agrícola, devidamente registrado no MAPA e ANAC.

24. Aeronaves Agrícolas

As aeronaves agrícolas, que além de ter o papel de desempenhar a função de aplicação de líquidos ou sólidos, ainda tem que garantir todos os quesitos de sustentação, para poder voar. Óbvio, que como uma aeronave de uso agrícola, seus componentes são projetados para garantir a correta distribuição dos insumos fitossanitários, insumos, e até sementes. Logo, para ser caracterizada como aeronave agrícola, ela tem que ser equipada com um sistema de aplicação (em nosso caso), um circuito de aplicação.

Segue abaixo, alguns modelos de aeronaves usadas para aplicações aéreas.



DROMADER



DROMADER M-18



IPANEMA BEM 202A



**PIPER PA-25-260 PAWNEE
C 1970**



AIR TRACTOR AT-802A 2006



THRUSH 510G 2012



AYRES THRUSH S2R-T 1988



**CESSNA A188B AG TRUCK
1976**



MODELO ROBINSON R44



MODELO ROBINSON R44



MODELO ROBINSON R66



EUROCOPTER - EC120 - COLIBRI



**3WD-TY-17L – fabricação
Chinesa**



**MODELO ASTA – 10L –
fabricação chinesa**



Sinochip – fabricação chinesa



Zhny- 15 – fabricação chinesa

Tabela 1 - Aeronaves de uso agrícola. Dos famosos aviões, passando para os helicópteros e chegando aos Drones.

Apenas, como ordem de grandeza, estes drones, ilustrados nas últimas imagens da Tabela 01 acima, variam de preço conforme o modelo e autonomia. Os preços variam de US\$3.000,00 a US\$50.000,00.

25.Frota Nacional – Dados de 2016

Estes dados abaixo, foram extraídos do documento elaborado pelo Engenheiro Agrônomo Eduardo Cordeiro de Araújo, através do documento intitulado “Frota Brasileira de Aviões Agrícolas”, finalizado em dezembro de 2016, na versão 2.0, e publicado no site “Agronautas” (www.agronautas.com). Segundo o autor, não houve, no período que se seguiu, atualização relativa no ano de 2015.

I - Assim como no trabalho anterior, original, foi consultado o banco de dados do Registro Aeronáutico Brasileiro disponível na Internet (página da ANAC : www.anac.gov.br), no período de 31 de dezembro de 2016 a 13 de janeiro de 2017.

II - Estão incluídas tanto as aeronaves classificadas como “Regulares” como as “Irregulares” (Pendentes). Não foram incluídas aeronaves classificadas como “Reserva de Marcas”. Também foram excluídos os aviões que constam como “Matrícula Cancelada”. Como estão incluídas aeronaves que constam como “regulares” e “irregulares”, não há um indicativo preciso do número de aeronaves efetivamente em operação, mas, sim, o número da frota estática, potencial.

III - Aviões modelo PA-18: incluídos apenas aqueles certificados como agrícolas (S05 e TPP). Necessita confirmação na próxima edição deste levantamento.

IV- Todos “Antonov” (AN-2P), fabricados na Polônia pela PZL, foram EXCLUÍDOS, por se tratarem de aeronaves de uso misto e, até onde se tem notícia, não estão sendo empregadas em uso aeroagrícola.

V - Idade Média” da frota foi calculada considerando apenas as aeronaves cujo ano de fabricação consta no RAB (Registro Aeronáutico Brasileiro).

VI – Para distribuição em função da Unidade da Federação (página 5), foi adotado o Estado de domicílio do Operador (Explorador).

VII - Usando a metodologia acima descrita, a frota aeroagrícola brasileira, em dezembro de 2016, totalizou **2083** aviões, distribuídos conforme tabelas e gráficos mostrados a seguir:

Fabricante	Número	%
Bellanca	2	0,10
Gippsland	3	0,14
Aircraft Parts	4	0,19
Ag-Cat	10	0,48
Chincul	11	0,53
Laviasa	17	0,82
PZL	18	0,86
Ayres	23	1,10
Thrush	27	1,30
Piper	147	7,06
Cessna	283	13,59
Air Tractor	289	13,87
Embraer-Neiva	1249	59,96
TOTAL	2083	100,00

Tabela 2 - Distribuição de aeronaves no Brasil por fabricante.

Modelo	Número	Porcentagem	Obs.
AT-503	1	0,05	Air-Tractor Turbo
GA200	1	0,05	FatMan
8GCBC	2	0,10	Bellanca
GA200C	2	0,10	FatMan
AT-504	3	0,14	Air-Tractor Turbo
A-9B	4	0,19	Quail
G-164	4	0,19	Ag-Cat
PZL-106BT-60	4	0,19	Kruk
AT-502	6	0,29	Air-Tractor Turbo
G-164A	6	0,29	Ag-Cat
M18A	6	0,29	Dromader
AT-802	8	0,38	Air-Tractor Turbo
Emb-203	8	0,38	Novo Ipanema
M18B	8	0,38	Dromader
PA-18	10	0,48	PA-18
PA-36-375	11	0,53	Brave 375
A188	12	0,58	Agwagon
AT-802A	13	0,62	Air-Tractor Turbo
S2R-T34	13	0,62	Thrush Turbo P&W
AT-401	14	0,67	Air-Tractor Radial
S2R-H80	14	0,67	Thrush Turbo GE
EMB-200A	15	0,72	Ipanema
A188A	17	0,82	Agwagon
AT-401B	17	0,82	Air-Tractor Radial
AT-402A	18	0,86	Air-Tractor Turbo
PA-36-300	22	1,06	Brave 300
S-2R	23	1,10	Thrush Radial
EMB-200	25	1,20	Ipanema
T188C	31	1,49	AgHusky
AT-402B	40	1,92	Air-Tractor Turbo

PA-25-260	44	2,11	Pawnee 260/Puelche
PA-25-235	88	4,22	Pawnee 235
EMB-201	149	7,15	Ipanema
AT-502B	169	8,11	Air-Tractor Turbo
A188B	223	10,71	AgTruck
EMB-202A	286	13,73	Ipanemão Alcool
EMB-201A	379	18,19	Ipanema
EMB-202	387	18,58	Ipanemão
TOTAIS	2083	100,00	

Tabela 3 - Distribuição de aeronaves no Brasil por modelo.

UF	Número	%
Acre	1	0,05
Amazonas	4	0,19
Espirito Santo	4	0,19
Pernambuco	6	0,29
Rio de Janeiro	6	0,29
Santa Catarina	13	0,62
Roraima	14	0,67
Piauí	16	0,77
Distrito Federal	17	0,82
Pará	17	0,82
Rondonia	17	0,82
Alagoas	20	0,96
Maranhão	26	1,25
Tocantins	36	1,73
Minas Gerais	71	3,41
Bahia	99	4,75
Mato Grosso do Sul	108	5,18
Paraná	140	6,72
Goiás	277	13,30
São Paulo	311	14,93
Rio Grande do Sul	418	20,07
Mato Grosso	462	22,18
TOTAL	2083	100

Tabela 4 - Distribuição de aeronaves no Brasil por Estado

Os aviões da categoria SAE (Empresas Aeroagrícolas) são operados por **240** empresas registradas na ANAC (Anac, janeiro de 2017). Os aviões da categoria TPP (Operadores privados), são operados por cerca de **565** agricultores e cooperativa de agricultores (estimativa). Onde detectadas discrepâncias na classificação se algumas aeronaves (TPP como SAE ou vice-versa), foram feitas retificações na distribuição por categoria.

26. Circuito Hidráulico de uma aeronave

Agora, iremos destacar quais são os componentes do circuito de uma aeronave agrícola, em especial, os aviões, que são os mais utilizados.

Veja na Figura 1, o esquema de uma aeronave agrícola, detalhando o pulverizador incorporado à aeronave.

Conforme a figura 2, o sistema de pulverização é simples. Uma aeronave, como a fabricada pela Embraer, o avião Ipanema é dotado das seguintes partes que compõem o pulverizador, quais sejam: hopper (tanque de insumos), bomba, válvula de 03 vias (By-pass), válvula de abastecimentos rápido, manômetro, filtro e barras de aplicação, e em alguns aviões, o fluxômetro medidor de vazão.

O tanque é normalmente construído em fibra de vidro, possuindo uma grande abertura na parte superior para o carregamento de sólidos e uma comporta na parte inferior, denominada de tampa de alijamento. Esta tampa é usada para alijiar a carga contida na aeronave, e assim, a mesma ganhar altura de forma rápida, quando em uma situação crítica

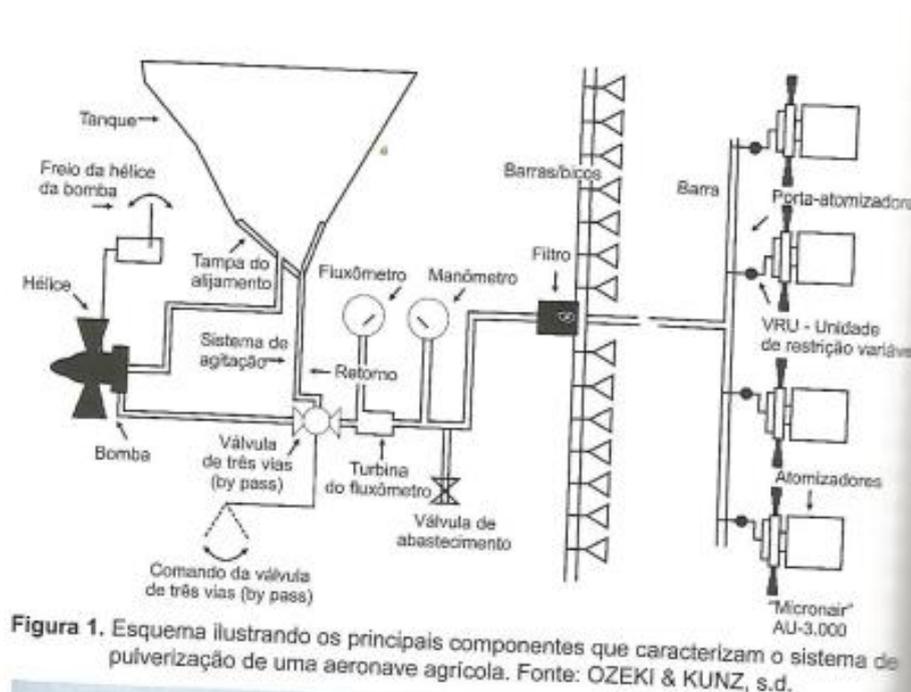


Figura 1 - Esquema ilustrando os principais componentes que caracterizam o sistema de pulverização de uma aeronave agrícola. Fonte: OSEKI & KUNZ, s.d.



Figura 2 - Sistema de pulverização da aeronave agrícola Ipanema: (a) hopper (reservatório para insumos); (b) barra de aplicação; (c) válvula de abastecimento rápido; (d) bomba de acionamento eólico; (e) comporta para alijamento da calda; (f) válvula de 03 vias.

A bomba de pulverização é utilizada para suprir a demanda da barra e ainda manter agitação da calda dentro do hopper. Normalmente ela é centrífuga, podendo seu acionamento ser eólico, hidráulico ou elétrico. As bombas centrífugas são bombas de deslocamento dinâmico, caracterizados por baixa pressão e grande vazão. São posicionadas abaixo do hopper, sendo alimentadas por gravidade. São bombas de baixa manutenção, pouco desgaste. No entanto, com o advento do uso da adubação foliar, muitas formulações nutricionais usadas não são quelatizadas ou formulações correntemente solubilizadas. Desta forma, muitas destas bombas tem tido muito problemas no selo mecânico ou no rotor, por consequência do mau uso.

