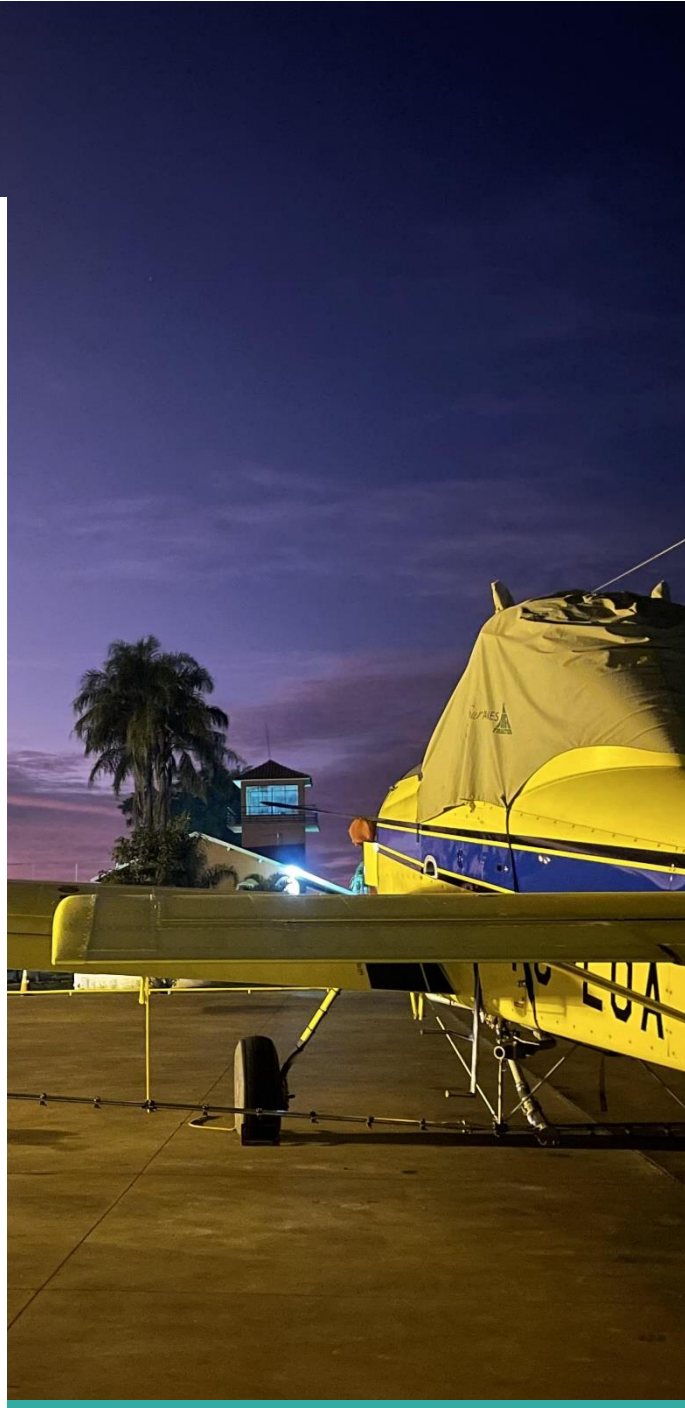
Tecnologia de Aplicação: Aplicação Aérea



23 DE JUNHO

Autores: Glauberto Moderno Costa

Cicero A. M. Dos Santos

ALVO
CONSULTORIA EM
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

Apresentação

Este modulo tem o objetivo de estabelecer conhecimentos gerais sobre o tema da tecnologia de aplicação aérea, com enfoque abrangente em legislação, parametrização, aeronaves, condições meteorológicas e qualidade de aplicação, voltado às modalidades de aplicação aérea nas culturas agrícolas.

Sumário

Apresentação.....2

1. Introdução.....6

1.1. Histórico da aviação agrícola no brasil.....6

1.2. Legislação.....12

1.3. Vantagens da Aplicação Aérea.....15

1.4. Usos especiais da Aviação Agrícola.....16

2. **Aeronaves Agrícolas.....19**

2.1. Caracteristicas Básicas do Desempenho das Aeronaves Agrícolas.....22

2.1.1. Desempenho Operacional.....23

2.1.2. Colisões.....23

2.1.3. Caracteristicas da pilotagem e de Voo.....24

2.1.4. Peformance das Aeroves Agrícolas.....25

2.1.5. Manutenção e Reparo das Aeronaves.....30

2.2. Tipos de aeronaves: Aspectos econoômicos e estatisticos.....31

2.2.1. Aeronaves adaptadas.....31

2.2.2. Aeronaves Leves.....32

2.2.3. Aeronaves Pesadas.....33

2.3. Frota Nacional.....34

2.4. Divisão Por Categorias.....36

2.5. Estados.....37

2.6. Fabricantes.....38

2.7. Evolução da frota.....39

2.8. Distribuição por Combustível.....40

2.9. Mundo.....41

3. Circuito Hidráulico de uma Aeronave.....41

4. Sistemas Eletrônicos Incorporados Às Aeronaves Agrícolas.....46

5. **Barras e Modelos De Pontas e Bicos Para Geração De Gotas.....51**

5.1. Bicos Hidráulicos.....51

5.1.1. Bicos CP.....54

5.2. Bicos Rotativos.....57

5.2.1. Instalação dos Atomizadores.....59

5.2.2. Componentes dos atomizadores.....60

6. **Aplicação de sólidos.....66**

6.1. Aplicadores de materiais sólidos 66

6.1.1. Tipos de Distribuidores.....67

6.1.1.1. Distribuidor tipo venturi ou “pé de pato”.....67

6.1.1.2. Distrribuidor tipo aerofólico.....68

6.1.1.3. Distribuidor Tetraédrico.....68

6.1.1.4. Distribuidor de ar comprimido.....68

6.1.1.5. Distribuidor centrifugos.....69

6.2. Montagem do distribuidor.....70

6.3. Parametros operacionais.....70

6.4. Calibração.....71

6.4.1. Cálculos de calibração para sólidos.....72

7. **Faixa de Deposição.....73**

7.1. Availação da qualidade da faixa de deposição.....75

7.2. Faixa de deposição na aplicação de produtos sólidos.....77

7.2.1. Determinando a largura efetiva da faixa de deposição de produtos sólidos77

8. Estudo dos Alvos (pragas, doenças e plantas daninhas).....81

8.1. Caracteristicas das Pragas Agrícolas.....82

8.1.1. Seletividade.....84

8.1.2. MIP.....84

8.1.2.1. Papel da amostragem no MIP.....85

8.2. Caracteristica das Doenças de plantas.....85

8.3. Caracteristica das plantas daninhas.....87

9. **Produtos Fitossanitários.....89**

9.1. Classificação toxicologica.....89

9.2. Definições e Conceitos.....91

9.3. Produtos utilizados nas aplicações aéreas.....96

9.3.1. Ordem de adição de produtos no tanque.....96

9.4. pH das caldas e formulações e sua importância.....97

10. Condições climáticas para aplicações aéreas.....99

11. Calibração de Aeronaves.....104

12. Aplicação Aérea Eletrostática.....109

13. **Aeronaves De Asas Rotativas.....111**

13.1. Helicópteros.....111

13.2. Aeronaves Não Tripuláveis.....115

14. Bibliografia.....117

1. Introdução

1.1 Histórico da aviação agrícola no brasil

A aviação agrícola começou sua história em 1911, onde o inventor alemão Alfred Zirnmermann, um agente florestal alemão, que viu na utilização do avião, a possibilidade da aspersão de solução de cal sobre florestas tornando passivo o controle do ataque de lagartas (Monteiro, 2015). Já em 1921, Neillie & Houser, no estado de Ohio nos Estados Unidos, polvilharam com arseniato de chumbo em uma floresta contra Catalpa (*Catalpa sphinx*) obtendo 99% de controle sobre a infestação de lagartas (Filho 2004) e em 1922 foi registrado o primeiro vôo Agrícola na Cultura do algodão em Luisiana (Figura 1).

Figura 1: Aeronave agrícola Curtiss JN4 Jenny – 1922.
Fonte: Portal São Francisco

No mesmo ano na União Soviética, Boldyrev iniciou seus testes com ênfase no controle de pragas via aérea. Com resultados promissores no controle de pragas via aplicação aérea, em 1923 foi criada a primeira empresa aérea aplicadora de defensivos agrícolas: Huff – Daland Dusters Incorporate, EUA (Figura 2). Já em 1926 anos após a expansão na antiga União Soviética, Laimbert iniciou a fertilização via aérea na Nova Zelândia (Monteiro, 2015). Esses passos foram decisivos para que a aviação agrícola se tornasse uma nova e importante ferramenta de apoio à agricultura.

Figura 2: Aeronave da Primeira Empresa Aérea Aplicadora
Fonte: Portal São Francisco

Após a segunda guerra mundial aconteceu a explosão da aviação agrícola nos EUA, quando começou acontecer o aperfeiçoamento dos equipamentos de aplicação, primeiramente devido ao grande desenvolvimento da agricultura e as necessidades do controle fitossanitário e também pelos problemas de infestação de gafanhotos, malária e incêndio florestais. Nessa época eram utilizados os aviões Stearman e Piper J3 (Figura 3 e 4).

Figura 3: Aeronave Stearman 75 Kaydet

Figura 4: Aeronave Piper J3 C65 – 1946
Fonte: Portal São Francisco

No início dos anos 50 foi projetado o primeiro protótipo de aeronave destinada a pulverização agrícola onde Fred Weick e a sua equipe de pesquisa na Texas A&M, desenvolvei o AG1 (Figura 5). Após a criação do primeiro protótipo com finalidade agrícola, uma nova gama de aviões para aplicações aéreas foi disponibilizada no final dos anos 50 pela Piper, Grumman e Snow.

Figura 5: Protótipo da aeronave AG1
Fonte: Portal São Francisco

No Brasil a aviação agrícola completa 75 anos neste ano de 2022. Tudo começou no ano de 1946 em um ataque maciço de gafanhotos (*Schistocerca cancelata*) à 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) (Figura 6) 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.

Figura 6: Aeronave Muniz M-7

Em 1950 o Ministério da Agricultura criou as Patrulhas de Tratamento Aéreo (PATAE) do Serviço de Defesa Sanítária Vegetal. Aviões adaptados, a maioria Piper PA-18 Super Cub foram importados pelo Instituto Brasileiro do Café e vendidos a cafeicultores para o combate à broca do café. Esse marco, constitui o inicio da frota da aviação agrícola brasileira. Já na da década de 60 foram desenvolvidos trabalhos no litoral paulista, para o controle do Mal da Sigatoka dos bananais com óleo mineral na vazão de 10 litros/hectare, obtento altos indices de controle (Monteiro, 2015).

Em 12 de Janeiro de 1965 acontece um marco histórico onde o Eng. Agrônomo Marcos Vilela de Magalhães Monteiro juntamente aos Agronomos Jose Carlos Christofoletti e Yasuso Oseki, na fazenda Água limpa em Guará-SP, testaram o metodo de ultra baixo volume (UBV) via aereo na taxa de 1 L/ha, utilizando métodos tecnologicos

e seguros na aplicação (Monteiro, 2015). Enquando que no Rio Hgrande do Sul, avançavam as aplicações de herbicidas via aérea na cultura do trigo, indicado a necessidade 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 1968 ocorre a implantação do “Plano de expansão da aviação agrícola por incentivo privado” incentivando assim a criação de empresas de aviação agrícola. No mesmo ano, o Ministério da Agricultura criou a Divisão de Aviação Agrícola (DIAV). No ano seguinte, a aviação agrícola é normalizada pelo Decreto-Lei no 917, de outubro de 1969, esse de dereto lei foi regulamentado pelo Decreto 86.765 de 22 de dezembro de 1981 e em 19 de Agosto de 1969 foi criada a Empresa Brasileira de Aeronáutica EMBRAER (Monteiro, 2015). Em 1970 o avião agrícola EMB 200 Ipanema, batizado PP-ZIP, fez seu vôo inaugural no dia 30 de julho (Figura 7).

Figura 7: PP-ZIP, protótipo do Ipanema EMB – 200

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 Mauli 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.

1.2 Legislação

A atividade aero agrícola no Brasil está perfeitamente regulamentada por um conjunto de Leis e Regulamentos específicos no plano federal. O marco inicial da regulamentação do setor encontra-se na promulgação do Decreto-Lei 917, de 1969, de seu Decreto Regulamentador 86.765, de 1981 e de Portarias complementares, oriundas principalmente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sendo a mais importante a Instrução Normativa 2, de 2008, a qual contém as “Normas Técnicas e de Trabalho da Aviação Agrícola”. Em outra vertente, há também uma forte regulamentação por parte da Secretaria de Aviação Civil/Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e do Ministério da Defesa/Comando da Aeronáutica.

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 atualizada em 2020 foi de 2.280 aeronaves (2.265 aviões e 15 helicópteros), segundo números divulgados pelo Sindag. O resultado significa o incremento de

86 aparelhos em 2019, uma alta de 3,99 % durante o ano. O que indica também a manutenção do ritmo de crescimento 2018, quando a frota (com 2.194 aeronaves) havia tido um incremento de 3,74% em relação ao ano anterior (mais do que o dobro dos 1,54% de 2017).

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. Em detalhe, a legislação da atividade agrícola no Brasil segue as seguintes normativas e decretos (Fonte: www.gov.br):

- Decreto-Lei nº 917 de 07 de outubro de 1969: Dispõe sobre a Aviação Agrícola no País e dá outras providências

-Decreto nº 86.765 de 22 de dezembro de 1981: Regulamenta o Decreto-Lei 917 de 07 de outubro de 1969, que dispõe sobre a Aviação Agrícola no País e dá outras providências

-Decreto nº 99.427 de 31 de julho de 1990: Desregulamenta o processo de renovação de registro ou licença para produção e comercialização de produtos e insumos agropecuários

Instrução Normativa nº 2 de 3 de janeiro de 2008

Aprova as normas de trabalho da aviação agrícola, em conformidade com os padrões técnicos operacionais e de segurança para aeronaves agrícolas, pistas de pouso, equipamentos, produtos químicos, operadores aeroagrícolas e entidades de ensino, objetivando a proteção às pessoas, bens e ao meio ambiente, por meio da

redução de riscos oriundos do emprego de produtos de defesa agropecuária, e ainda os modelos constantes dos Anexos I, II, III, IV, V e VI

Instrução Normativa nº 37, de 8 de maio de 2020

Altera a alínea “f” do inciso II do art. 12, a alínea “c” do inciso V do art. 13 e os anexos I e II da instrução Normativa MAPA nº 2, de 3 de janeiro de 2008

Instrução Normativa MAPA nº 15, de 10 de maio de 2016

Publica a relação de modelos de equipamentos agrícolas aprovados pelo Ministério da Agricultura, para utilização em aeronaves no território nacional, visando a execução das atividades descritas no artigo 30 do Decreto nº 86.765/1981, e em conformidade com o estabelecido por este através da IN MAPA nº 02/2008

Instrução Normativa nº 13, de 8 de abril de 2020

Dispõe sobre a aplicação de fungicidas e óleo mineral com uso de aeronaves agrícolas na cultura da banana

Instrução Normativa Conjunta nº 01 de 28 de dezembro de 2012

Dispõe sobre a aplicação dos ingredientes ativos Imidacloprido, Clotianidina, Tiametoxam e Fipronil

Instrução Normativa Conjunta nº 01 de 31 de dezembro de 2014

Dispõe sobre a aplicação dos ingredientes ativos Imidacloprido, Clotianidina, Tiametoxam e Fipronil (prorroga prazos da INC 01/2012)

Portaria nº 16 de 21 de janeiro de 1983

Dispõe sobre as categorias das pessoas jurídicas e físicas que, sob qualquer forma, incluam a exploração de Aviação Agrícola em seus objetos, ou realize em consonância com os interesses de sua exploração agropecuária

Portaria nº 298 de 22 de setembro de 2021

Estabelece regras para operação de aeronaves remotamente pilotadas destinadas à aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes

Observações Gerais

As normas estão sujeitas a alterações, por isso é importante verificar a vigência destas quando de sua aplicação. Para leis e decretos, recomendamos a consulta à base de dados do Planalto. No caso de instruções normativas e portarias, recomendamos a consulta ao SISLEGIS do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Em todos os casos alertamos que o formato apresentado nessa listagem é para facilitar a leitura e que nenhum dos textos apresentados substitui o disposto no Diário Oficial da União.

1.3 Vantagens da Aplicação aérea

O uso de aeronaves agricolas para o controe de pragas, doenças e plantas daninhas, quando realizadas dentro dentro dos padrões técnicos recomendados, apresentam algumas vantagens quanod comparada com a terrestre, de acordo com a RAMBO Aviação Agrícola, as vantagens são:

-Rapidez: É a característica mais evidente da aplicação aérea, onde a velocidade de aplicação pode variar em torno dos 200 km/h, permitindo assim, tratar grandes áreas no momento adequado.

-Uniformidade: Como o avião aplica em velocidade praticamente constante, e não sofre influência das condições do terreno (patinação e irregularidades do relevo) a uniformidade de distribuição é superior quando comparado ao terrestre. Resultados promissores são ainda obtidos se o avião estiver equipado com sistema DGPS para

orientação e um sistema de controle de vazão (fluxômetro) a ele acoplado, bem como sensor de altura.

-Operação em qualquer condição de solo: o avião não sofre com a influência de condições adversas, principalmente o encharcamento do solo devido às chuvas ou irrigação, ou seja, após o cessamento da chuva, os aviões já podem iniciar a operação de tratamento, não necessitando aguardar que o solo seque.

-Ausência de danos diretos e indiretos à cultura: o tratamento aéreo não causa perdas por danos diretos à cultura, como amassamento ou danos indiretos como a compactação do solo.

-Não disseminação de doença: pelo fato de não entrar em contato com a cultura e solo, o avião não contribui para a disseminação de doenças, já que não entra em contato direto com os esporos de fungos de uma parte afetada para outra não infectada.

-Aplicação de calda concentrada: por utilizar volumes de aplicação mais baixos que as aplicações convencionais, as gotas, na aplicação aérea, contém uma grande concentração de princípio ativo, o que as tornam mais eficazes, e reduzem a possibilidade de degradação do produto em função de impurezas contidas na água, em especial sais, argila e matéria orgânica.

-Outras caraterísticas vantajosas: Utilização de pessoal especializado, como pilotos agrícolas, técnicos executores em aviação agrícola, engenheiros agrônomos como responsáveis técnicos e uma completa regulamentação e fiscalização da atividade fazem da atividade agrícola aérea uma ferramenta segura e eficaz para a aplicação de produtos fitossanitários nas culturas.

Outras vantagens promissoras já em uso no Brasil são a técnica de aplicação em BVO (Baixo volume oleoso) que dobra o rendimento operacional das aeronaves. Uma outra tática utilizada é a aplicação eletrostáica, onde cargas elétricas são transferidas nas gotas pulverizadas, o que permite maior cobertura de gotas no alvo, aumentando assim o efeito de controle dos produtos fitossanitários aplicados, além de reduzir significativamente os efeitos de deriva nas aplicações (Monteiro, 2015).

1.4 Usos especiais da Aviação Agrícola

Bioaeronautica, conceito desenvolvido pelo Professor Peter Southwell da Universidade de Guelph, em Ontário, Canadá, abrange diferentes areas de conhecimento, relacionados com o impacto biológico, controle, entres outras, que estão relacionadas com as implicações do uso da aplicação aérea, no meio ambinete e balanço energético (SOUTHWELL, 1975). A bioaeronautica apresenta objetivos que estão relacionados a biologia do meio e conta com auxilio de diferentes ciencias como, Entomologia, Fitopatologia, Cultivos químicos, Química, Biologia, Ecologia, Fisica, Engenharia, Aerodinâmica, Metereologia, Administração, Economia e Estatistica. Sendo que todas estas aréas citadas devem estar em harmônia com o uso de aeronaves agrícolas para controle de diferentes alvos no manejo de recursos biológicos (SOUTHWELL, 1976).

Os objetivos aumejados por tal ciência estão de maneira geral ligados a problemas em que a humanidade tem passado e necessita de soluções para tais gargalos:

- Aumentar a produção de grãos e fibras
- Preservar a saúde pública

Tais objetivos devem ser alcançados com:

- Minimo de contaminação ambiental
- Menor consumo possível de energia

Desta forma a aviação agrícola passa a fazer parte de um contexto mais amplo, o de Bioaeronautica, a qual deve cumprir sua missão de realizar aplicações de produtos fitossanitários com o minimo ed contaminação ambiental, com máxima eficiência e com menor consumo de energia possível.

Toda via, no Brasil, muito pouco foi feito dentro do conceito formulado por SOUTHWELL, tendo sido negligenciados principalmente os aspectos de contaminação ambiental, resultando em uma imagem negativa da Aviação Agrícola (Monteiro, 2015). Por outro lado, milhares de pessoas morrem vitimadas pela malária e dengue, enquanto aviões e equipamentos que poderiam diminuir essas fatalidades estão parados. Os resultados de controle de vetores de doençãs humanas são altamente positivos, varios

são os relatos cientificos que comprovam essa eficácia e as pulverizações aéreas para controle de vetores são aplicados pela Organização Mundial de Saúde em todo o mundo. Algumas centenas de aviões bem operados e orientados poderiam reduzir drasticamente mortes causadas por vetores de malária e dengue, com um mínimo de custos e poluição ambiental (Monteiro, 2015).

As aeronaves agrícolas podem ser utilizadas em outros setores com carater de importância a nivel mundial, como a aplicação de dispersantes que degradam as substâncias químicas oriundas em vazamentos de petróleo. Pouco conhecida, mas já testada no Brasil, a nucleação artificial, foi usada e com sucesso em estados como Alagoas e Pará, onde essa técnica permite a criação de chuvas artificiais, o que minimizaria os efeitos de secas prolongadas nas regiões afetas pelo poligno da seca, aumentando assim a produtividade agrícola de tais regiões (Monteiro, 1984). Outra tática de extrema importância é o combate a incendios florestais mediando uso de aeronaves agrícolas, visto que a rapidez e a carga mesmo pequena, alcaçam alta eficiencia no combate ao fogo, evitando assim seu alastramento em outras areas. Mapas elaborados e fotografias aéreas são constantemente utilizadas como ferramenta para manejo sustentavel, como: manejo de rebanhos, previsão de safras, problemas críticos na agricultura, mapeamento, peixamento, entre outros (Joyce, 1977).

Em diversos paises da Europa, USA e Russia entendem que não há Agricultura desenvolvida sem uma Bioaeronáutica que acompanha o desenvolvimento da agricultura, para tanto, diversos centros de pesquisa foram criados com a finalidade de proporcionar o melhor uso de aernoves agrícolas, visando maior eficiencia nas aplicações, retabilidade e menos gastos com energia (Monteiro, 2015). Para tanto, o Brasil precisa alavancar com a maior brevidade possível, Centros de Pesquisa e Treinamento em Aviação Agrícola junto a Universidades ou Instituições de Pesquisas e Iniciativa Privada, com a finalidade de transferir e gerar técnicas avançadas em Bioaeronáutica, para dar apoio à expansão do uso de aeronaves agrícoas em atividades especiais tais como:

- Controle de Vetores de Epidemias

- Combate a Incêndios

- Nucleação Artificial

- Sensoriamento Remoto

Nesse sentido, o Centro Brasileiro de Bioaeronáutica (CBB) foi criado dentro dessa filosofia de trabalho, que visa reunir as qualidades positivas desses segmentos da sociedade brasileira, Órgãos Governamentais, Universidades e Empresas Privadas, para gerar e transferir tecnologia de ponta em benefício da nossa agricultura (Monteiro, 2015).

2. Aeronaves Agrícolas

Nos primordios do uso do avião para fins agrícolas, as aeronaves eram equipadas com equipamentos improvisados, com variados tipos de aeronaves. Tais improvisos foram oriundos devido à ataques inesperados de gafanhotos, lagartas ou outros insetos em diferentes culturas pelo mundo. Aviões de uso militar ou de treinamento básico foram os primeiros a serem adaptados para aplicação de inseticidas em pó (Monteiro, 2015). Já com a expansão do uso de aviões para apicação de produtos químicos, nas decadas de 20 à 40, as aeronaves foram ganhando aperfeiçoamento, juntamento com os equimentos à elas instalados. Após o fim da segunda Guera mundial, muitas aeronaves de batalha foram adaptados para uso agrícola, como os Bombardeiros TBM-AVENGER com 2000 HP de potência e 2300 litros de capacidade e os Bimotores DC-3 (C-47) e VEGA VENTURA, além de Aviões Executivos como o CESSNA 170, 180, 206, PIPER AZTEC, BRITTEN NORMAN, os biplanos STEARMAN inicialmente com 220 HP, passando depois para 450 HP, os Teco-Tecos (CUBS) começando com o PIPER J-3 com 65 HP que evoluiu para o PA-11 com 90 HP e posteriormente para o PA-18 Super Cub com 150 HP, sendo esse ultimo modelo o único homologado para o uso agrícola, na época (Monteiro, 2015), ou seja, qualquer avião que apresentasse uma boa capacidade de voo poderia ser adaptado para uso agrícola.

Com o avançar do mercado e da agricultura, aviões mais potentes e modernos foram requisitados, levando assim a criação de aviões de uso exclusivo para agricultura. 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 agrícolas. Logo, para ser caracterizada como aeronave agrícola, ela tem que ser equipada com um sistema de aplicação (em nosso caso), um circuito de aplicação. A seguir são listados alguns modelos de aeronaves utiizadas na aplicação aérea (Tabela 1).

Tabela 01 - Aeronaves de uso agrícola. Dos famosos aviões, passando para os helicópteros e chegando aos Drones.

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

Apenas, como ordem de grandeza, estes drones, ilustrados nas ultimas 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.

2.1 Caracteristicas Básicas do Desenpenho das Aeronaves Agrícolas

Em 1950 foram estabelecidos especificações de desenpenho dos aviões agrícolas, os quais foram:

- O avião deveria ser capaz de decolar de pistas macias e não pavimentadas, com carga total e subir atingindo 15 metros a urna distância de decolagem de 402 metros, num dia padrão, ao nível do mar.

- As velocidades operacionais seguras durante as aplicações, eram de 60 a 100 mph.

- A velocidade mínima de operação segura era de 45 mph, para permitir uma manobra segura a 60 mph.

2.1.1 Desempenho Operacional

Durante as aplicações, o campo de visão do piloto de atender uma gama de exigências, as quais são:

- Para frente e para baixo: Uma excelente visão para frente e para baixo é muito importante para aplicações em baixa altitude, e para evitar colisão com cercas, árvores, fios, postes, etc.