As barras aplicadoras possuem acoplamentos de engate rápido, visando facilitar a substituição em caso de mudanças rápidas de tipos de bicos, volume de calda. Nestas barras, são instalados os sistemas de geração de gotas, mais conhecidos como os bicos. Os mais comuns são os bicos hidráulicos, os mesmos usados em pulverizadores terrestres. No entanto, nos últimos anos, os bicos pneumáticos americanos, modelos CP's tem sido muito utilizados em aeronaves no Brasil. Além deste modelos, há os atomizadores ou Bicos Rotativos, sendo o mais comum, denominado Micronair. Os primeiros, normalmente montados para aplicação entre 30 a 40 L/ha, ficando os CP's entre 20 a 40 L/ha e os discos rotativos, entre 5 a 20 L/ha. Veremos detalhes posteriormente.

Operacionalmente, as aeronaves agrícolas são projetadas com grande capacidade de transporte de carga em relação ao seu peso; para facilitar pouso e decolagem em pistas curtas, entre 400 a 500 m (ao nível do mar); velocidades entre 160 a 180 km/h nos equipados com motores convencionais e entre 200 a 240 km/h nos equipados com turbina (turboélices); velocidade de "stol" entre 65 a 100 km/h; boa visibilidade; estabilidade; manobrabilidade; proteção do espaço físico contra impactos frontais; cabina pressurizada; preparadas para aguentar o ataque químico dos produtos fitossanitários; fácil e rápida manutenção.

As aeronaves são agrupadas em leves e pesadas. As leves são equipadas com motor de até 300 hp e capacidade de carga abaixo de 1000 litros. As pesadas são equipadas com motor variando entre 300 a 1200 hp, com capacidades de tanque entre 1000 a 3000 litros.

Cabe aqui citar, que em regiões acidentadas, com relevo que dificulta o uso de aviões, o helicóptero tem seu grande benefício. Os helicópteros são chamados de aeronaves com asas rotativas, enquanto que os tradicionais aviões, são chamados de aeronaves de asas duras. Os helicópteros apresentam maiores facilidades para manobras, porém os seus custos de operação e manutenção são mais elevados, quando comparados às aeronaves de asas fixas.

27. Sistemas Eletrônicos incorporados às aeronaves agrícolas

As tecnologias em eletrônica embarcada garantem maior produtividade, segurança e conforto às operações aeroagrícolas (SCHRODER, 1998). O sistema de GPS (Sistema de Posicionamento Global) já é uma ferramenta comum às aeronaves agrícolas. Agora, com o advento de softwares e sistemas mais modernos, é possível a extração dos mapas de voo, que abertos em softwares específicos, é possível determinar corretamente as faixas de aplicação, a sobreposição de faixas, as falhas de faixas aplicadas. Inicialmente, com o advento do GPS, os antigos balizadores (bandeirinhas) deixaram de existir nos campos de aplicação, para darem lugar aos vôos orientados.

Logo, o que os sistemas permitem no campo, é continuar a oferecer aos pilotos, a orientação correta, vôos seguros, áreas corretas a serem aplicadas, conforto durante os vôos, e para o proprietário das áreas, entender como está ficando a qualidade dos vôos e a variação ou não das faixas de aplicação. Para isto, empresas especializadas em tratar estes arquivos oferecem os serviços de lapidação e análise destes mapas. Diante das análises, hoje, se consegue entender as dificuldades operacionais dos vôos, as áreas mais problemáticas, delimitar áreas não desejáveis para as aplicações, rastrear desvios de faixa causado por problemas climáticos durante os vôos, como o vento por exemplo. Logo, estas ferramentas de gestão permitem o uso da agricultura de precisão.



Figura 3 - Sistema de navegação e controle de fluxo instalado na aeronave agrícola Ipanema: (a) fluxômetro; (b) válvula reguladora de fluxo; (c) painel do sistema integrado ao GPS; (d) Barra de luzes. Fotos: Ulisses Antuniassi e Wellington Carvalho.

Uma outra inovação muito importante, e que ganha espaço a cada dia, é o sistema de DGPS integrado aos controladores de fluxo (Tabela 5). De acordo com Araújo (2007) e Araújo (2007), o controlador de fluxo tem por finalidade ajustar a vazão (L/minuto) conforme a variação de velocidade da aeronave, visando manter a taxa de aplicação (L/ha) praticamente constante. Este sistema já é amplamente usado nos pulverizadores terrestres, porém na aviação ainda não é amplamente usado. Este fluxômetro envia pulsos ao sistema DGPS (sistema de orientação integrado ao controlador de vazão), que calcula, de acordo com a faixa tratada e a velocidade instantânea da aeronave, qual a vazão necessária para atender a barra de aplicação. Desta forma, o sistema integrando uma válvula que controla o fluxo de água a ser destinado para barra, libera mais ou menos água para a barra, através da leitura em litros por minuto que o fluxômetro necessita.



FLUXÔMETRO PARA AVIAÇÃO AGRÍCOLA, MODELO TRAVICAR -
www.travicar.com.br

AGROFLOW III - Completo MAPA DE APLICAÇÃO + LEITOR DE FLUXO

- Indicação em tempo real do fluxo aplicado em litros/hectare.
- Visualização do mapa de aplicação em tempo real.
- Visualização da área no Google Earth.
- Permite alteração da faixa de trabalho durante o voo, sem alteração da faixa anterior.
- Sistema com GPS próprio. Totalmente independente do GPS da sua aeronave.
- Relatório completo da aplicação em PDF.
- Permite salvar áreas não finalizadas para posterior finalização.
- Extração de relatório em pen drive.
- Atualização do software via internet.
- Software em português, inglês e espanhol.



SISTEMA AGROFLOW – MAPA DE APLICAÇÃO COM CONTROLE DE FLUXO - TRAVICAR

AGROFLOW IV - Completo MAPA DE APLICAÇÃO + CONTROLE AUTOMÁTICO DE FLUXO

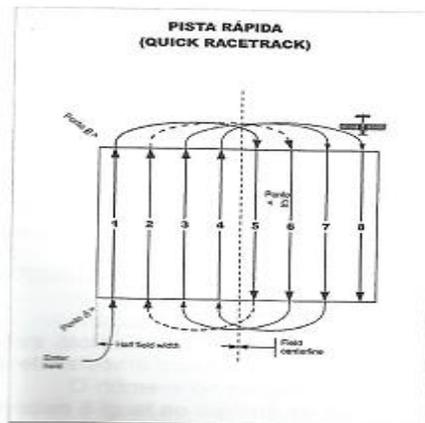
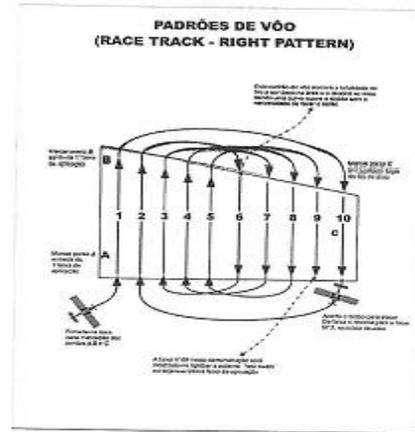
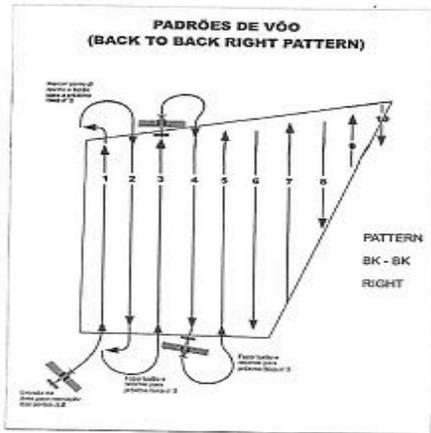
- Controle automático em tempo real do fluxo aplicado sem intervenção do piloto.
- Visualização do mapa de aplicação em tempo real.
- Visualização da área no Google Earth.
- Permite alteração da faixa de trabalho durante o voo, sem alteração da faixa anterior.
- Sistema com GPS próprio. Totalmente independente do GPS da sua aeronave.
- Relatório completo da aplicação em PDF.
- Permite salvar áreas não finalizadas para posterior finalização.
- Extração de relatório em pen drive.
- Atualização do software via internet.
- Software em português, inglês, espanhol e francês.



SISTEMA AGROFLOW – MAPA DE APLICAÇÃO COM CONTROLE DE FLUXO - TRAVICAR

Tabela 5 - Sistemas DGPS com controladores de fluxo.

É importante salientar neste material, os padrões de voo adotados pelos comandantes das aeronaves. Para facilitar a descrição, iremos ilustrar as imagens. O importante é destacar que as regras do voo agrícola, para facilitar a deposição da faixa de aplicação deverá ser levada em consideração.



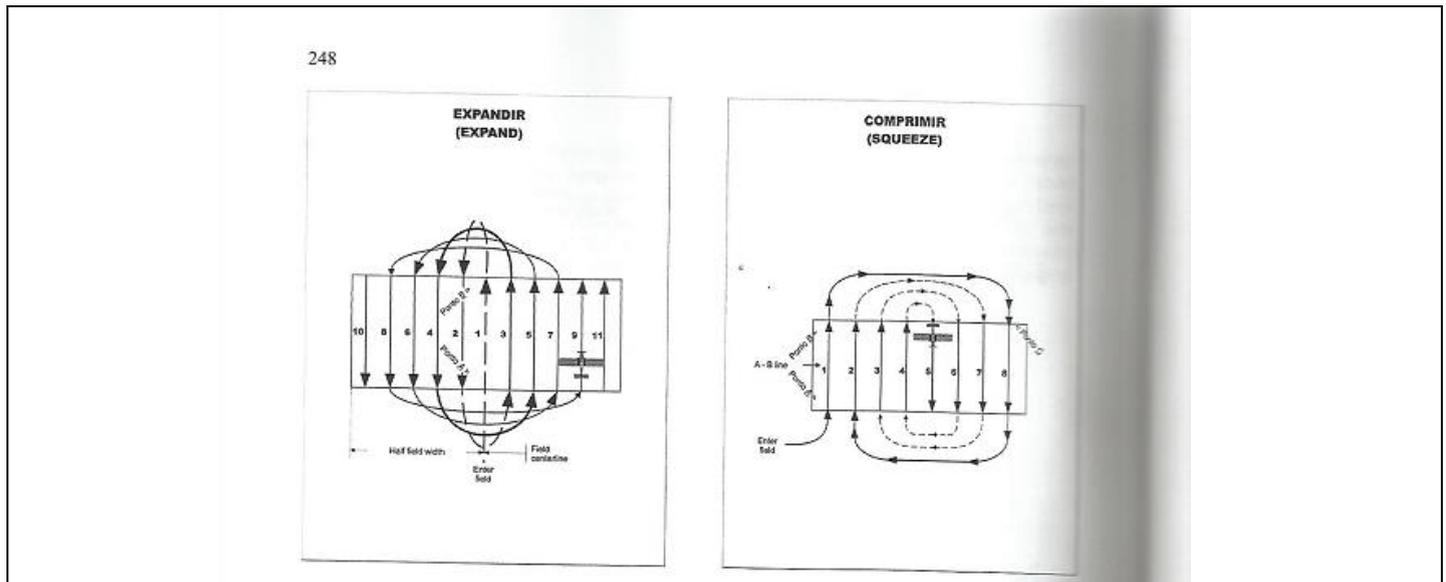


Tabela 6 - Figuras dos Padrões de voo.

28. Barras e Modelos de Pontas e Bicos para geração de gotas

Bicos Hidráulicos

Ainda é grande o número de aeronaves que se utilizam dos convencionais sistemas de geração de gotas, que são os bicos de energia hidráulica. Este sistemas adotam as tradicionais pontas de pulverização, que normalmente são de jato plano leque ou cônico (vazio ou cheio). Normalmente são de tamanho superior aos usados nos pulverizadores terrestres, devido à velocidade de voo, que pode estar entre 120 a 250 km/h (OZEKI, 2006). Quanto à seleção destes modelos, deve-se levar em conta a pressão de trabalho, que deverá estar entre 100 a 300 kPa (1 a 3 Bar), obedecendo à pressão de trabalho da bomba. Para calcular (vide capítulo 8 - Calibração), deve-se considerar a velocidade de voo, a faixa tratada, o volume de calda desejado na área e o número de bicos abertos que serão usados na aplicação.

O tamanho das gotas, que será gerado em função do modelo da ponta, e da pressão de trabalho, calculado como descrito anteriormente, é um dos requisitos mais salientados da tecnologia de aplicação. Serão as gotas, as grandes responsáveis por atingir o alvo desejado e se depositarem neste alvo. Logo, deve-se buscar gotas com baixo potencial de deriva e evaporação, e que sejam distribuídos de forma uniforme sobre o alvo, em uma densidade compatível com as necessidades recomendadas pelo fabricante do produto fitossanitário. Desta forma, monitorar as condições climáticas antes e durante as aplicações aéreas, é de suma importância para o sucesso da aplicação.

No mercado brasileiro, encontram-se diferentes fabricantes que produzem estes materiais convencionais (Bicos Hidráulicos). Há materiais em latão, polímero, aço inoxidável e cerâmica. De acordo com Ozeki (2006), os modelos mais comuns de pontas de energia hidráulica são os:

- Jatos cônicos cheios da série D, normalmente montados com os difusores DC 56, que geram gotas médias a grossas;
- Jatos cônicos vazios da série D, normalmente montados com os difusores DC 25, 45 e 46, gerando gotas finas a médias;
- Jatos planos leques de 80°, nas vazões 01 até 08, produzindo gotas finas a médias;

- Jatos planos leques de 80°, nas vazões 10 a 15, produzindo gotas médias a grandes;
- Jato plano sólido, que são os discos da série D, sem os difusores, gerando gotas muito grossas.

O número associado a letra D, por exemplo, D8, significa o diâmetro do orifício do disco em fração de polegadas. Assim, um disco D8 significa que o orifício desta ponta possui um diâmetro de 8/64 polegadas.

Já as pontas de jato plano, indicam a angulação de abertura do leque, e a vazão em Galões americanos por hora. Desta forma, uma ponta 8008, significa um ângulo de abertura de 80° e uma vazão de 0,8 galões americanos por minuto, à pressão de 40 PSI.

Com estes modelos de pontas, independente do modelo, as barras de aplicação podem oferecer inúmeras configurações quanto ao número e a posição das pontas hidráulicas fixadas em cada lado da fuselagem e da envergadura. Estas configurações são variáveis em função do comportamento dinâmico do ar em volta da aeronave durante as aplicações. E ainda sofrem influência da velocidade de vôo e pelos vórtices causados pela hélice e pelas pontas das asas. Desta forma, nos aviões, a distribuição das pontas não é simétrica. Considerando, que o sentido de giro da hélice é anti-horário, coloca-se mais bicos do lado direito do que no lado esquerdo. Como exemplo, uma das configurações mais clássicas para a aeronave Ipanema é equipar com 42 pontas, sendo a distribuição da seguinte forma: 16 no lado esquerdo (envergadura esquerda), 06 no centro (fuselagem) e 20 no lado direito (envergadura direita).

A angulação dos bicos em relação à direção de vôo da aeronave permite alterar o tamanho de gota gerado pelas pontas, sem alterar a pressão de pulverização e a vazão. Veja na figura 4, as posições de ajustes de angulação dos bicos hidráulicos.

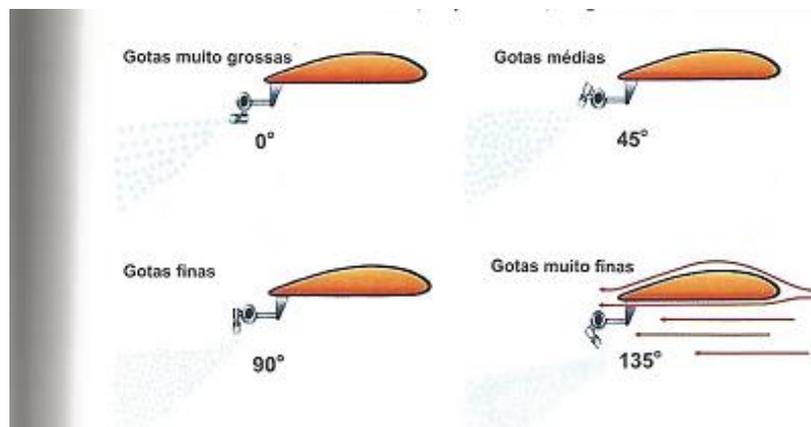


Figura 4 - Representação esquemática dos efeitos da angulação dos bicos de uma barra de pulverização em aeronave agrícola sobre a formação do tamanho de gota gerado. Fonte: OSEKI, 2006.

Observamos quatro posições, quais sejam: 0°, 45°, 90° e 135°. À medida que se aumenta a angulação, diminui o tamanho da gota, pois passa-se a direcionar o jato pulverizado no sentido a obter mais interferência do vento aerodinâmico do vôo.

É importante salientar, que estes bicos, e o próximo descrito, possui o sistema de antigotejamento, evitando os desperdícios e contaminações, em especial, durante as manobras.

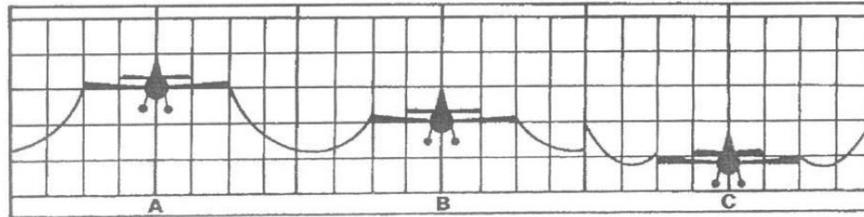


Figura 5 - Variação dos vórtices de ponta de asa em relação a altura de vôo. A aeronave do centro representa a melhor altura de aplicação.

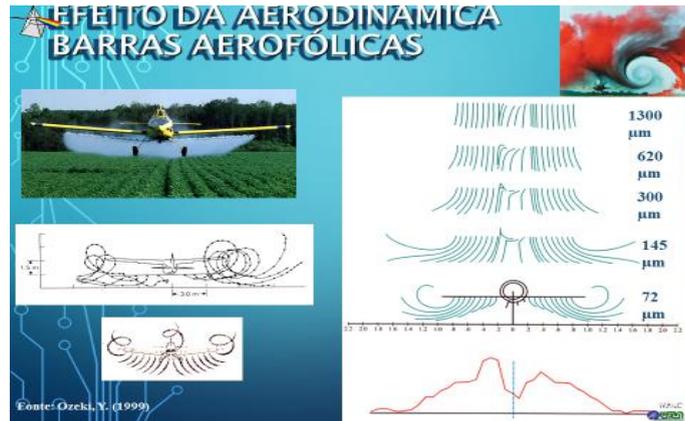


Figura 6 - Efeito aerodinâmico barras aerofólicas. Adaptado UFLA. Fonte: Ufla – Professor Dr. Wellington e Oseki, 1999.

Bicos CP

Uma outra opção, atualmente, uma das mais usadas e aceitas, devido ao seu manuseio, simples, são as pontas de jato plano defletor de ângulo ajustável e unidade de restrição variável. São as populares conhecidas como pontas do tipo “CP”. Aqui no Brasil, também é conhecido por Bico “STOL”, por ser a empresa STOL um dos fabricantes aqui no Brasil.



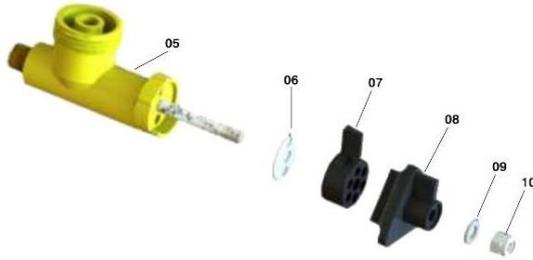


Figura 7 - Imagem do Bico CP Stoll. Fonte: www.stoll.com.br

Este sistema de pontas possibilita grande flexibilidade de ajuste da vazão e do tamanho de gotas, sem que haja a necessidade de troca das pontas. Basta ajustar a vazão na unidade de restrição variável, chamado de Dosador (Figura 7, item 08) e ajustar o tamanho de gota através da variação do Defletor, nas posições 30°, 55° e 90° (Figura 7, item 08). Quanto maior o orifício dosador, maior a vazão, e quanto maior o ângulo do defletor, menor o tamanho da gota. Normalmente, neste sistema, associando o dosador com o defletor, é possível obter gotas muito finas (90 micra) até Ultra Grossas (600 micra).

Segue abaixo, a Tabela de Vazão dos Bicos STOL.

INDICAÇÃO DE VAZÃO EM LTS./MIN. - BICOSTOL

Orifício	20 Psi	30 Psi	40 Psi
D - 3	1.4	1.7	2.0
D - 6	3.0	3.5	4.1
D - 8	4.8	5.7	6.8
D - 10	7.4	7.9	9.0

Tabela 7 - Vazão dos Bicos CP Stoll.

As barras aerodinâmicas, em forma de asa, substituíram, gradualmente as barras circulares, apesar de ainda serem encontradas muitas barras circulares. A preferência é pelas barras aerodinâmicas, pois oferecem menor atrito e impactam muito menos na performance do voo.

A distribuição dos Bicos Hidráulicos ou dos Bicos “CP” (STOL) na barra deve ser feita corretamente, limitando-se ao máximo em 70 a 80% da envergadura da aeronave, para evitar perdas ocasionadas pelos efeitos aerodinâmicos, os famosos vórtices, originados nas extremidades das asas (Figura 8 e 9). Assim, na parte central da aeronave (barriga), os bicos de pulverização devem ser posicionados mais afastados da fuselagem do avião, para evitar a ação do vórtice da hélice. Já nas aeronaves de asas rotativas, Helicópteros, esta distribuição é mais simples, fugindo apenas da área de atuação do rotor.



Figura 8 - Esquema de montagem dos Bicos CP na Barra. Foto: Antuniassi & Boller, 2011.