- Em curvas: Ao fazer a curva em baixa altitude, no fim de cada passada, há necessidade de boa visibilidade na direção da curva. Por isso o avião monoplano de asa baixa é a melhor configuração para obter essa visibilidade.

- Visão traseira: Alguns pilotos acham importante uma clara visão traseira para poder observar a faixa de deposição produzida pelo avião, durante as aplicações.

- Visão no táxi: Urna visão adequada para frente é desejável quando se desloca um avião em campos pequenos e improvísados, como são os usados na maioria das operações aeroagricolas.

2.1.2 Colisões

Na maioria das colisões com aviões agrícolas durante os voos, ocorrem em baixas velocidades, sendo que a maioria não é fatal, isso se da devido a energia de impacto ser proporcional ao quadrado da velocidade no momento da desaceleração (Monteiro, 2015). A Unidade de Pesquisa de Acidentes por Colisão da Faculdade de Medicina de Qornell, Estados Unidos, estabeleceu recomendações para os projetistas de aviões, visando à sobrevivência em caso de colisão, as quais são:

- Projeto da estrutura da parte dianteira da fuselagem e da cabine, para resistir às cargas de impacto, além das cargas de voo e pouso.

- Projeto das estruturas para absorver energia através de colapso progressivo.

- Projeto da estrutura tubular para entortar e romper em sentido contrário do ocupante.

- Colocação do assento do piloto na posição mais traseira possível, atrás da asa.

- Colocação dos tanques de combustível nas asas, nunca entre a parede de fogo e o painel.

- Deixar espaço entre o painel de instrumentos e a parede de fogo, para permitir o deslocamento do painel e caixas dos instrumentos na colisão

- Projeto do painel de instrumentos, sem cantos vivos, que possam ser alcançados pela cabeça do piloto,

- Construção do painel de instrumentos, de material mole e uso de material que absorva o impacto no seu revestimento.

- Montagem das caixas de instrumentos, com pinos cisalháveis, o mais baixo possível no painel

- Projeto de cintos de segurança ventral e de ombros, assentos e fixação dos assentos, suficientemente fortes para aguentar tensão de ruptura igual à ruptura da cabine.

- O tanque deve ter uma porta ampla de fácil acesso para permitir carregamento rápido e fácil de produtos fitossanitários.

- A tampa deve vedar perfeitamente quando fechada.

- A conversão de aplicação por via sólida para aplicação por via líquida e vice-versa, deve ser relativamente rápida (entre 50 à 60 minutos).

2.1.3 Caracteristicas da pilotagem e de Voo

As forças de controle durante o voo, particularmente as do aileron, devem ser leves, porque as operações aeroagrícolas requerem uma atuação quase continua nos comandos, por várias horas/dia, com deflexões amplas nos comandos durante as curvas. O controle do aileron deve ser rápido para ganhar tempo na inclinação inicial do balão e na mudança de inclinação subsequente (Monteiro, 2015).

A deficiência do comando do aileron pode ser fatal quando fatores diversos atuam inclinando o avião para um lado, como por exemplo, o excesso de comando do piloto, vento de través forte ou deslocamento inercial da carga de liquido no tanque. Ao acionar o aileron

para o lado contrário, o avião continua na rolagem provocando o efeito de comando cruzado, perdendo sustentação e altura e fatalmente colidindo (Monteiro, 2015).

Os aviões agrícolas exigem o mesmo desempenho dos Caças onde se requer um valor igual ou maior que 0,12 para a equação pB/2V em que p = razão de rolagem em radianos/segundos; b = envergadura em pés e V = velocidade do avião em pés/segundo. A estabilidade lateral e o controle no estol devem também ser excepcionais. Se o avião estiver em uma curva derrapada e o manche for puxado suavemente para trás, o avião deve continuar a virar sob o controle e não aumentar subitamente a cabrada e entrar em parafuso ou virar para o outro lado e entrar em parafuso, como fazem alguns aviões não usados para operações agrícolas.

Um parâmetro importante nas operações aeroagricolas é a diferença entre a velocidade de operação e a velocidade de estol com aeronave carregada. Quanto maior essa diferença, maior é a segurança de voo desse avião. O professor Weick e sua equipe em um trabalho realizado em 1950, lançaram as bases do Avião Agrícola, dos quais dezenas de milhares foram e estão sendo construidos ate os dias atuais.

O Piper Pawnee, talvez o mais autêntico dos aviões desse clone, foi produzido um total de 4500 unidades, e é ainda usado em operações aeroagrícoas. Tal é a sua eficiência e confiabilidade que os Argentinos decidiram recomeçar a sua produção em série, 38 anos após o seu lançamento nos Estados Unidos, e por ocasião da abertura das importações no Brasil, os Pawnee foram trazidos em quantidade dos Estados Unidos para reforçar a frota brasileira.

2.1.4 Peformance das Aeroves Agrícolas

Na tabela 2, esta descrito as informações de peformance das aeronaves agrícolas utilizadas nas mais diferentes regiões do mundo.

Tabela 2: Parametros de peformance das principais aeronaves agrícolas

Fabricante	Air Tractor	Air Tractor	Air Tractor	Air Tractor	Air Tractor	Air Tractor	Air Tractor
Modelo	AT-401B	AT-402A	AT-402B	AT-502A	AT-502B	AT-602	AT-802
			Peso				
MTOW	3565 kg	3901 kg	4159 kg	4754 kg	3629 kg	5670 kg	7257 kg

MLW	2722 kg	3175 kg	3175 kg	3629 kg	1949 kg	5443 kg	7257 kg
Empty w/ spray ep.	1925 kg	1783 kg	1783 kg	2073 kg	2176 kg	2540 kg	3066 kg
Useful Load	1690 kg	2118 kg	2377 kg	2681 kg	2451 kg	3130 kg	4169 kg
Hopper							
Liquid Capacity	1514 lt	1514 lt	1514 lt	1893 lt	1893 lt	2385 lt	3028 lt
Dry Chemicals Capacity	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg
Foan Tank	0	0	0	0	0	0	0
Motor							
Engine							
Maker/Model	P&W R1340	P&W PT6-11AG	P&W PT6-15AG	P&W PT6A-45R	P&W PT6-15AG	P&W PT6-60AG	P&W PT6-67AG
Engine Type	Radial Piston	Turboprop	Turboprop	Turboprop	Turboprop	Turboprop	Turboprop
Max Power	441 kW	405 kW	500 kW	809 kW	500 kW	772 kW	1047 kW
Max Power RPM	2250 rpm	2200 rpm	2200 rpm	1700 rpm	2200 rpm	1700 rpm	1700 rpm
Fuel Tank Capacity	488 lt	644 lt	644 lt	818 lt	644 lt	818 lt	1438 lt
Fuel Comsuption	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt
Proppeler							
Maker/Model	12D40	Hartzell	Hartzell	Hartzell	Hartzell	Hartzell	Hartzell
Number of blades	2	3	3	3	3	5	5
Diameter	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	2,92 m
Performance							
Take-Off Distance	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
Landing Distance	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
Stall Speed (Flap 0°)	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Stall Speed (Flap full)	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Cruising Speed	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	315 km/h
Max Speed	0 km/h	224 km/h	224 km/h	283 km/h	250 km/h	0 km/h	337 km/h
Spraying Speed	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Rate of Climb	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	4,06 m/s
Range	0 km	0 km	0 km	0 km	0 km	0 km	804 km
Endurance	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
Service Ceiling	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
Dados Geométricos							
Wing							
Span	15,54 m	15,54 m	15,54 m	15,85 m	15,85 m	17,07 m	17,68 m
Area	28,43 m2	28,43 m2	28,43 m2	28,99 m2	28,99 m2	31,22 m2	36,33 m2
Geometric Mean Chord	1,829 m	1,829 m	1,829 m	1,829 m	1,829 m	1,829 m	2,055 m
Aspect Ratio	8,5	8,5	8,5	8,67	8,67	9,33	8,6
Plan form	0	0	0	0	0	0	0
Diedral Angle	0	0	0	0	0	0	0
Swept Angle	0	0	0	0	0	0	0
Carga Alar (kg/m2)	125,41 Kg/m²	137,22 Kg/m²	146,31 Kg/m²	164,00 Kg/m²	125,19 Kg/m²	181,64 Kg/m²	199,79 Kg/m²

Fuselage							
Lenght	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	10,88 m
Height	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	3,35 m
Width	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Number of seats	1	1	1	1	1	1	1
Horizontal Stabilizer							
Span	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Area	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2
Aspect Ratio	0	0	0	0	0	0	0
Distance from acft CG	0	0	0	0	0	0	0
Level chord (%)	0	0	0	0	0	0	0
Vertical Stabilizer							
Span	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Area	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2
Aspect Ratio	0	0	0	0	0	0	0

Fabricante	Ayres	Ayres	Ayres	Boeing	Cessna	Cessna	EADS PZL
Modelo	Thrush 660	Thrush 660 Firefighter	Trush 510	Stearman	188 AgWagon AgHusky	188 AgWagon AgTruck	PZL-106 BT 601 Turbo "Kruk"
Peso							
MTOW	6418 kg	6418 kg	0 kg	2041 kg	1996 kg	1905 kg	3500 kg
MLW	5670 kg	5670 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg
Empty w/ spray ep.	0 kg	0 kg	1950 kg	0 kg	1046 kg	1014 kg	1680 kg
Useful Load	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg
Hopper							
Liquid Capacity	2688 lt	2972 lt	2082 lt	0 lt	1060 lt	1060 lt	1401 lt
Dry Chemicals Capacity	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	1499 kg
Foan Tank	0	0	0	0	0	0	0
Motor							
Engine							
Maker/Model	P&W PT6A-65AG	P&W PT6A-65AG	P&W PT6A-34AG	Lycoming R680	Continental TSIO-520-	Continental IO-520-D	Walter M601D
Engine Type	Turboprop	Turboprop	Turboprop	Radial 9 cyl	Turbocharged	Six Cyl, injected	Turboprop
Max Power	0 kW	0 kW	0 kW	162 kW	228 kW	221 kW	537 kW
Max Power RPM	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm
Fuel Tank Capacity	863 lt	863 lt	863 lt	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt
Fuel Comsuption	0 lt	0 lt	35-47 gph	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt
Proppeler							
Maker/Model	0	0	0	0	McCauley	McCauley	VJ8.508D-AG
Number of blades	0	0	0	2	3	3	3
Diameter	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m

Performance	0	0	0	fixed pitch	constant speed	constant speed	controllable-pitch, reversible propeller
Take-Off Distance	0 m	0 m	366 m	0 m	0 m	0 m	325 m
Landing Distance	0 m	0 m	183 m	0 m	0 m	0 m	300 m
Stall Speed (Flap 0°)	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Stall Speed (Flap full)	0 km/h	0 km/h	106 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	115 km/h
Cruising Speed	296 km/h	296 km/h	241 km/h	0 km/h	196 km/h	187 km/h	209 km/h
Max Speed	0 km/h	0 km/h	256 km/h	200 km/h	209 km/h	196 km/h	0 km/h
Spraying Speed	0 km/h	0 km/h	78 to 150 kts	0 km/h	0 km/h	0 km/h	75 to 92 kts
Rate of Climb	3,56 m/s	3,56 m/s	4,45 m/s	5,08 m/s	2,59 m/s	2,36 m/s	4,50 m/s
Range	963 km	963 km	1241 km	602 km	402 km	467 km	1328 km
Endurance	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
Service Ceiling	0 m	0 m	0 m	3414 m	4267 m	0 m	0 m
Dados Geométricos							
Wing							
Span	16,46 m	16,46 m	14,48 m	9,80 m	12,70 m	12,70 m	12,87 m
Area	37,16 m2	37,16 m2	32,52 m2	27,63 m2	19,05 m2	19,05 m2	31,68 m2
Geometric Mean Chord	2,258 m	2,258 m	2,246 m	2,819 m	1,499 m	1,499 m	2,462 m
Aspect Ratio	7,29	7,29	6,45	3,48	8,47	8,47	5,22
Plan form	0	0	0	0	0	0	Rectangular
Diedral Angle	0	0	0	0	0	0	0
Swept Angle	0	0	0	0	0	0	0
Carga Alar (kg/m2)	172,72 Kg/m²	172,72 Kg/m²	0,00 Kg/m²	73,88 Kg/m²	104,79 Kg/m²	100,03 Kg/m²	110,48 Kg/m²
Fuselage							
Lenght	0,00 m	0,00 m	10,06 m	7,62 m	8,08 m	7,90 m	10,34 m
Height	0,00 m	0,00 m	2,79 m	2,79 m	2,49 m	2,49 m	0,00 m
Width	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Number of seats	1	1	1	1	1	1	1
Horizontal Stabilizer							
Span	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Area	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2
Aspect Ratio	0	0	0	0	0	0	0
Distance from acft CG	0	0	0	0	0	0	0
Level chord (%)	0	0	0	0	0	0	0
Vertical Stabilizer							
Span	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Area	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Aspect Ratio	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2