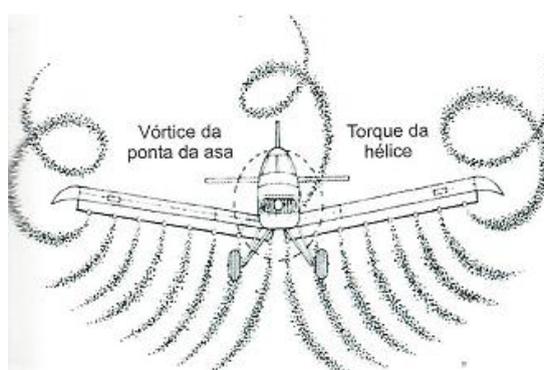


Figura 9 - Representação esquemática da influência da aerodinâmica da aeronave sobre as gotas da pulverização indicando os vórtices das extremidades das asas e da hélice. Fonte: OSEKI e KUNS (s.d.).

Segue abaixo a Tabela de Vazão dos Bicos CP (Plástico), para ser consultada, quando a aeronave estiver equipada com o sistema.

Pressão PSI	Litros por Minuto do Bico (L/min)			
	Tamanho do Orifício			
	0,062	0,078	0,125	0,172
20	1,755	2,743	6,285	8,570
30	2,173	3,389	7,805	11,115
40	2,591	4,035	9,325	12,802

Tabela 8 - Vazão dos Bicos CP (Plástico)

Bicos Rotativos

Os atomizadores ou bicos rotativos são utilizados em substituição aos bicos hidráulicos ou pneumáticos (STOL, CP's), com a mesma função de fracionar o líquido em gotas. São conhecidos por bicos de energia centrífuga. A grande vantagem deste sistema é a uniformidade de gotas geradas, sendo atualmente, os que maior homogeneidade de gotas gera. Há no mercado, vários modelos de bicos rotativos.

O princípio de funcionamento consiste no líquido deverá atravessar um eixo oco, do atomizador e sairá ao encontro de uma tela ou um conjunto de discos rotativos, que farão a quebra do líquido em gotas, através da força centrífuga. Normalmente em uma aeronave, são utilizados de 2 a 12 atomizadores por aeronave. O mais comum é encontrarmos entre 6 a 8. São sistemas, que por utilizarem em menor quantidades nas aeronaves, os orifícios de saída são bem maiores, e consequentemente, os riscos de entupimentos são bem menores.

O ajuste do tamanho da gota, independente do modelo, é realizado através do ajuste da velocidade de rotação do sistema. Quanto maior a rotação, menor serão as gotas formadas. Normalmente, a velocidade de rotação se faz ajustando-se o ângulo das pás, que fazem os discos girarem.

Os atomizadores rotativos utilizam o mesmo sistema gerador de pressão empregado para as pontas hidráulicas (bicos comuns), e embora as aeronaves possuem o sistema By-Pass para regulagem do fluxo destinado à barra e o retorno, os bicos rotativos possuem regulagem individuais. Isto permite que cada unidade seja regulada para proporcionar uma vazão diferente, com vistas a melhorar a uniformidade de distribuição do perfil de pulverização. Eles podem ser instalados em suportes próprios para eles, o que inclui novas barras, ou então, para a maioria dos modelos, podem ser utilizadas as mesmas barras das pontas para o suporte e condução do líquido.

No Brasil, os atomizadores rotativos mais usados são os de fabricação Inglesa, chamados “Micronair”, dos quais existem dois modelos principais em uso, quais sejam: AU-3000 (já não mais fabricado), o AU-5000 (mais usado) e o AU-4000. Os dois modelos nacionais existentes no Brasil são o TurboAero, produzido pela CBB (empresa brasileira, Centro Brasileiro de Bioaeronáutica) e o STOL, produzido pela empresa de mesmo nome.



Figura 10 - Atomizadores rotativos mais empregados no Brasil. Fonte: Antuniassi & Boller, 2001.

Os atomizadores rotativos são constituídos basicamente por um tambor de tela, metálica, ou um cilindro constituído por discos dentados, acoplado a pás de hélice, plásticas. O tambor ou cilindro gira em torno de um eixo fixo. As pás têm seu ângulo ajustável, o que influi sobre a velocidade de rotação

Rua Pedro Saturnino SN, Brotas - SP, Brazil CEP: 17380-000 | Telefone: (014) 2109-3967

atendimento@agtech.academy | www.agtech.academy

e, conseqüentemente, sobre o diâmetro de gota. Cada unidade atomizadora tem seu próprio dispositivo para ajuste da vazão. Os atomizadores são providos, também individualmente, de válvulas Antigotejamento, internas (Micronair) ou externas (modelos nacionais) ou até ambas (AU-4000 e AU-5000).

Instalação dos Atomizadores

Alguns atomizadores são comercializados já com suas barras aerodinâmicas e suportes. Estes podem ser personalizados para cada tipo de aeronave, como no caso do modelo Micronair AU-3000. Os suportes, geralmente em número de 4, fixam as barras atrás e na linha do “Bordo de Fuga” da asa. Já outros modelos como o Micronair AU-5000, TurboAero e Stol são fornecidos normalmente com suportes tipo abraçadeiras, para serem montados diretamente sobre as barras normalmente usadas para a instalação das pontas de pulverização, não existindo, portanto, suportes adicionais para fixação nas asas.

Quando se utiliza tal tipo de atomizador, pode-se variar com mais facilidade o número e a posição dos mesmos. O atomizador obtém o líquido a pulverizar diretamente de um dos orifícios onde são instaladas as pontas, vedando-se os demais orifícios das barras. Mantendo-se uma barra específica para os atomizadores, pode-se, com grande facilidade, passar de uma aplicação com atomizadores para uma com bicos, apenas trocando-se o conjunto de barras, o que é feito com grande rapidez.

O número de atomizadores instalados, como já dito, pode ser variável. Em princípio, para um avião modelo Ipanema, utiliza-se de dois a quatro atomizadores AU-3000 ou quatro a oito AU-5000, ou ainda de 10 a 12 atomizadores modelos TurboAero ou Stol. Já para os aviões de grande porte, como o Air-Tractor ou Thrush, usa-se um número proporcionalmente maior, conforme a envergadura da aeronave. Com relação à posição dos atomizadores, cada fabricante recomenda uma disposição básica de instalação, a qual pode ser alterada pelo operador para utilizações específicas.



Figura 11 - Vemos a instalação em uma aeronave - Instalação de Micronair AU-5000 em aeronave. Fonte: Antuniassi & Boller, 2001.

Componentes dos atomizadores

Os atomizadores são constituídos pelas seguintes partes: Tambor ou tela de disco; Cubo ou Pás; Eixo; Válvula Primária; Unidade de Restrição Variável; e Freio.

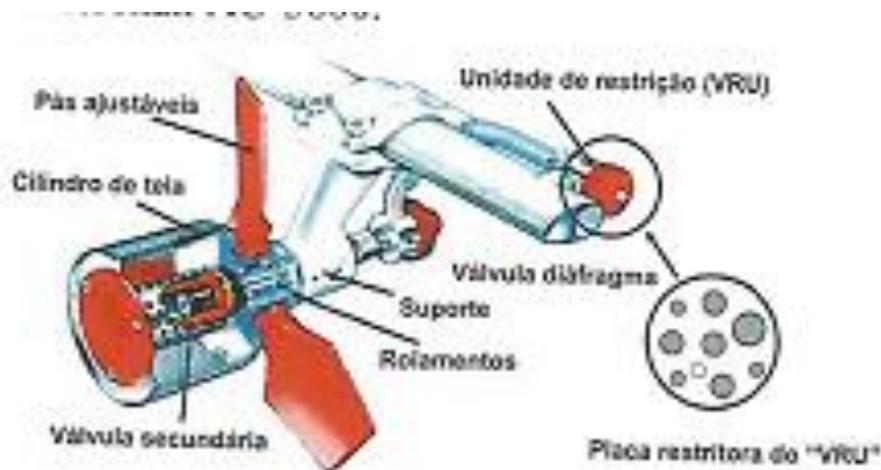


Figura 12 - Componentes de um bico rotativo Micronair AU-5000 - Componentes típicos de um atomizador rotativo. Fonte: ANTUNIASI & BOLLER, 2011.

O cilindro (tambor) de tela ou de discos é o responsável pelo fracionamento do líquido em gotas. O tambor de tela é composto por um cilindro de malha metálica, inoxidável, fixado ao cubo das pás. O tambor de discos é composto por um conjunto de discos plásticos ranhurados, montado em torno do eixo e também fixado ao cubo pelas pás. O conjunto cilindro/cubo deve ser balanceado dinamicamente para evitar vibrações. O diâmetro do tambor é variável conforme o modelo do atomizador, sendo tipicamente de 05 polegadas no Micronair AU-3000 e de 04 polegadas no AU-5000. Os atomizadores que usam cilindro de tela podem ter a malha (mesh) alterada pelo usuário para malhas maiores, em caso de necessidades específicas, como as aplicações de produtos sólidos em suspensão. No entanto, atentando-se sempre para o aspecto do balanceamento dinâmico referido acima. É importante salientar que enquanto nos atomizadores TurboAero e Stol, os discos são usados para a produção de gotas finas, nos atomizadores Micronair, ao contrário, o tambor de discos é projetado para obter gotas grossas.

O cubo ou pás do atomizador é a parte do atomizador que é fixada ao tambor de tela, mediante parafusos, sendo nele encaixadas as pás plásticas que irão promover a rotação de todo o conjunto. O cubo assenta sobre o eixo do atomizador através de rolamentos, que podem ser blindados ou com bico para lubrificação externa. Neste último caso, a lubrificação é um item vital, sendo necessária inspeção diária com relação à necessidade de graxa. O número de pás é variável conforme o modelo, quais sejam: AU-5000 possui 03 pás; AU-3000 possui 05 pás; Stol possui 06 pás e o TurboAero possui 04 pás. O ângulo das pás pode ser variado, desde um ângulo mínimo (máxima rotação) até um ângulo máximo (mínima rotação ou rotação nula).

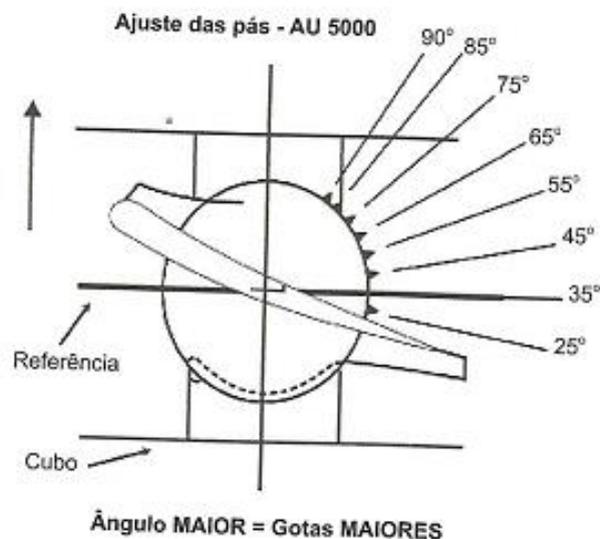


Figura 13 - Ajuste do ângulo das pás – AU-5000. Fonte: Manual Micronair AU5000.

O ajuste do ângulo das pás deve ser feito manualmente, com algum tipo esforço, e para isto, é necessário que os parafusos, que fixam ambas as faces do cubo, não estejam excessivamente apertados. O aperto correto dos parafusos que fixam as duas partes do cubo é aquele em que ainda é possível ajustar as pás sem o uso de ferramentas, porém também sem riscos que altere o ângulo de vôo. Os gráficos fornecidos pelos fabricantes, ou planilhas computadorizadas devem fornecer as seguintes informações abaixo;

- Rotação necessária para obter um determinado diâmetro de gotas;
- Ângulo de pá necessário para obter uma desejada rotação, a uma determinada velocidade e vazão.

O eixo dos atomizadores rotativos é oco para permitir a circulação da calda pelo seu interior. Na extremidade anterior, o eixo é fixado, mediante uma porca, no suporte do atomizador, o qual, por sua vez, é fixado às barras. O Micronair possui uma válvula de segurança (Antigotejamento) na extremidade posterior do eixo. Esta válvula, também chamada de válvula de vedação secundária tem por finalidade evitar que o líquido contido no interior do eixo possa vazar.

A válvula primária, ou válvula primária antigotejante é semelhante àquelas utilizadas na montagem com os bicos hidráulicos, comuns em pulverizadores terrestres. São formadas por um diafragma de borracha especial, que é comprimido por uma mola contra a extremidade do conduto interno de saída da válvula. Assim, o líquido para sair é obrigado a comprimir a mola. Sem pressão, a válvula é fechada automaticamente, restando apenas o líquido existente no interior do eixo, o qual é retido agora, pela válvula secundária.

A VRU ou Unidade de Restrição Variável serve para ajustar o fluxo de água ou calda para o interior do eixo, até ser admitido no interior do atomizador. A unidade é formada, internamente, por um disco rotativo, com um orifício excêntrico, o qual é comprimido contra uma placa circular, a qual contém orifícios de diâmetro variável (07 no caso do Micronair). O disco rotativo, interno, está acoplado a um tambor externo que possui graduações gravadas e uma linha de referência gravada no corpo da unidade. A cada coincidência de um número com a linha de referência, externamente, corresponde um diâmetro diferente do orifício selecionado internamente, e conseqüentemente, uma vazão diferente para o líquido.

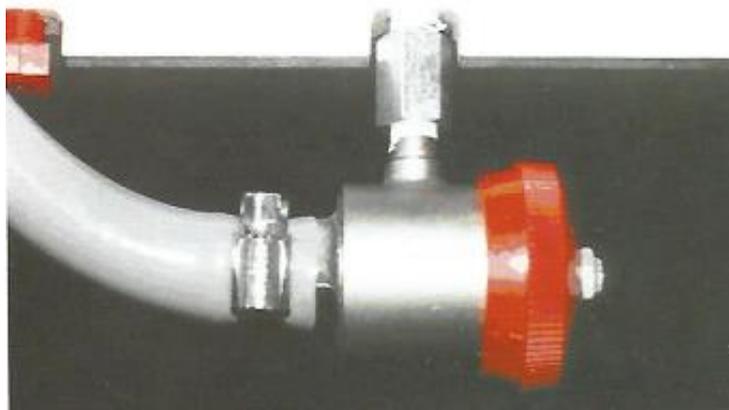


Figura 14 - Unidade de restrição variável (VRU). Foto: Agrotec. Extraído de ANTUNIASI & BOLLER, 2011.

As tabelas fornecidas com os equipamentos indicam a vazão proporcional em cada posição do VRU, que seguem combinadas com a pressão de trabalho, conforme Tabela Abaixo.

POSIÇÃO VRU	PRESSÃO (PSI)	Vazão (Litros/minuto)
1	20	0,29
	30	0,56
	40	0,68
3	20	0,77
	30	0,95
	40	1,18
5	20	1,88
	30	2,55
	40	3,10
7	20	2,56
	30	3,88
	40	4,77
9	20	3,90
	30	5,50
	40	6,86
11	20	6,46
	30	8,25
	40	10,45
13	20	8,70
	30	11,16
	40	14,80

Tabela 9 - Exemplo de vazões proporcionadas pelo VRU do modelo AU-5000.

A maioria dos atomizadores não possui freio. Este dispositivo é encontrado apenas nos sistemas Micronair AU-3000 e AU-4000. Quando o uso de modelos desprovidos de freio e desejando-se frear a rotação, é necessário colocar as pás em ângulo de tal forma que não façam girar o atomizador, também denominado de “**passo bandeira**”, que é na posição de 90° no modelo AU-5000.

Segue abaixo, a tabela de vazão dos Atomizadores Rotativos de Disco *Turboaero*, para consulta, a fins de cálculos de calibração.

DISCO N°	ORIFÍCIO	15 PSI	20 PSI	25 PSI	30 PSI	35 PSI	40 PSI
D2	0,041"	0,49	0,57	0,64	0,68	0,76	0,79
D3	0,047"	0,64	0,76	0,83	0,91	0,98	1,06
D4	0,063"	1,17	1,32	1,51	1,63	1,78	1,89
D5	0,078"	1,82	2,08	2,31	2,54	2,76	2,95
D6	0,094"	2,61	3,03	3,37	3,71	3,79	4,16
D7	0,109"	3,52	4,16	4,54	4,92	5,30	5,68
D8	0,125"	4,54	5,30	8,08	6,43	7,19	7,57
D10	0,156"	7,19	8,33	9,46	10,22	10,98	11,73
D12	0,188"	10,60	12,11	13,63	14,76	15,90	17,03

Tabela 10 - Vazão do Atomizador de Disco Turboaero.

Faixa de Deposição

Independentemente do tipo de equipamento aplicador, terrestre ou aéreo, quase sempre as aplicações são feitas com recobrimentos sucessivos do produto. Em aplicações terrestres, este recobrimento é obtido levando-se em conta o ângulo de abertura dos jatos gerados pelas pontas de pulverização, conforme o espaçamento entre bicos e a altura da barra em relação ao alvo. Para as aplicações aéreas, o recobrimento é o resultado de passagens contíguas da aeronave sobre a área tratada. Para a obtenção da distância a ser praticada entre as passadas sucessivas de uma aeronave no campo, deve-se realizar um teste de deposição utilizando-se coletores, através dos quais são coletadas as gotas ao longo da faixa de deposição total. Nos Estados Unidos, já existem sistemas eletrônicos que detectam quanto de gotas são depositados, e geram gráficos dando o CV% da faixa, conforme a altura de voo, permitindo-se ajustar, para o dimensionamento desejado de bicos na barra, qual a melhor faixa de deposição para aquela configuração e volume de calda.

Assim, determina-se a faixa de deposição efetiva e a faixa de deposição efetiva operacional, que deve ser a distância entre as faixas tratadas no campo. A faixa de deposição efetiva operacional deve ser aquela que permita a máxima distância entre as passadas, porém, sem comprometer a uniformidade da cobertura do alvo dentro dela, num processo similar ao da aplicação de produtos sólidos a partir de máquinas terrestres, como os distribuidores de calcário, por exemplo.

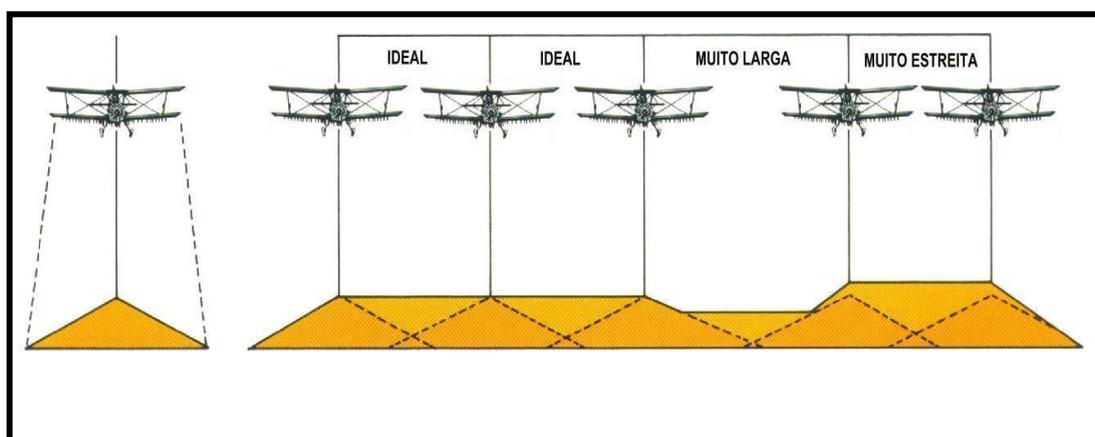


Figura 15 - Faixa de Deposição de aeronaves.

Na tabela abaixo, pode-se verificar as larguras das faixas de aplicação usadas por aeronaves modelo Ipanema, equipadas com atomizadores AU-5000.

Tipo de Aplicação	Diâmetro de gota (micra)	Altura de vôo (m)	Largura da Faixa (m)
Inseticida Base água	200 – 250	3 – 4	18
Fungicida Base água	200 – 250	3 – 4	16 – 17
Fungicida Base óleo	150 – 200	4 – 5	18
Herbicida	300 – 350	3 – 4	15 – 16
Inseticida UBV	100 - 150	4 - 6	22 - 25

Tabela 11 - Larguras de faixa de aplicação usadas por aeronaves Ipanema, equipadas com atomizador AU-5000. Fonte: AGROTEC.

29. Condições climáticas para aplicações aéreas

Vamos a seguir discutir os pontos relacionados às condições climáticas seguras para as aplicações aéreas.

Normalmente, segundo a literatura, os parâmetros climáticos a serem observados para as aplicações aéreas seguras são:

- As aplicações devem ocorrer com umidade relativa superior a 50%;
- A temperatura ambiente deve ser menor do que 30°C;
- As aplicações devem ser realizadas com velocidade do vento entre 3 a 10 km/h (em algumas literaturas, até 15 km/h).

No entanto, a ausência de ventos também pode ser prejudicial, e assim, torna-se importante observar as seguintes condições do ambiente:

- Correntes de convecção, que ocorrem em horários de maior calor;
- Inversão Térmica, que ocorrem normalmente nas primeiras horas do dia e nas últimas horas do dia. Geralmente ocorrem em manhãs mais frias e tardes mais frias.

Com relação à temperatura, que indica a intensidade do fenômeno de absorção pelo meio ambiente, da energia irradiada pelo sol, cabe aqui destacar, se o sistema de aplicação não utilizar a água como veículo, e sim óleo degomado, a temperatura limite pode chegar até 32°C. Este sistema é o tradicional BVO – Baixo Volume Oleoso – desenvolvido pelo Dr. Marcos Vilela, do CBB – Centro Brasileiro de Bioaeronáutica.

A umidade relativa é a quantidade de água na forma de vapor que uma massa de ar pode conter, comparada com a quantidade máxima que ela pode conter naquela temperatura. Como citado, quando se utiliza água como veículo, as condições de umidade relativa do ar ficam limitados até 50%. Já para os sistemas BVO e UBV (Ultra Baixo Volume), o limite mínimo pode ser de 40%. No entanto, não existe legislação para isto, apenas observações práticas.

Quanto ao vento, que é a movimentação das massas de ar provocada pela variação da temperatura entre diferentes regiões, apesar da literatura indicar que os ventos ideais para aplicação devem estar

entre 3 a 10 km/h, existe aplicações onde o vento pode chegar até 15 km/h, para poder ajudar na faixa de aplicação. O importante é que esta intensidade, entre 3 a 15 km/h seja em uma direção que forme um ângulo mínimo de 30° (Graus) em relação a direção do voo de proa ou de popa. As aplicações com ventos alinhados com os tiros, de proa ou de popa, aumentam as variações de depósitos nas faixas de deposição e aumentam os efeitos negativos dos vórtices provocando deficiências nas faixas de deposição, principalmente, em voos baixos.