Fabricante	Neiva	Piper	PZL-Mielec	Transavia	Weatherly	Weatherly

Modelo	EMB-202 Ipanema	PA-36-375 Pawnee Brave	Dromader M-18	PL-12 Airtruk	620	620-TP
			Peso			
MTOW	1799 kg	2177 kg	4699 kg	1925 kg	2495 kg	2449 kg
MLW	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg
Empty w/ spray ep.	1030 kg	1161 kg	2690 kg	953 kg	1270 kg	1134 kg
Useful Load	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg
			Hopper			
Liquid Capacity	946 lt	1041 lt	2498 lt	999 lt	1268 lt	1287 lt
Dry Chemicals Capacity	750 kg	998 kg	2200 kg	0 kg	0 kg	0 kg
Foan Tank	0	0	0	0	0	0
			Motor			
			Engine			
Maker/Model	Lycoming	Lycoming	PZL Kalisz	Continental	P&W	P&W
Engine Type	IO-540-K1J5D Six Cyl, injected	IO-720-DICD Piston, fuel inj.	ASZ-621R Six Cyl, injected	IO-520-D Piston	R985 9 Cyl, Radial	PT6A-11AG Turboprop
Max Power	221 kW	276 kW	735 kW	221 kW	331 kW	368 kW
Max Power RPM	2700 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm
Fuel Tank Capacity	291 lt	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt
Fuel Comsuption	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt	0 lt
			Proppeler			
Maker/Model	Hartzell	Hartzell	0	Hartzell	Hartzell	0
Number of blades	3	3	4	3	3	0
Diameter	2,18 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Performance	constant speed	constant speed	constant speed	constant speed	constant speed	0 m
Take-Off Distance	0 m	0 m	0 m	334 m	0 m	0 m
Landing Distance	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
Stall Speed (Flap 0°)	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Stall Speed (Flap full)	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Cruising Speed	88 km/h	209 km/h	0 km/h	189 km/h	0 km/h	0 km/h
Max Speed	0 km/h	215 km/h	0 km/h	196 km/h	0 km/h	0 km/h
Spraying Speed	0 km/h	87 to 104 kts	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Rate of Climb	0,00 m/s	2,79 m/s	0,00 m/s	2,62 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s
Range	0 km	772 km	0 km	1493 km	0 km	0 km
Endurance	00:00	00:00	00:00	00:00	02:30	02:00
Service Ceiling	0 m	4572 m	0 m	3810 m	0 m	0 m
			Dados Geométricos			
			Wing			
Span	11,69 m	11,84 m	17,70 m	12,00 m	14,33 m	14,33 m
Area	0,00 m2	20,96 m2	40,00 m2	24,60 m2	0,00 m2	0,00 m2

Geometric Mean Chord	0,000 m	1,771 m	2,260 m	2,050 m	0,000 m	0,000 m
Aspect Ratio	#DIV/0!	6,68	7,83	5,85	#DIV/0!	#DIV/0!
Plan form	0	0	0	0	0	0
Diedral Angle	0	0	0	0	0	0
Swept Angle	0	0	0	0	0	0
Carga Alar (kg/m2)	#DIV/0!	103,86 Kg/m²	117,47 Kg/m²	78,25 Kg/m²	#DIV/0!	#DIV/0!
Fuselage						
Lenght	7,43 m	8,38 m	9,47 m	6,35 m	0,00 m	0,00 m
Height	2,22 m	2,29 m	3,70 m	0,66 m	0,00 m	0,00 m
Width	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Number of seats	1	1	1	1	1	1
Horizontal Stabilizer						
Span	12,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Area	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2
Aspect Ratio	0	0	0	0	0	0
Distance from acft CG	0	0	0	0	0	0
Level chord (%)	0	0	0	0	0	0
Vertical Stabilizer						
Span	0	0	0	0	0	0
Area	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Aspect Ratio	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2	0,00 m2

2.1.5 Manutenção e Reparo das Aeronaves

A prevenção é um quesito para a redução de diversos problemas técnicos, bem como a garantia de que a manutenção foi realizada de forma segura, correta, confortável e perfeita. É de extrema importância que a manutenção seja realazida respeitando as horas de voo e que seja fácil e os reparos possam ser efetuados com rapidez, evitando asim perda de tempo durante as campanhas. O avião deve apresentar as seguintes características (Drescher, 2012):

- Construção simples e robusta deve ser usada em todo o avião.

- As conexões dos controles e as partes criticas devem ser visíveis e facilmente inspecionadas.

- Todas as peças que requerem manutenção devem ser facilmente acessíveis e fáceis de remover e recolocar.

- A estrutura e os equipamentos de dispersão devem ser muito bem protegidos contra corrosão ou resistentes a ela, principalmente a corrosão provocada por produtos químicos.

- Todo o avião deve ser construído de uma maneira que possa ser limpo totalmente. O interior da estrutura deve ser acessível de ambos os lados, podendo ser lavada com mangueira.

- A capota do motor deve ser ampla para evitar altas temperaturas durante as operações.

- O motor deve ser muito bem protegido do pó através da colocação de uma tomada de ar do carburador e do uso de filtros de ar.

A manutenção deve ser realizada Preventivamente, antes de que os componentes da aeronave entrem em colapso, frequentemente antes da realização do voo. É importante destacar que na realização da manutenção corretiva, a qual é realizada posteriormente ao diagnóstico de um problema, estes reparos podem ser observados pelo piloto e realizados por um mecânico que seja credenciado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Já a manutenção corretiva é realizada quando a aeronave já tenha apresentado algum problema, uma pane ou perda abrupta de algum sistema (ANAC, 2020).

2.2 Tipos de aeronaves: Aspectos econoômicos e estatisticos

De acordo com Villela (2015), as aeronaves utilizadas para fins agrícolas podem ser agrupadas em três categorias principais, as quais são:

2.2.1 Aeronaves adaptadas

Independentemente de sua capacidade de carga, potência do motor, velocidade de operação ou características operacionais, diferentes aeronaves foram adaptadas para a aplicação de defensivos, adubos e combate à incêndios florestais. Pela necessidade de tratamentos rápidos, situações de emergência, disponibilidade, baixo custo desses aviões e pela falta de aviões agrícolas especializados, os aviões adaptados foram usados em larga escala nas décadas de 50, 60 e 70. Hoje a sua utilização é restrita e na maioria dos casos ilegal.

O desempenho de alguns desses aviões adaptados era bons apesar de possuirem componentes eletrônicos mais simples, no entanto, o maior problema enfrentado pelos

operadores foi e ainda á o de segurança, uma vez que os acidentes no voo agrícola são violentos e nos aviões adaptados a porcentagem de acidentes fatais é maior. Do ponto de vista econômico as operações com aviões adaptados é mais barata quando comparados a aeronaves especializadas para uso agrícola, uma vez que o seu preço de aquisição, manutenção e operação é menor. As vantagens econômicas são mais acentuadas em aeronaves ULTRALEVE onde os custos de operação por hora varia de 10 a 20% dos custos das aeronaves agrícolas, porém estas não podem ser usadas em atividades comerciais para prestação de serviços a terceiros.

Atualmente para serem utilizadas, essas aeronaves necessitam obter uma certificação voltada a aplicação de produtos fitossanitários e também uma cerlificação da autoridade aeronáutica o que é caro, difícil e demorado, inviabilizando de forma legal o uso das mesmas na operação agrícola. Não há dados precisos sobre o número de aeronaves adaptadas em operação no Brasil, mas estima-se de uma duzia, ou seja, menos de 0,5% de aeronaves adaptadas estão em uso nas operações agrícolas em território nacional.

A tendência dessa categoria é continuar diminuindo, urna vez que não há como substituir esses aviões quando acidentados. Há, entretanto a necessidade de atender pequenos produtores com áreas de 100 hectares ou menor, necessitando de aplicações especificas e precisas, nesse sentido, DRONES ou VANTS (Veículos Aéreos não Tripulados) como aplicadores agrícolas, pode ser a solução para as aplicações aéreas em áreas pequenas. No Japão atualmente, já existem milhares de helicópteros não tripulados em operações agrícolas de pulverização.

2.2.2 Aeronaves Leves

São as aeronaves das categorias 1 e 2 (1-Motores com potência entre 235 e 260 HP e capacidade de carga abaixo de 800 litros; 2- Motores com potência de 300 HP e capacidade de carga de 800 a 1000 litros.) com motores de potência abaixo de 300 HP e capacidade de carga abaixo de 1000 litros. As aeronaves agrícolas leves com motores a pistão são a maioria usadas em trabalhos agrícolas, têm um preço internacional de aquisição entre US$ 200.000,00 e 250.000,00 e um custo operacional entre US$ 150,00 e 250,00. A adoção de álcool como combustível aeronáutico no Brasil reduziu os custos diretos das aeronaves Ipanema em cerca de 25% melhorando o desempenho econômico da frota brasileira.

O desempenho dessas aeronaves em serviços com volumes de aplicação acima de 40 litros por hectare ou em adubação acima de 50 kg por hectare é muito baixo, elevando a níveis antieconômicos os preços destes serviços, a partir destes volumes e até os níveis de 100 -120 kg por hectare devem ser usadas aeronaves das categorias 3, 4 e 5 (3-Motores radiais com potência de 600 HP e capacidade de carga de 1000 a 1200 litros; 4-Motores turbina com potência entre 650 e 750 HP e capacidade de carga 1200 a 1500 litros; 5-Motores turbina com potência superior a 750 HP e capacidade de carga acima de 2000 litros) que são consideradas aeronaves agrícolas pesadas.

2.2.3 Aeronaves Pesadas

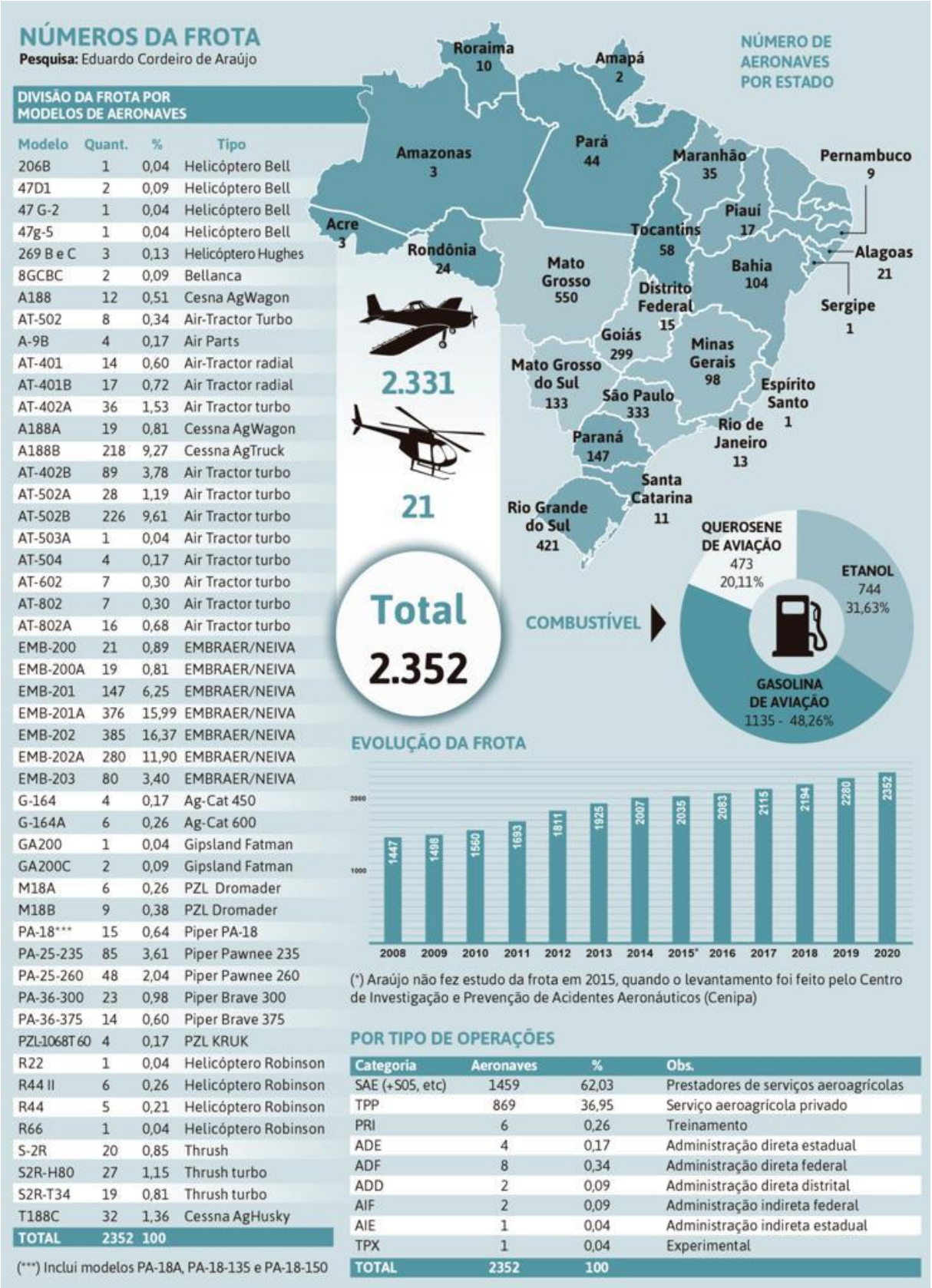
As aeronaves pesadas da década de 1970 foram desenhadas para usar motores Radiais de 600 HP produzidos durante a segunda guerra mundial, para o aviões NA-T6 do qual foram produzidos mais de 20.000 unidades em todo o mundo. Esse motor era barato e confiável e o seu grande consumo de combustível não era um empecilho para a sua utilização naquela época.

Com o advento da utilização das turbinas nas aeronaves agrícolas esses aviões foram convertidos e novos modelos foram desenvolvidos. As turbinas tem como caracteristica, alta potência nominal e capacidade de transportar cargas maiores.

Para atender a necessidade de combate a incêndios florestais foi desenvolvido o maior avião agrícola do mundo o Airtractor AT 802, com uma capacidade de 800 galões (cerca de 3.000 litros) e nesta década, foi desenvolvido o AT 1002 com uma capacidade de 1.000 galões. São também utilizados para adubações de cobertura em culturas e florestas com volumes de até 300 kg por hectare.

2.3 Frota Nacional

A frota de aeronaves agrícolas no Brasil cresceu 4% em 2019 ante o ano anterior, segundo o Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola (Sindag). O país segue com a segunda maior frota aero agrícola do mundo, só atrás dos Estados Unidos, que detêm cerca de 3,6 mil aeronaves. No fim de 2020 (dados do último levantamento), o país contava com 2.352 aeronaves, 158 unidades a mais em relação ao fim de 2018. Deste total, 2.331 aeronaves são aviões e 21, helicópteros registrados junto a EMBRAER (Figura 8).



NÚMEROS DA FROTA

Pesquisa: Eduardo Cordeiro de Araújo

DIVISÃO DA FROTA POR MODELOS DE AERONAVES

Modelo	Quant.	%	Tipo
206B	1	0,04	Helicóptero Bell
47D1	2	0,09	Helicóptero Bell
47 G-2	1	0,04	Helicóptero Bell
47g-5	1	0,04	Helicóptero Bell
269 B e C	3	0,13	Helicóptero Hughes
8GCBC	2	0,09	Bellanca
A188	12	0,51	Cesna AgWagon
AT-502	8	0,34	Air-Tractor Turbo
A-9B	4	0,17	Air Parts
AT-401	14	0,60	Air-Tractor radial
AT-401B	17	0,72	Air Tractor radial
AT-402A	36	1,53	Air Tractor turbo
A188A	19	0,81	Cessna AgWagon
A188B	218	9,27	Cessna AgTruck
AT-402B	89	3,78	Air Tractor turbo
AT-502A	28	1,19	Air Tractor turbo
AT-502B	226	9,61	Air Tractor turbo
AT-503A	1	0,04	Air Tractor turbo
AT-504	4	0,17	Air Tractor turbo
AT-602	7	0,30	Air Tractor turbo
AT-802	7	0,30	Air Tractor turbo
AT-802A	16	0,68	Air Tractor turbo
EMB-200	21	0,89	EMBRAER/NEIVA
EMB-200A	19	0,81	EMBRAER/NEIVA
EMB-201	147	6,25	EMBRAER/NEIVA
EMB-201A	376	15,99	EMBRAER/NEIVA
EMB-202	385	16,37	EMBRAER/NEIVA
EMB-202A	280	11,90	EMBRAER/NEIVA
EMB-203	80	3,40	EMBRAER/NEIVA
G-164	4	0,17	Ag-Cat 450
G-164A	6	0,26	Ag-Cat 600
GA200	1	0,04	Gipsland Fatman
GA200C	2	0,09	Gipsland Fatman
M18A	6	0,26	PZL Dromader
M18B	9	0,38	PZL Dromader
PA-18***	15	0,64	Piper PA-18
PA-25-235	85	3,61	Piper Pawnee 235
PA-25-260	48	2,04	Piper Pawnee 260
PA-36-300	23	0,98	Piper Brave 300
PA-36-375	14	0,60	Piper Brave 375
PZL-1068T 60	4	0,17	PZL KRUK
R22	1	0,04	Helicóptero Robinson
R44 II	6	0,26	Helicóptero Robinson
R44	5	0,21	Helicóptero Robinson
R66	1	0,04	Helicóptero Robinson
S-2R	20	0,85	Thrush
S2R-H80	27	1,15	Thrush turbo
S2R-T34	19	0,81	Thrush turbo
T188C	32	1,36	Cessna AgHusky
TOTAL	2352	100	

(***) Inclui modelos PA-18A, PA-18-135 e PA-18-150

(*) Araújo não fez estudo da frota em 2015, quando o levantamento foi feito pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (Cenipa)

POR TIPO DE OPERAÇÕES

Categoria	Aeronaves	%	Obs.
SAE (+S05, etc)	1459	62,03	Prestadores de serviços aeroagrícolas
TPP	869	36,95	Serviço aeroagrícola privado
PRI	6	0,26	Treinamento
ADE	4	0,17	Administração direta estadual
ADF	8	0,34	Administração direta federal
ADD	2	0,09	Administração direta distrital
AIF	2	0,09	Administração indireta federal
AIE	1	0,04	Administração indireta estadual
TPX	1	0,04	Experimental
TOTAL	2352	100	

Figura 8: Frota nacional de aeronaves agrícolas em 2020.

O incremento na frota manteve o ritmo do observado em 2018, quando o setor registrou alta de 3,7%. Já para a projeção de 2020/2021 o incremento foi de 3,4% em 2021 e chega a 2.432 aeronaves. Tal relatório aponta que 80 novos aviões e helicópteros entraram no mercado em 2021 foi divulgado durante a 32ª Abertura Oficial da Colheita do Arroz no RS e junto com a assinatura de uma parceria com a Embrapa (SINDAG, 2022).

ESTADO / UF	# AERONAVES	%
MATO GROSSO	600	24,67
RIO GRANDE DO SUL	419	17,23
SÃO PAULO	322	13,24
GOIÁS	295	12,13
PARANÁ	143	5,88
MATO GROSSO DO SUL	134	5,51
BAHIA	117	4,81
MINAS GERAIS	100	4,11
PARÁ	60	2,47
TOCANTINS	57	2,34
MARANHÃO	42	1,73
RONDONIA	27	1,11
PIAUÍ	23	0,95
ALAGOAS	18	0,74
DISTRITO FEDERAL	17	0,7
RIO DE JANEIRO	14	0,58
SANTA CATARINA	14	0,58
RORAIMA	10	0,41
PERNAMBUCO	9	0,37
AMAZONAS	5	0,21
ACRE	3	0,12
AMAPA	1	0,04
ESPIRITO SANTO	1	0,04
SERGIPE	1	0,04
TOTAL	2432	100

Figura 9: Frota de aeronaves agrícolas em dezembro de 2021.

Entre os Estados, Mato Grosso, Rio Grande do Sul e São Paulo lideram, com 600, 419 e 322 aeronaves, respectivamente. Mato Grosso registrou o maior incremento na frota no ano passado, com 50 novas unidades. O relatório aponta também aumento no número de empresas de aviação agrícola, de 253 em 2018 para 267 em 2019, alta de 5,5%. As empresas são operadoras de Serviço Aéreo Especializado (SAE), que prestam serviços para produtores rurais. Elas controlam 62,6% da frota, ou 1.427 aviões.

O estudo Frota Brasileira de Aeronaves Agrícolas (2019) abrange também o número de empresas aeroagrícolas (categoria SAE-AG), que são as prestadoras de serviços aos produtores), que passou de 253 em 2018 para 267 em 2019, um aumento de 5,13% (superior aos 3,7% de crescimento em 2018). O relatório final do levantamento – com os comentários técnicos de Araújo e o fechamento de alguns dados secundários – será publicado a partir do no site do Sindag.

2.4 Divisão Por Categorias

Entre os dados que precisam ser confirmados, está a quantidade de operadores privados (categoria TPP, que são os agricultores, fazendas empresariais ou cooperativas que têm suas próprias aeronaves). No entanto, segundo Araújo, o total gira em torno dos 650 – eram 585 no ano anterior (Figura 10). Por outro lado, a proporção na distribuição de frota entre operadores SAE e TPP já está confirmada (SINDAG, 2022):

– As 1541 (63,36%) são aeronaves da categoria SAE, (SAE, S00, S05, etc.) (Empresas Aeroagrícolas que prestam serviços a produtores) são operadas por 291 empresas (Anac, dezembro de 2021).

– 860 aeronaves (35,36%) são operadores privados (cerca de 690 produtores rurais e/ou cooperativas) – Serviço Aéreo Privado (TPP), que são produtores, fazendas empresariais ou cooperativas com suas próprias aeronaves (números aproximados) (SINDAG, 2022).

– As 31 aeronaves restantes na conta são de governos ou autarquias federais ou estaduais, além de protótipo e aeronaves de instrução. Por exemplo, aviões pertencentes a corpos de

bombeiros (combate a incêndios), os usados pela Academia da Força Aérea e aparelhos das seis escolas de formação pilotos agrícolas do país.

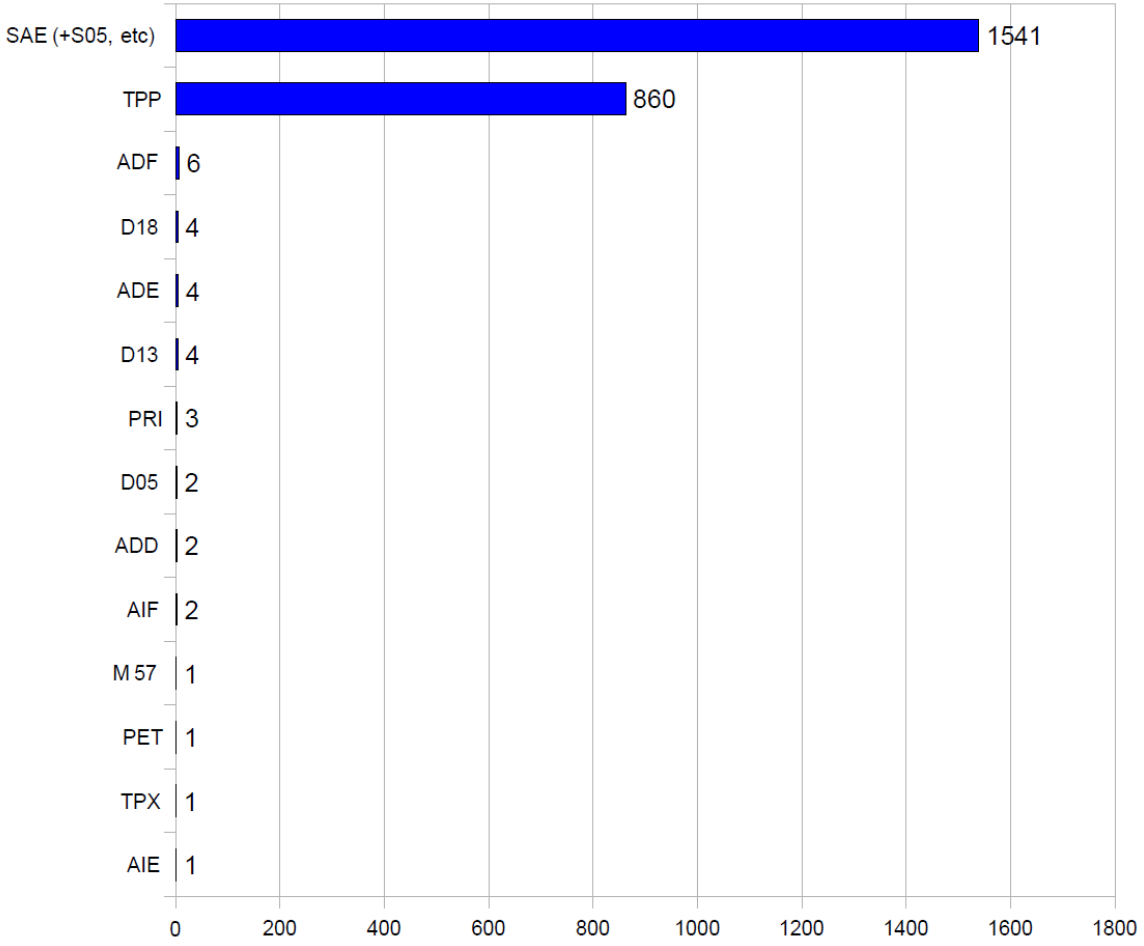


Figura 10: Divisão da frota por categoria

2.5 Estados

Entre os 23 Estados (mais o Distrito Federal) com aviação agrícola, os que tiveram maior crescimento de frota foram o Mato Grosso, que recebeu 50 aviões em 2020, São Paulo, com mais 15 aeronaves; Pará, com mais 12, e o Rio Grande do Sul, com mais nove. No ranking estadual, o Mato Grosso segue na ponta, com 600 aviões. Em segundo está o Rio Grande do Sul, que conta com 419 aviões. São Paulo aparece em terceiro em frota de aviões e helicópteros, com 322 aeronaves (Figura 11).