Outro fator muito importante a ser considerado é o **Fator Amsdem (FA)**. O **FA** é o resultado do produto da velocidade do vento *versus* a altura de voo. Uma aplicação feita com velocidade de vento de 6 km/h a uma altura de 5 metros (FA = 30), é o mesmo que uma aplicação feita com velocidade do vento a 10 km/h a uma altura de 3 metros (FA = 30). Para fins práticos, os comportamentos dessas neblinas serão semelhantes e os resultados biológicos também. Veja o Fator Amsdem na figura abaixo:

Vento com velocidade de:	Deve-se voar a:	Para o Fator Amsdem de:
10 km/h	3 m	30
8 Km/h	4 m	32
5 Km/h	6 m	30

Tabela 12 - Fatos Amsdem para as velocidades de 5 a 10 km/h de vento.

O professor Amsdem verificou que o FA deve se situar entre 10 e 60.

Abaixo, segue uma tabela ilustrando este FA e relação de segurança de voo.

Velocidade do Vento (km/h)	Altura do vôo (m)	FA	Deriva	Distância (m)
5	3	15	Pequena	10 – 30
10	3	30	Pequena	10 – 30
15	3	45	Média	30 – 100
15	5	75	Grande	100 - 200

Tabela 13 - Relação FA e o efeito na deriva. Adaptado de CBB.

A estabilidade atmosférica é um dos fatores que mais impactam em condições seguras de aplicações. Em condições normais, a temperatura diminui com a altura da massa de ar. Quando o solo perde calor por irradiação durante a noite ou por resfriamento após uma chuva intensa, essa situação pode se inverter e, a temperatura nas proximidades do solo onde são realizadas as aplicações podem ficar mais baixas do que as camadas superiores. Esse fenômeno se chama Inversão Atmosférica. E essa camada de ar frio em baixo impede as neblinas de se depositarem nas culturas.

Com a evolução da ciência, surgiram equipamentos sofisticados como a torre de inversão térmica, que identifica se há ou não a presença de inversão térmica no local da aplicação. Além disto, surgiram anemômetros mais sofisticados que calculam o “DELTA T”. Esta ferramenta, como considera a temperatura do bulbo seco e do bulbo úmido, entende-se então, que mesmo a temperatura estando em elevação, se tiver umidade do ar, o risco de evaporação diminui. Assim, adota-se o limite de DELTA T até 7, como ideal para as aplicações aéreas. Lembrando-se que se trata de um fator, onde o vento não está sendo avaliado. Logo, o vento deve ser verificado, e mesmo em DELTA T abaixo de 7 (sete), se estiver ocorrendo ventos acima de 10 km/h, devemos atentar-se as aplicações.



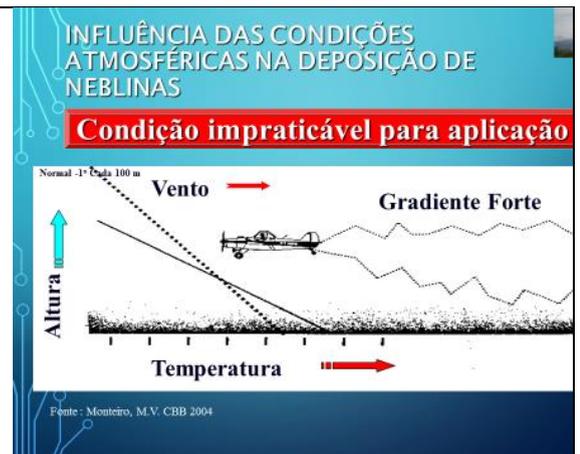
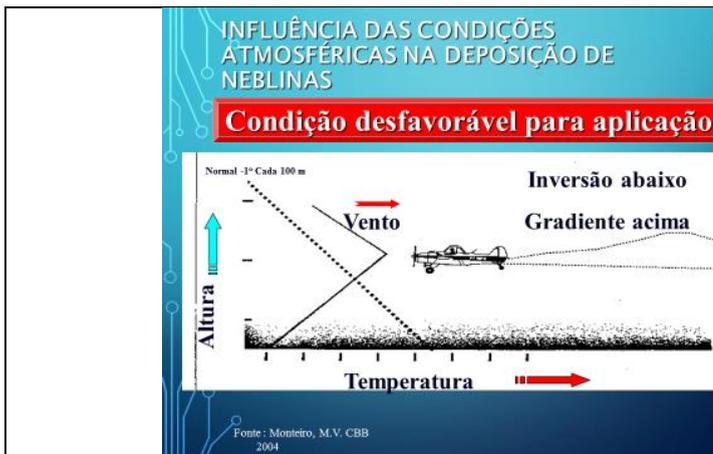
Anemômetro Kestrel 3500 com DELTA T



Torre de Inversão Térmica

Figura 16 - Anemômetro Kestrel 3500 e Torre de inversão térmica. Fonte: CBB. Foto (COSTA, GM, 2017).

Segue abaixo as ilustrações sobre dos efeitos da inversão térmica durante o voo:



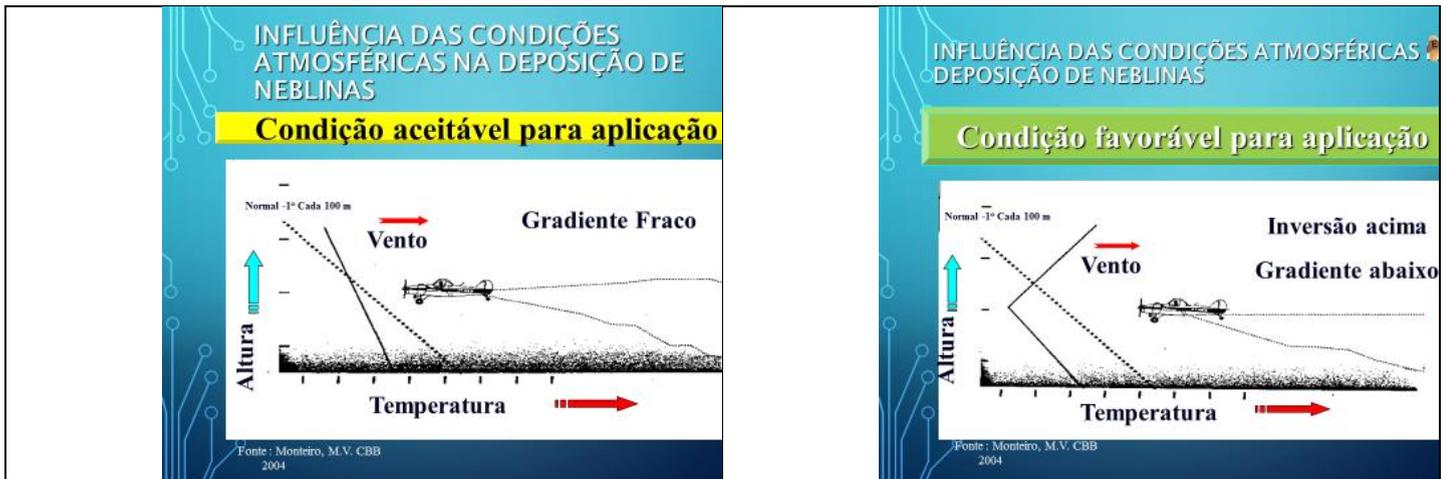


Figura 17 - Imagens de condições de voo em situações de inversão térmica. Fonte: CARVALHO, W. 2011.

O grau de estabilidade atmosférica (GEA) pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$GEA = ((T2 - T1)/V^2) \times 100.000$$

Onde:

GEA = Grau de estabilidade atmosférica

T1 = temperatura do ar a 2,5 metros do solo (°C);

T2 = temperatura do ar a 10 metros do solo (°C);

V = velocidade do vento a 5 metros do solo (cm/s).

Logo, segue a tabela do GEA.

ATMOSFERA	ESTABILIDADE
1 – INSTÁVEL	-1,7 a -0,1
2 – NEUTRA	-0,1 a 0,1
3 – ESTÁVEL	0,1 a 1,2
4 – MUITO ESTÁVEL	1,2 a 4,9

Figura 18 - GEA da atmosfera do ar

Ainda temos que citar mais um fator estudado na aviação. Trata-se da Escala de Beaufort. Esta escala classifica a intensidade dos ventos, tendo em conta a sua velocidade e os efeitos resultantes das ventanias no mar e na terra.

Abaixo, uma tabela mostrando os efeitos da Escala de Beaufort em relação à altura de voo.

ESCALA DE BEAUFORT	VELOCIDADE DO VENTO (KM/H)	ALTURA DE VÔO (M)
1	2	5 A 8
2	2 A 4	3 A 5
3	7 A 10	1,5 A 3
4	10 A 15	1 A 1,5

Tabela 14 - Escala de Beaufort em relação à altura de vôo.

Observem que quanto maior o valor da Escala, maior é a velocidade do vento, e conseqüentemente, menor deverá ser a altura de voo.

30. Calibração de aeronaves

Os princípios envolvidos na calibração de aeronaves agrícolas incluem a determinação da velocidade de vôo e a largura da faixa de aplicação efetiva operacional. De posse destas informações, calcula-se a capacidade operacional teórica da aeronave (Ha/min). Multiplicando-se a taxa de aplicação desejada (L/ha) pela capacidade operacional teórica (Ha/min), calcula-se a vazão necessária da barra em um minuto (L/min). Sabendo-se o número de bicos montados e abertos na barra, calcula-se a vazão de cada bico dividindo a vazão da barra (L/min) pelo número de bicos. Assim, determina-se a vazão de cada bico em L/min. De posse desta informação, consulta-se a tabela de vazão versus pressão do fabricante do bico, para saber qual a pressão a ser aplicada na barra. Caso a variação de pressão necessária não seja possível para o bico escolhido, deve-se consultar a tabela e trocar o bico anteriormente selecionado por outro, dentro da faixa de pressão que seja possível de operar.

Em geral, o erro admissível na calibração de uma aeronave é de no máximo 5% com relação ao volume de calda aplicado.

$$COT = (V \times LFEO) / 10.000$$

Onde:

COT = Capacidade Operacional Teórica (Há/min);

V = Velocidade de Vôo (m/min);

LFEO = Largura da Faixa Efetiva Operacional (m).

Assim, temos que:

$$Q = (COT \times T) / N$$

Onde:

Q = vazão de cada bico (L/min);

COT = Capacidade Operacional Teórica (Ha/min);

T = Taxa de aplicação (L/ha).

V = 200 milhas por hora (5.333 m/min);

LFEO = 22 metros

$COT = (V \times LFEO) / 10.000$

$COT = (5.333 \times 22) / 10.000$

COT = 11,73 Ha/min.

Se temos T = 15 L/ha e N = 50 Bicos, então temos que:

$Q = (11,73 \times 15) / 50$

Q = 3,52 L/min/Bico.

Exemplo: Consultando a Tabela de Pontas MagnoJet e TeeJet, podemos observar os modelos BD80° e TP80°, ambos de jato Plano. Para o exemplo acima, consultando a tabela, verificamos que é possível escolher as pontas BD8008 ou BD80010 e TP8008 ou TP8010. Basta ajustar a pressão de trabalho. Se consultarmos a Tabela da Série “D” – Disco-Difusor, encontraremos as opções de D10-45.