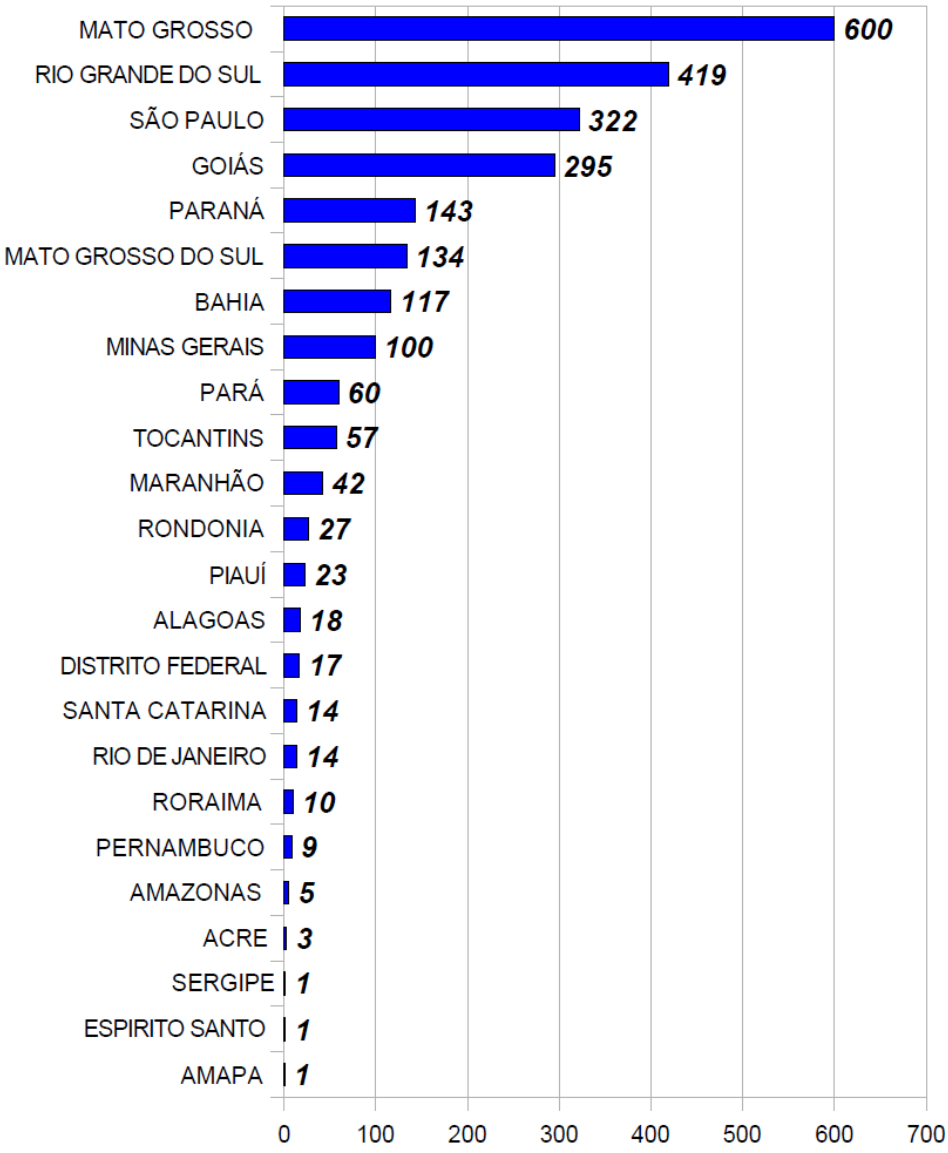


Figura 11: Divisão da frota de aeronaves por estado

2.6 Fabricantes

Entre as fabricantes de aviões agrícolas, a brasileira Embraer segue na liderança, com 55,47% da frota no mercado brasileiro, com suas variantes do avião Ipanema, com 1349 unidades (SINDAG, 2022). Trata-se do projeto dos anos 70, de um avião com motor a pistão, que em 2015 lançou sua sétima geração (Ipanema 203) e desde 2004 sai de fábrica movido a etanol (Ipanema 202 A) (Figura 12).

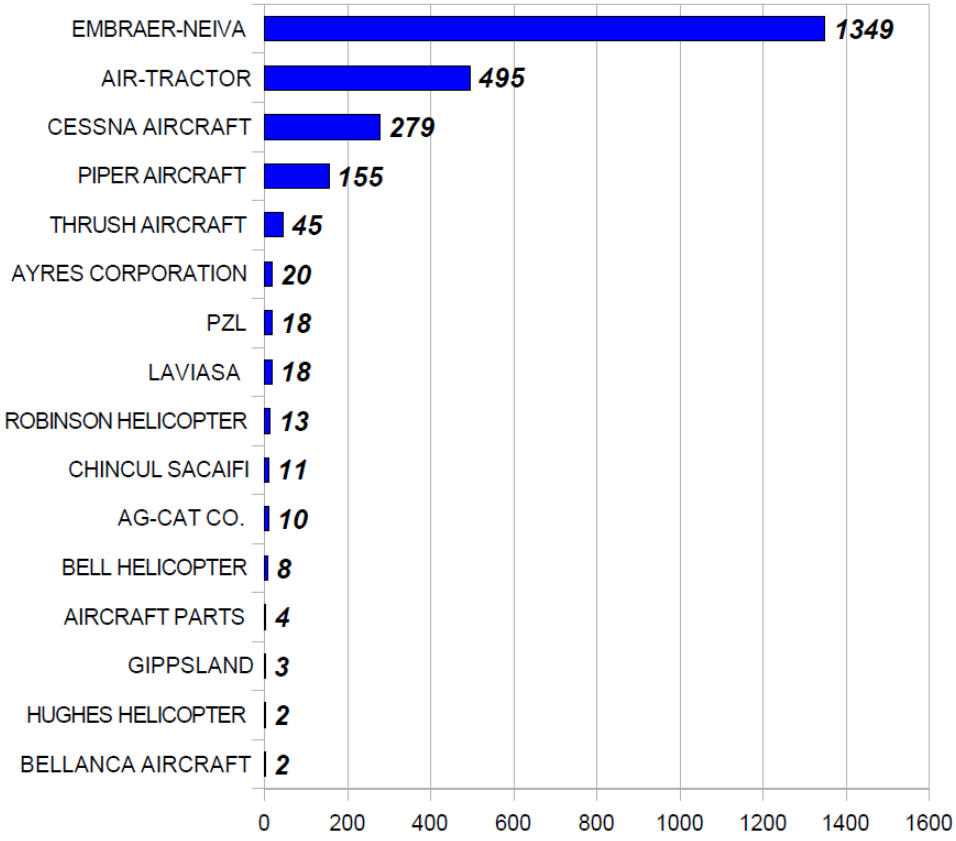


Figura 12: Distribuição da frota de aeronaves por fabricante

Porém, entre os diversos modelos que compõem a aviação agrícola nacional, cabe também ressaltar a entrada cada vez maior dos aviões turboélices, principalmente de fabricação norte-americana. Mais potentes e com maior capacidade de carga, os turboélices já são 22,45% da frota brasileira, sendo a AIR-TRACTOR a empresa ater a maior frota de turbohelice no cenário brasileiro, 495 aeronaves.

A título de comparativo, enquanto a frota aeroagrícola total cresceu 52,2% entre 2009 e 2019, a frota de turboélices aumentou mais de 47% nos últimos quatro anos. Nesse segmento, liderada pela texana Air Tractor, maior fabricante mundial de aviões agrícolas e que ocupa 20,35% do mercado brasileiro – segunda no ranking das 14 indústrias presentes entre os operadores do País.

2.7 Evolução da frota

De 2009 ate 2021, a evolução da frota foi positiva no Brasil, tanto o incremento de aewronaves nacionais como as importadas (Figura 13), mostrando que o cenário agrícola

brasileiro mostra uma crescente evolução no uso de aviões agrícolas para controle de pragas, doenças, plantas daninhas e aplicação de foliares e maturadores nas culturas.

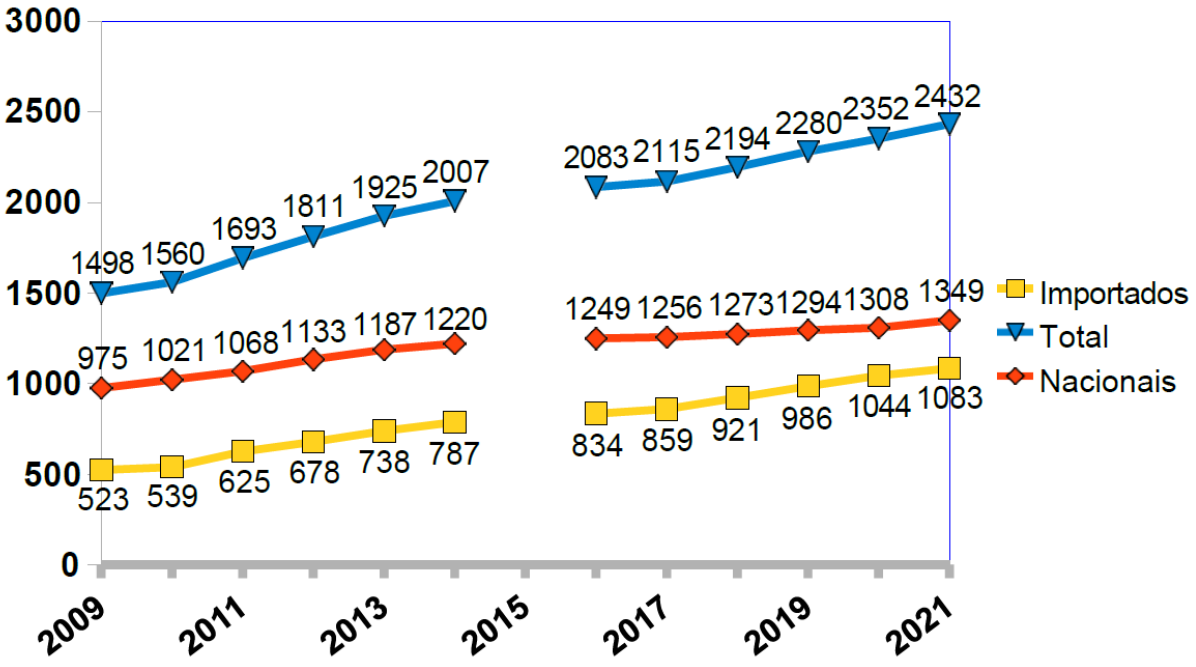


Figura 13: Evolução da frota de aeronaves agrícolas de 2009 à 2021

2.8 Distribuição por Combustível

Para a distribuição da frota mediante combustível, foram utilizados os seguintes critérios:

a) ÁLCOOL: Todas aeronaves válidas na categoria “S11” ou “T11” e modelos EMB-202A ou EMB-203;

b) QUEROSENE: Todas aeronaves válidas TURBOÉLICE;

c) GASOLINA: todas demais aeronaves válidas.

As aeronaves que utilizam gasolina como fonte de combustivel aparecem em 1 lugar com 996 unidades, no entanto, no segmento do etanol, além das aeronaves novas que já saíram da fábrica certificadas para uso do etanol como combustível (modelos EMB-202A e EMB-203), engloba cerca de 328 aeronaves originalmente fabricadas para consumir gasolina e que foram posteriormente convertidas e certificadas para uso do etanol (SINDAG, 2021).

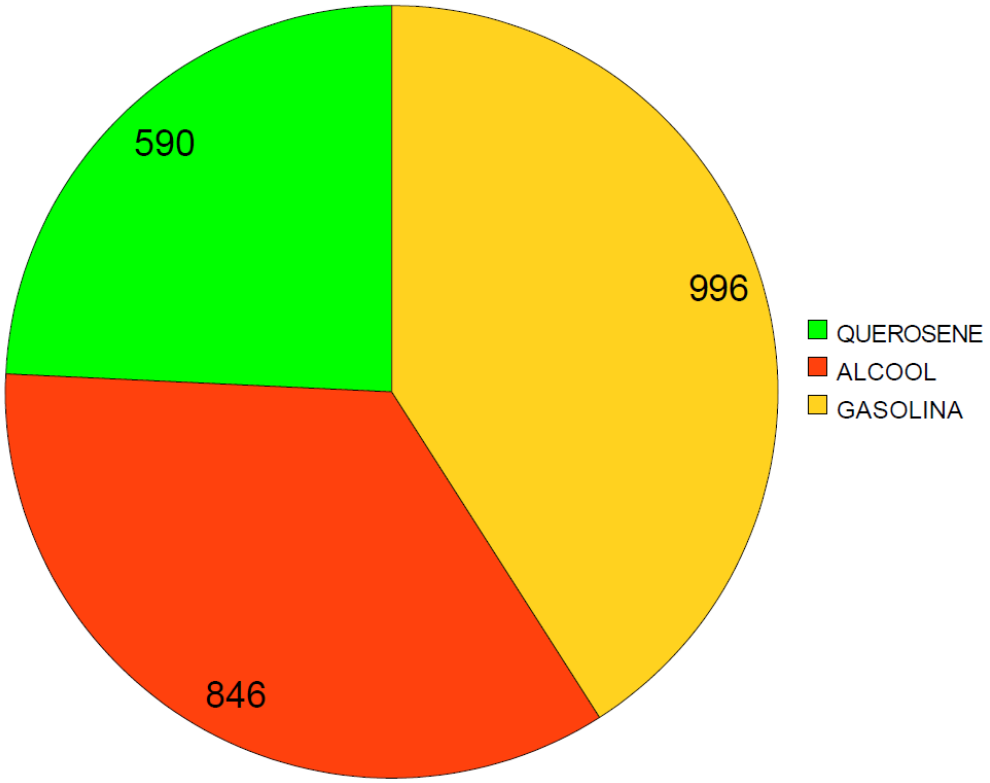


Figura 14: Frota de aeronaves classificadas pela fonte de combustível.

2.9 Mundo

O Brasil segue com a segunda maior força aérea agrícola do planeta, atrás apenas dos norte-americanos, que possuem cerca de 3,6 mil aeronaves (85% aviões e 15% helicópteros), segundo a Associação nacional de Aviação Agrícola dos Estados Unidos (NAAA), a sigla em inglês. O País está à frente ainda de potências como o México (2 mil aeronaves), Argentina (1,2 mil aeronaves), Nova Zelândia e Austrália (300 aeronaves cada), entre outras.

3. Circuito Hidráulico de uma Aeronave

Os componentes do circuito de uma aeronave agrícola, são elencados na figura 15. O sistema de pulverização é simples. Uma aeronave, tipo o Ipanema é dotado das seguintes partes que compõem o pulverizador: 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 (Figura 16).