BICOS DE JATO CÔNICO					
COMBINAÇÃO PONTA -	PRESSÃO (PSI)	VAZÃO DO BICO <i>(Litros/minuto)</i>	COMBINAÇÃO PONTA - DISCO	PRESSÃO (PSI)	VAZÃO DO BICO <i>(Litros/minuto)</i>
D2 - 25	20	0,457	D8 - 45	20	2,239
	30	0,536		30	2,728
	40	0,599		40	3,185
D3 - 25	20	0,536	D10 - 45	20	2,917
	30	0,646		30	3,564
	40	0,725		40	4,163
D4 - 25	20	0,788	D7 - 46	20	3,722
	30	0,946		30	4,620
	40	1,104		40	5,627
D5 - 25	20	0,946	D8 - 46	20	4,920
	30	1,135		30	6,034
	40	1,325		40	6,995
D6 - 25	20	1,214	D10 - 46	20	6,639
	30	1,482		30	8,137
	40	1,672		40	9,343
D7 - 25	20	1,403	D12 - 46	20	8,516
	30	1,703		30	10,250
	40	1,971		40	11,878
D8 - 25	20	1,624	D6 - 46	20	2,949
	30	2,082		30	3,595
	40	2,302		40	4,163
D4 - 45	20	0,946	D12 - 45	20	3,595
	30	1,166		30	4,461
	40	1,356		40	5,157
D5 - 45	20	1,214	D8 - 56	20	5,141
	30	1,482		30	6,308
	40	1,703		40	7,317
D6 - 45	20	1,561	D10 - 56	20	7,223
	30	1,892		30	8,863
	40	2,192		40	10,219
D7 - 45	20	1,813	D12 - 56	20	8,516
	30	2,239		30	10,250
	40	2,570		40	11,878

Tabela 15 - Vazão das pontas de Jato cônico da série “D” – Disco Copo.

Código Código Código	PONTAS NOZZLES BOQUILLAS	bar	l/s gal/s	DMV VMD	l/min
80° M 000	BD 80005	1	15	F	0,14
		2	30	F	0,18
		3,1	45	F	0,22
		4,1	60	MF	0,26
80° M 003 110° M 011	BD 01	1	15	F	0,22
		2	30	F	0,32
		3,1	45	F	0,41
		4,1	60	F	0,46
80° M 003 110° M 016	BD 015	1	15	M	0,26
		2	30	F	0,30
		3,1	45	F	0,61
		4,1	60	F	0,70
80° M 004 110° M 017	BD 02	1	15	M	0,48
		2	30	F	0,66
		3,1	45	F	0,82
		4,1	60	F	0,93
80° M 004/1/A 110° M 017/1	BD 025	1	15	M	0,60
		2	30	M	0,83
		3,1	45	F	1,04
		4,1	60	F	1,19
80° M 005 110° M 018	BD 03	1	15	M	0,72
		2	30	M	1,00
		3,1	45	F	1,25
		4,1	60	F	1,43
80° M 006 110° M 019	BD 04	1	15	M	0,96
		2	30	M	1,32
		3,1	45	F	1,62
		4,1	60	F	1,89
80° M 007 110° M 020	BD 05	1	15	G	1,20
		2	30	M	1,67
		3,1	45	F	2,07
		4,1	60	F	2,39
80° M 008 110° M 021	BD 06	1	15	G	1,44
		2	30	M	2,02
		3,1	45	F	2,49
		4,1	60	F	2,86
80° M 009 110° M 022	BD 08	1	15	G	1,88
		2	30	M	2,77
		3,1	45	F	3,37
		4,1	60	F	3,86
110° M 022/1	BD 10	1	15	G	2,4
		2	30	M	3,38
		3,1	45	M	4,18
		4,1	60	F	4,75

Código Código Código	bar	TAMA- NHO DE GOTA		VAZÃO DE UM BICO EM l/min
		80°	110°	
P650050† P800050† P1100050† (100)	2,0			0,16
	2,5			0,18
	3,0			0,20
	3,5			0,22
P650067† P800067† P1100067† (100)	2,0			0,21
	2,5			0,24
	3,0			0,26
	3,5			0,28
TP6501† TP8001 TP11001 (100)	2,0	F	F	0,32
	2,5	F	F	0,36
	3,0	F	F	0,39
	3,5	F	F	0,42
TP65015† TP80015 TP110015 (100)	2,0	F	F	0,48
	2,5	F	F	0,54
	3,0	F	F	0,59
	3,5	F	F	0,64
TP6502† TP8002 TP11002 (50)	2,0	F	F	0,65
	2,5	F	F	0,72
	3,0	F	F	0,79
	3,5	F	F	0,85
TP6503† TP8003 TP11003 (50)	2,0	F	F	0,96
	2,5	F	F	1,08
	3,0	F	F	1,18
	3,5	F	F	1,27
TP6504† TP8004 TP11004 (50)	2,0	M	M	1,29
	2,5	M	M	1,44
	3,0	M	F	1,58
	3,5	F	F	1,71
TP6505† TP8005 TP11005 (50)	2,0	M	M	1,61
	2,5	M	M	1,80
	3,0	M	M	1,97
	3,5	M	F	2,13
TP6506† TP8006 TP11006 (50)	2,0	M	M	2,27
	2,5	M	M	2,16
	3,0	M	M	2,37
	3,5	M	M	2,56
TP6508† TP8008 TP11008 (50)	2,0	C	C	2,74
	2,5	C	C	2,58
	3,0	M	M	2,88
	3,5	M	M	3,16
TP6510† TP8010† TP11010†	2,0	C	C	3,41
	2,5	C	C	3,65
	3,0	C	M	3,23
	3,5	C	M	3,61
TP6515† TP8015† TP11015†	2,0	C	M	3,95
	2,5	VC	VC	4,27
	3,0	C	C	4,56
	3,5	C	C	4,83
TP6520† TP8020† TP11020†	2,0	C	C	5,40
	2,5	VC	VC	5,92
	3,0	C	C	6,39
	3,5	C	C	6,84
TP6520† TP8020† TP11020†	2,0			6,44
	2,5			7,20
	3,0			7,89
	3,5			8,52
TP6520† TP8020† TP11020†	2,0			9,11
	2,5			
	3,0			
	4,0			

Tabela 16 - Pontas BD de Jato Plano Comum e Pontas TP de Jato Plano Comum.

Se considerarmos que a aeronave está equipada com Bicos Rotativos, os procedimentos de calibração para obtenção dos cálculos são os mesmos. Logo, para exemplificar, vamos abaixo, selecionar qual a pressão do Atomizador AU-5000 e do Atomizador de Disco Turboaero, considerando

os dados que serão expostos a seguir. No entanto, mostrarei outra fórmula de obter o cálculo, muito semelhante ao citado anterior.

Primeiramente, iremos calcular o Rendimento do Tiro, chamado de **RT**. O **RT** (Hectares/minuto) é calculado através do multiplicação da velocidade (**V** - milhas por hora – **mph**) pela Faixa de Deposição (**FD** – **metros**) pelo fator de conversão **0,00268**.

Assim temos a seguinte equação: **$RT = V \times FD \times 0,00268$**

Daí, calculamos a Vazão da Barra – **QT (Litros/minuto)**, através da seguinte equação:

$$QT = T \times RT$$

Onde, **T = Taxa de Aplicação (L/ha)**.

Assim que calculado o valor de **QT**, dividimos este valor pelo número de bicos rotativos instalados na barra, através da equação:

$$Qb = QT / NB$$

Onde, **Qb = Vazão de um Bico (L/min)**;

NB = número de bicos abertos na barra

Exemplo:

Calcular qual a pressão do Bico Rotativo AU-5000 ou do Turboaero, sabendo que o Volume de Calda é de 10 L/ha, a velocidade de vôo é de 100 milhas por hora, a faixa de trabalho é de 25 metros e tem-se 06 bicos rotativos abertos na barra.

1º) Determinando o RT (rendimento do Tiro)

$$RT = V \times FD \times 0,00268$$

$$RT = 100 \times 25 \times 0,00268$$

$$RT = 6,7 \text{ ha/min}$$

2º) Determinando o QT (Vazão da Barra)

$$QT = T \times RT$$

$$QT = 10 \times 6,7$$

$$QT = 67,0 \text{ l/min}$$

3º) Determinando o Qb (Vazão por Bico – L/min)

$$Qb = QT / NB$$

$$Qb = 67,0 / 6$$

$$Qb = 11,17 \text{ L/min}$$

Assim, teremos as seguintes opções de calibração:

POSIÇÃO VRU	PRESSÃO (PSI)	Vazão (Litros/minuto)
13	20	8,70
	30	11,16
	40	14,80

Tabela 17 - Micronair AU-5000 – Será calibrado na posição VRU 13, operando a 30 PSI.

Nº	DISCO	ORIFÍCIO	15 PSI	20 PSI	25 PSI	30 PSI	35 PSI	40 PSI
D10		0,156”	7,19	8,33	9,46	10,22	10,98	11,73
D12		0,188”	10,60	12,11	13,63	14,76	15,90	17,03

Tabela 18 - No Turboaero, teremos duas opções: Disco 10 operando entre 35 a 40 PSI ou o D12 operando entre 15 a 20 PSI.

31. Aplicação Aérea Eletrostática

Além dos atomizadores e das pontas hidráulicas, é possível instalar nas aeronaves, um sistema de aplicação eletrostática. Este sistema trabalha com pontas de jato cônico vazio e gotas muito finas, as quais são carregadas eletricamente logo após a geração do jato de pulverização. O princípio de funcionamento é o mesmo dos sistemas eletrostáticos terrestres, nos quais as gotas carregadas são atraídas para as plantas, reduzindo o risco de deriva.

Não é objetivo aqui, explicar o funcionamento do princípio eletrostático. Salienta-se que no Brasil, existe o sistema americano, Spectrum, no qual carrega as gotas com 0,8 micro Coulomb de amperagem, enquanto o sistema fabricado no Brasil, pela SPE, carrega as gotas com uma amperagem de 1,2 micro Coulomb.

Em ambos os sistemas, a adição ou retirada de elétrons na nuvem de gotas (neblina, já que as gotas são muito finas), é feita com o auxílio de eletrodos ou de anéis de indução que são posicionados na saída dos bicos de pulverização e ligados a um Gerador de Alta Voltagem, através de uma caixa de controle e monitoramento. Assim, as gotas são carregadas eletricamente, e são atraídas pela força de atração elétrica das mesmas pelo alvo, o que proporciona redução do volume de calda. Normalmente, considerando a teoria da gota (MÓDULO I), lembrando que uma gota de 300 micra usada atualmente nas pulverizações de 30 a 50 L/ha, contém o volume de 08 (oito) gotas de 150 micra usadas na Pulverização Eletrostática. Ou seja, a pulverização eletrostática, com o mesmo volume de calda, consegue produzir 08 vezes mais gotas no ambiente. E devido à atração elétrica das gotas de 150 micra para o alvo, que é 40 (quarenta) vezes mais forte que a força da gravidade e de 75 (setenta e cinco) vezes para as gotas de 75 micra, as mesmas sofrem menor taxa de evaporação. Consequentemente, consegue-se reduzir os volumes de caldas de forma significativa, para taxas entre 3 a 10 L/ha.