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. Possui uma tampa superior bastante ampla, para facilidade e rapidez de abastecimento com produtos sólidos e limpeza interna do mesmo. Na sua parte inferior, existe uma portinhola que possibilita a abertura completa da mesma, para um alijamento rápido da carga em uma emergência ou limpeza. Serve também, quando em aplicação de sólidos, para regulagem do fluxo de saída e aplicação do produto. Dependendo do tipo ou modelo de avião e considerando-se apenas os construídos especificamente para esta finalidade e não aviões adaptados, sua capacidade varia de 250 a 3.000 L.

Está situado na parte dianteira do avião entre a cabine e o motor. Internamente também, possui um sistema de quebra ondas. Os mais modernos possuem uma vigia de vidro, para inspeção e visibilidade do nível de produto, para controle do piloto, durante as aplicações. O abastecimento de líquidos, é efetuado através de tomadas laterais especiais, situadas na fuselagem do avião e sob pressão por motobombas estacionárias auxiliares. Alguns aviões apresentam uma escala graduada em litros ou galões americanos, lateralmente e externamente ao tanque, sobre uma faixa translúcida da própria resina, permitindo a visualização do volume existente ou sendo colocado no tanque. Outros como os Ipanemas principalmente, trazem duas escalas gravadas na parede do tanque que se encontra dentro da cabine do piloto ou do tanque, representando o volume do tanque com o avião no solo e em vôo respectivamente.

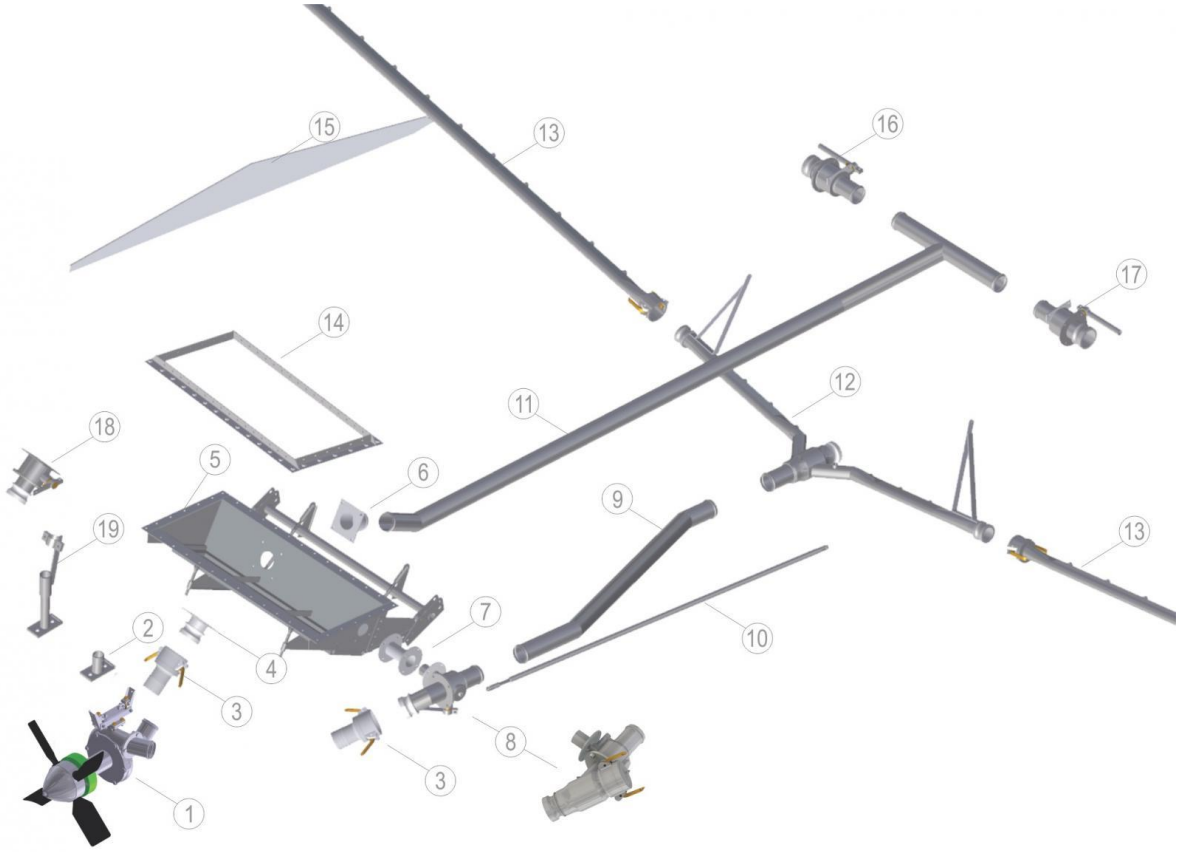


Figura 15 – Esquema ilustrando os principais componentes que caracterizam o sistema de pulverização de uma aeronave agrícola. 1-Bomba Eólica 24V (Z20330E); 2-Suporte da Bomba (Z20231E); 3-Engate Fêmea para Mangueira 2" - inox (Z00004I); 4-Engate Fêmea para Mangueira 2" - alumínio (Z20204E); 5-Flange Macho 2" (Z20203E); 6-Caixa de Alijamento (Z20308); 7-Flange 2" (Z20201); 8-Flange da Válvula By Pass (Z20202E) ou Válvula By Pass (Z20242E); 9-Válvula By Pass com Filtro (Z20242F); 10-Tubo de Ligação - do by pass para o filtro y (Z20222-8E); 11-Haste da By Pass (Z20232E); 12-Tubo de Abastecimento 2" (Z20212E); Filtro Y (Z20223); 13-Barras Aerofólicas (Z20222-0), Barras Aerofólicas para Rotativos (Z20222-0R), Barras Tradicionais - redonda (Z20221), Barras Aerofólicas para Ipanema 203 (Z20322-00); 14-Flange do Hopper - com parafusos (Z20206); 15-Suporte Inferior para Barra - par (Z20222-2); 16-Válvula de Abastecimento 2" Direita (Z20243); 17-Válvula de Abastecimento 2" Esquerda (Z20240); 18-Válvula de Corte 2" - opcional (Z20205E); 19-Suporte da Bomba Eólica 201/201A (Z20131E). Fonte: Zanoni Equipamentos.

Figura 16: Sistema de pulverização da aeronave agrícola Ipanema: (a) hopper (reservatório para insumos); (b) barra de aplicação; (c) válvula de abastecimento rápido.

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, muitos formulações nutricionais usadas não são quelatizadas ou formulações correntamente solubilzidas. 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 de discos rotativos, entre 5 a 20 L/ha. Veremos detalhes posteriormente.

O filtro principal esta situado na bifurcação das barras de pulverização abaixo da fuselagem ou “barriga” do avião após a saída da bomba e da válvula “by pass”. Apresenta-se com a configuração da letra Y, por isto, assim popularmente designada. A unidade do filtro encontra-se ali internamente e com um sistema para abertura e fechamento bastante prático, fácil e rápido. Na quase totalidade das pulverizações, este sistema se apresenta eficiente, sem necessidade de utilização de filtros secundários em cada bico de pulverização situados nas barras. Para isto é necessário que a tela em uso no filtro principal seja compatível com a qualidade física das formulações utilizadas ou do diâmetro do orifício da ponta de pulverização em uso. Recomendável a limpeza periódica do filtro durante as pulverizações e cuja freqüência será imposta pelo aspecto ou componentes das formulações, misturas ou da calda de pulverização.

A Válvula “by pass” efetua o controle e ajuste da pressão do líquido para as barras de pulverização, ou também permite a operação de agitação das misturas contendo substâncias sólidas (pós molháveis), em suspensão ou do volume de produtos existentes no tanque. Devido a estas funções, também é conhecida como uma válvula de três vias. Seu acionamento e controle são efetuados pelo piloto, através de comandos situados dentro da cabine. Este tipo de problema é freqüente na grande maioria dos aviões utilizados em aplicação de agroquímicos, por desconhecimento ou mesmo negligência dos mecânicos ou operadores.

O indicador ou manômetro de pressão nas barras, esta normalmente fixado no painel à frente do piloto, indica a pressão exercida pelo líquido, diretamente no ponto de derivação para as barras de pulverização, ou seja, a peça denominada de “Y” devido a sua forma parecer a esta letra. A pressão é indicada em libras por polegada quadrada (psi). Nos aviões que utilizam o sistema hidráulico para acionamento da bomba de pulverização, encontra-se como no caso dos Ipanemas, um segundo manômetro, também no painel do avião e ao lado do de pressão de líquido das barras, só que indicando a pressão de óleo gerada pela bomba hidráulica acoplada ao próprio motor do avião.

O comandos de cabine encontram-se dentro da cabine do avião e ergonômicamente à disposição do piloto os comandos ou alavancas que permitem a abertura e fechamento do fluxo de líquido para as barras e bicos de pulverização, pelo “by pass” e também para

liberação ou parada do acionamento da bomba de pulverização, quer esta seja mecânica ou hidráulica

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.

4. 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 vôo (Figura 17), 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.

Figura 17: Mapas de aplicação aérea.

Logo, os sistemas oferecem 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 18).

Figura 18 – 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, é o sistema de DGPS integrado aos controladores de fluxo (Tabela 3). De acordo com 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.

Tabela 3: Sistemas DGPS com controladores de fluxo.

Fluxômetro para aviação agrícola, modelo travicar – www.travicar.com.br

- 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.

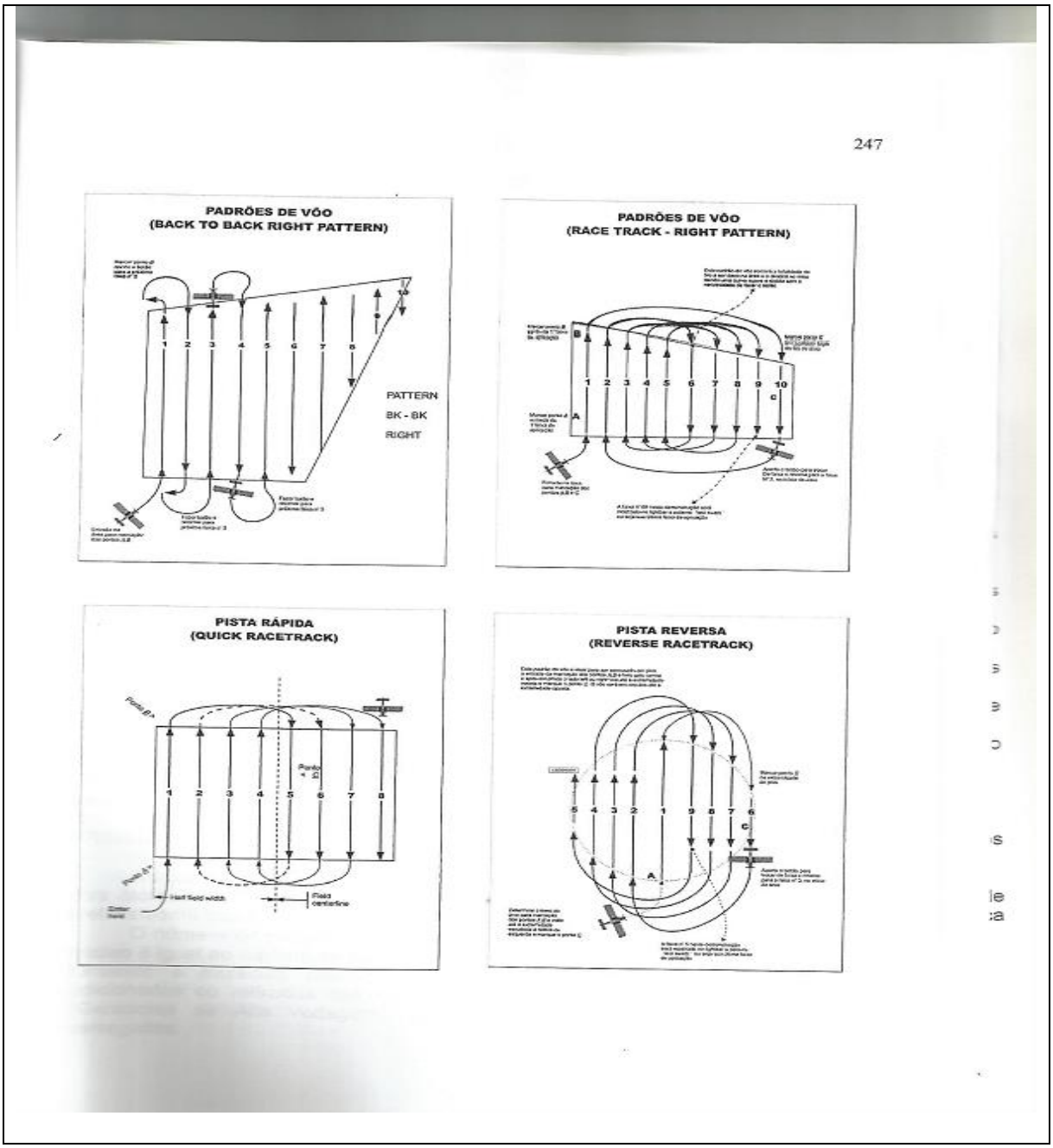
Sistema agroflow – mapa de aplicação com controle de fluxo - Travicar