O sucesso desse sistema é, portanto, devido principalmente a esses três fatores principais listados abaixo:

- Maior velocidade de queda, diminuindo a taxa de gotas que sofrem evaporação;
- Gotas de diâmetro menor, que permite aplicações com volumes 4 a 5 vezes menor que os atualmente usados;
- Melhor deposição, devido às forças de atração, que acabam recobrando as partes inferiores e superiores das superfícies vegetais.

Vide abaixo, a imagem de uma aplicação eletrostática com o sistema SPE.

TRAVICAR ELETROSTÁTICO SPE AVIÃO - APLICAÇÃO 10 LITROS POR HECTARE.



Figura 19 - Visão do sistema SPE, com destaque para os eletrodos e a neblina com pigmento fluorescente. Fonte: www.travicar.com.br



Figura 20 - Sistema da Spectrum instalado em avião Ipanema. Fonte: Professor Dr. Wellington.

32. Aeronaves de asas rotativas

Helicópteros

A habilidade incomparável do helicóptero para aplicar substâncias químicas a velocidades reduzidas e sua manobrabilidade nos campos em topografias adversas (qualquer terreno), faz dele a máquina mais aceitável para o trabalho de pulverização nesta nova era de consciência ambiental. O helicóptero é a escolha mais lógica devido a estas razões:

- Deriva reduzida devido à pressão aerodinâmica favorável - As gotas, quando saem das pontas de pulverização instaladas na barra de pulverização do helicóptero, são empurradas para baixo devido o efeito aerodinâmico “Down Wash” produzido pelas hélices do rotor do helicóptero, e o efeito de vórtice, responsável pela perda de gotas pequenas muito observado nas pontas das asas dos aviões agrícolas é quase imperceptível devido as baixas velocidades nas aplicações;

- Controle preciso da largura da faixa de aplicação - Manobrabilidade, baixas velocidades de vôo, excelente controle do tamanho das gotas, controle do volume aplicado por fluxômetro e sistema de navegação satelital – GPS, conferem ao helicóptero uma vantagem opressiva em cima de todos os

Rua Pedro Saturtino SN, Brotas - SP, Brazil CEP: 17380-000 | Telefone: (014) 2109-3967

atendimento@agtech.academy | www.agtech.academy

equipamentos de aplicação competidores. O Sistema de navegação satelital GPS é uma avançada ferramenta para balizamento aéreo que fornece ao piloto do helicóptero aplicador, informações exatas de direção altamente satisfatórias. Uma vez estabelecida a faixa de aplicação o sistema GPS orienta o piloto a seguir uma linha de vôo pelo monitor de movimentos, registrando no mapa digital, todo o percurso realizado durante a aplicação dos defensivos agrícolas e fertilizantes;

- Pousa e carrega dentro dos limites de campo - A equipe de apoio utilizando reservatórios de água e tanques de pré-mistura de agroquímicos para a recarga próximo às áreas de aplicação possibilita ao helicóptero pousar dentro da área de aplicação e evitar vôos em ambientes naturais sensíveis;

- Habilidade para virar dentro dos limites do campo - As curvas de reversão com o helicóptero tem, em média, o ganho de 22 segundos comparado ao avião agrícola. Com a manobrabilidade vem a habilidade para evitar voar em cima de estradas, residências, lagos e outros ambientes naturais sensíveis.

Podemos destacar as seguintes vantagens do Helicóptero nas aplicações aéreas:

- Menor tempo para realizar as curvas de reversão;
- Menor tempo para reabastecimento;
- Utiliza pequeno espaço para pouso e decolagem;
- Aplica a baixas velocidades aproveitando melhor a pressão aerodinâmica;
- Efeito aerodinâmico Downwash;
- Reduz o tempo de aplicação;
- Reduz a quantidade de veiculantes e não amassa a cultura;
- Aplica o defensivo no momento correto e oportuno (Timing);
- É mais segura, pois exige uma equipe técnica presente à aplicação;
- Aproveita melhor as condições climáticas.

A Versatilidade é um atributo do helicóptero muito importante para o sucesso dos trabalhos de aplicação aérea. Essa característica gera uma gama extensiva de oportunidades, tais como a possibilidade de aplicação em Hortaliças, Vinhedos, Pomares, Florestas, permitindo ainda a aplicação de líquidos, sólidos ou ainda no combate a incêndios. Porém, a o seu uso em áreas acidentadas ou de difícil acesso é o seu grande diferencial. É um equipamento multiuso. Quando afastado, a máquina se torna uma aeronave de categoria normal e está disponível para outros propósitos. Esta capacidade de multiuso permite a geração de renda adicional. A retirada do Kit de pulverização leva apenas 15 minutos.

Quanto ao Voo de Contorno, ou manobras, até mesmo em terreno montanhoso o helicóptero, com seu controle de altura vertical altamente responsivo, pode manter uma velocidade de operação constante e ainda obter uma igualdade de cobertura química. O Helicóptero pulverizando culturas em áreas montanhosas consegue desenvolver um rendimento operacional de 50 ha/h. Essa mesma área precisaria de, no mínimo, 5 operadores com bombas costais manuais para ser aplicada num período de 15 a 20 dias.

O interessante ainda, é o fator ligado às relações públicas, onde os produtores contratantes poderão ir, como passageiros, na cabine do helicóptero e mostrar os limites de campo, mostrar manchas de alta infestação na cultura e durante esses momentos, opinar e participar do planejamento da aplicação. Muitos contratos de aplicação são estendidos ou renovados em função desse bom relacionamento que se desenvolve entre o produtor e a equipe de aplicação do helicóptero.

A aeronave é incrivelmente responsiva em todo o seu eixo de movimento. Helicópteros podem cobrir os campos irregularmente amoldados e inacessíveis para outras formas de plataformas aéreas. O efeito Downwash profere ao helicóptero um maior controle sobre o material a ser aplicado. O aproveitamento do efeito Downwash para melhorar a cobertura e distribuição das gotas em um campo específico, torna muito pequenas as chances de a pulverização alcançar campos vizinhos e provocar danos em culturas não-alvo. Companhias de agroquímicos nos EUA estão considerando reduzir as doses recomendadas de determinados defensivos agrícolas no controle fitossanitário ao usar o helicóptero e algumas substâncias químicas terão uma formulação específica para o uso do helicóptero.

Saliento abaixo, algumas especialidades do uso na aplicação aérea de Helicóptero, onde, principalmente, nos EUA, seu uso é significativo:

- Secagem de frutos: prevenir o apodrecimento ou manchas, como por exemplo na cultura da cereja;
- Utilizar o “Efeito DownWash” no combate à geadas, como por exemplo no cinturão da laranja nos EUA;
- Polinização na cultura do milho e na videira;
- Videografia aérea para a detecção de deficiências nutricionais nas plantas através de fotos aéreas infravermelho.
- Baixas velocidades e a capacidade de pairar sobre o alvo possibilita marcar árvores com problemas e acompanhar a movimentação de pragas nas culturas;
- Hidrosseding para a recuperação de áreas agrícolas degradadas pela erosão.

No Brasil existe de imediato um mercado potencial para aproxima o uso dos helicópteros destinados a aplicações de insumos em diversas culturas e em áreas de reflorestamento para indústria, se levarmos em conta o interesse já manifestado por grandes produtores, pilotos de helicópteros (PCH) e grandes empresas agrícolas. Contudo, esse mercado no Brasil poderá ser ampliado em mais 500 aparelhos nos próximos dez anos, levando-se em conta a necessidade imediata de expansão da cultura da cana-de-açúcar, das áreas de reflorestamento para indústria e o grande mercado potencial nas extensivas áreas de frutíferas nos Estados de Santa Catarina e no Rio Grande do Sul.



Figura 21 - Imagens de Helicópteros em atividades de aplicação.

Aeronaves Não Tripuláveis

As Aeronaves Não Tripuláveis, também chamados de Drones ou Vants são bem conhecidas como ferramentas de guerra e de imagens na agricultura. No entanto, seu uso como ferramenta de aplicação ainda necessita de pesquisas e de validação. Pois não sabemos o comportamento das gotas em relação ao alvo, bem como o Coeficiente de Variação da faixa de aplicação, e se, principalmente, o efeito “Down Wash” se comporta como nos helicópteros.

Mas é inegável como ferramenta futura para a tecnologia de aplicação, principalmente, como ferramenta de aplicação em pequenas propriedades, terras acidentadas e aplicações em reboleiras.

Os fabricantes de Drones, são na sua maioria, Chineses, e o tamanho do tanque e modelos variam muito. Atualmente, encontram-se Drones com valores de US\$3.000,00 até US\$50.000,00.



Figura 22 - Drone em utilização para coleta de imagens.



Figura 23 - Drones pulverizando.

Observem nas figuras acima, o quesito faixa de aplicação. Na imagem da esquerda observa-se o desvio da trajetória da gota causado, provavelmente pelo vórtice das asas rotativas ou do vento ambiente. Já na imagem da direita, observamos que não há uniformidade na aplicação.

Temos sim que considerar o uso de Drones como uma ferramenta futura. No entanto, desconsiderar toda a evolução da ciência da tecnologia de aplicação para o uso correto com os aviões e helicópteros, somente com o intuito de afirmarmos o uso das Aeronaves não Tripuláveis como ferramenta, é um retrocesso tecnológico.

33. Bibliografia

ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de Aplicação para culturas anuais. Fepaf. Passo Fundo, 2011. 279p.

CARVALHO, W.P.A. Desempenho de um controlador de fluxo com DGPS para máquinas de pulverização. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003. 100 f.

CHRISTOFOLLETI, J.C. Bicos e acessórios de Barra. Manual BR-CA1. Spraying Systems Co. 1996. 26p.

CHRISTOFOLLETI, J.C. Desempenho dos bicos de pulverização em aeronaves agrícolas (incluindo bicos rotativos). Sorocaba: Editora do Autor, 2004. 48p.

COSTA, G.M.; PIO, L.C.; RAMOS, H.H. Citricultor. IAC – 120 anos. Parte 6 – Fitossanidade. 23 – *Aplicação de Produtos Fitossanitários*. 491-532p. 1ªed. Campinas, 2008.

<http://www2.anac.gov.br/segVoo/pdf/Relatrio%20PT-UNQ.pdf>.

https://www.google.com.br/search?q=drones+para+pulveriza%C3%A7%C3%A3o&dc=0&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjEx5O3xJHaAhXJkpAKHcqnDAwQ_AUIDCgD&biw=1366&bih=650.

MATTHEWS, G.A. Pesticide applications methods. 1ª ed. Malden: Blackwell Science, 1979. 432 p.

MATUO, T. Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 140p.

MONTEIRO, M.V. de M. BVO, Baixo Volume Oeloso – Manual de Operações para Aplicações Aéreas. Sorocaba, s.d., 29p.

MONTEIRO, M.V. de M. Compêndio de Aviação Agrícola. 3ª ed. CBB – Centro Brasileiro de Bioaeronáutica, 2015. 257p.

OSEKI, Y. KUNZ, R.P. Manual de aplicação aérea. Indústria Aeronáutica Neiva, São Paulo, 47p, s.d.

OSEKI, Y. Manual de aplicação aérea. Indústria aérea Neiva, São Paulo: Ed. do autor, 2006, 101p.