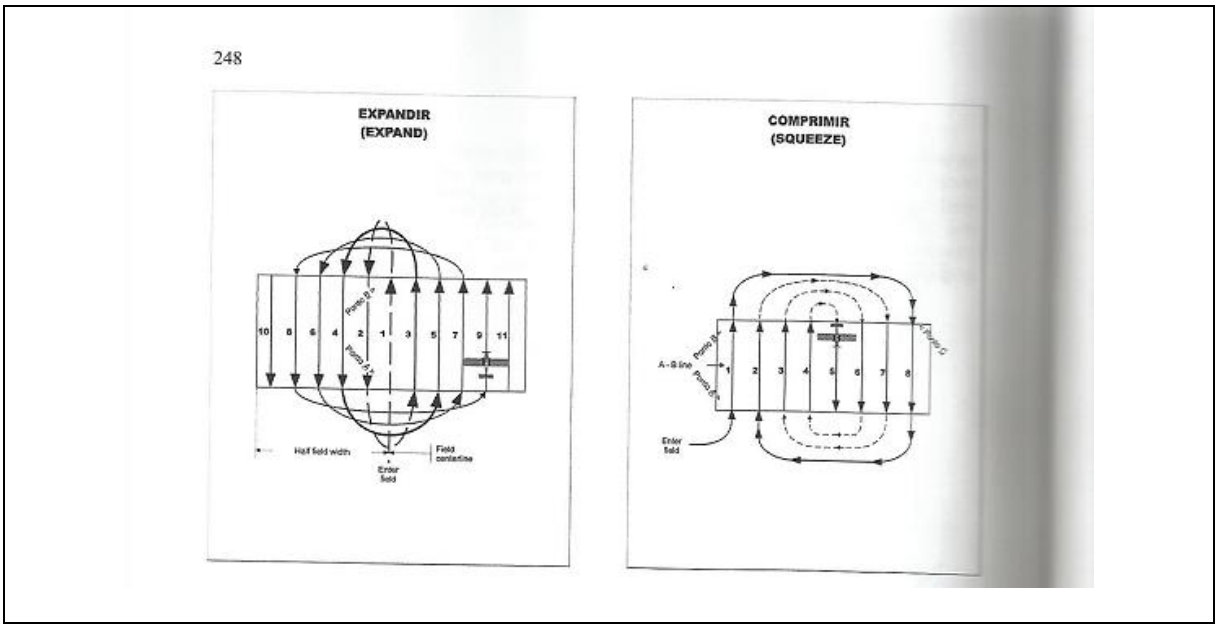
- Controle automático em tempo real do fluxo aplicado sem intervenção do piloto.
- Visualização do mapa de aplicação em tempo real.
- Visualização da área no Google Earth.
- Permite alteração da faixa de trabalho durante o voo, sem alteração da faixa anterior.
- Sistema com GPS próprio. Totalmente independente 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

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

Tabela 4: Diferentes Padrões de vôo.





5. Barras e Modelos De Pontas e Bicos Para Geração De Gotas

5.1. Bicos Hidráulicos

Ainda é grande o número de aeronaves que se utilizam os bicos de energia hidráulica. Este sistema adota 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 vôo, que pode estar entre 120 a 250 km/h (OZEKI, 2006). Quanto à seleção destes modelos, deve-se levar em conta à 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 capitulo 8 - Calibração), deve-se considera a velocidade de vôo, 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 risco 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 80º, nas vazões 01 até 08, produzindo gotas finas a médias;

- Jatos planos leques de 80º, 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 80º 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 19, as posições de ajustes de angulação dos bicos hidráulicos.

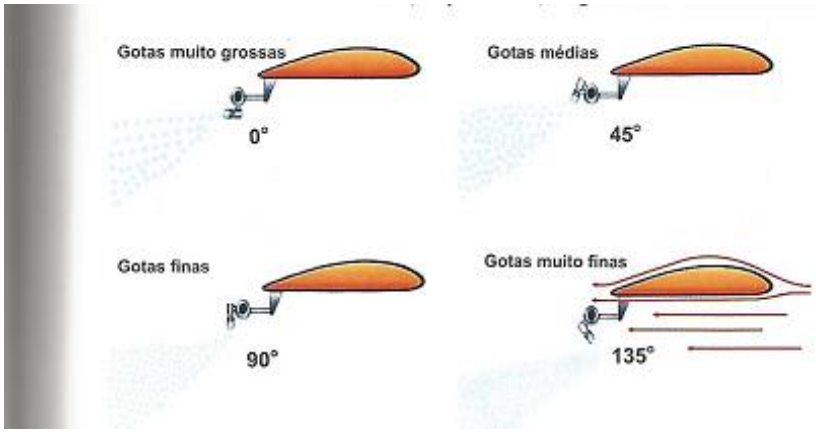


Figura 19: Representação esquemática dos efeitos da angulação dos bicos de uma barra de pulverização em aeronave agrícola sobre a formação do tamanho de gota gerado. Fonte: OSEKI, 2006.

Observamos quatro posições, quais sejam: 0º, 45º, 90º e 135º. À medida que aumenta-se 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. Vale salienyar que quanto mais próximo os bicos das pontas das asas, maiores as chances do efeito vortéx. Para minimizar o efeito do vortéx nas aplicações aéreas, recomenda-se o uso de até 75% da asa para acomodação dos bicos de aeronaves e 80% para helicópteros (Figura 20)

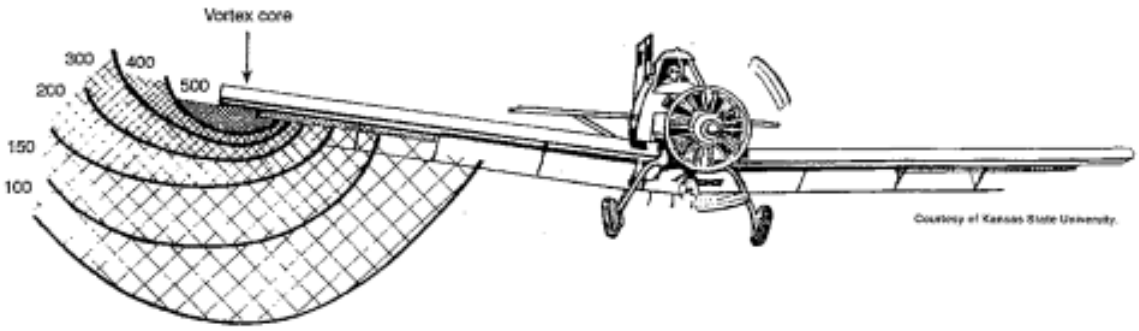


Figura 20: Variação dos vórtices de ponta de asa.

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.

Alguns efeitos aerodinamicos podem ocorrer no momento das aplicações, isso decorre principalmente pela altura de voo, tamanho de gotas, entre outros fatores (Figura 21).

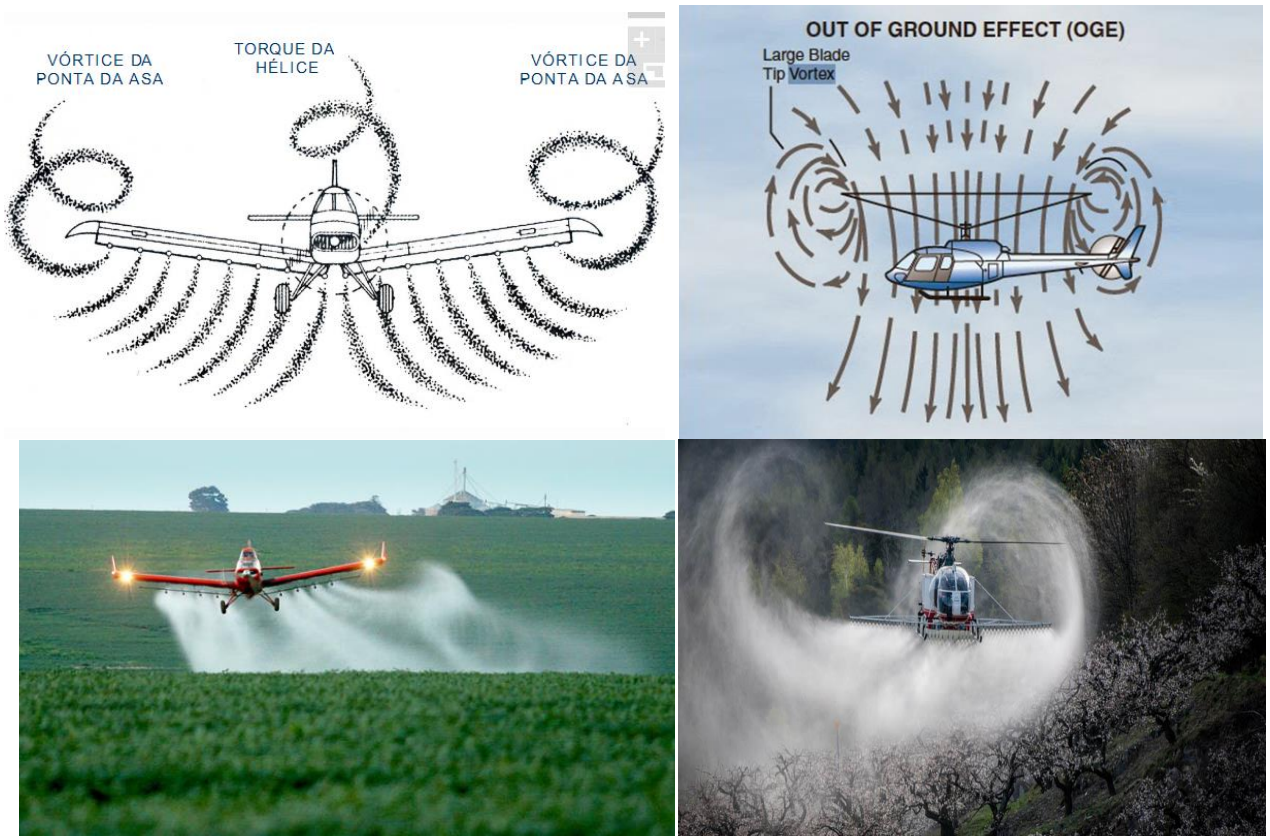


Figura 21: Efeito aerodinâmico das barras aerofólicas.

5.1.1 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.

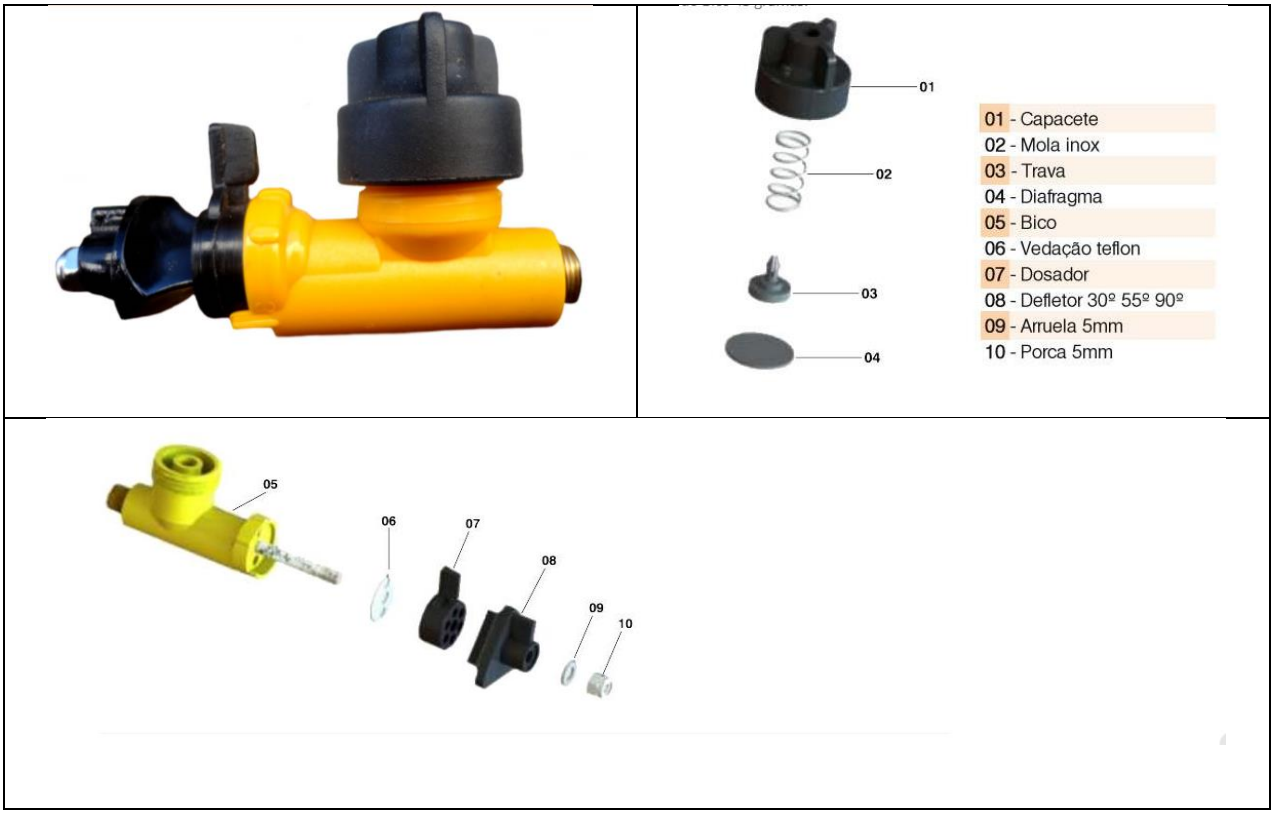


Figura 22: Imagem do Bico CP Stol. Fonte: www.stoll.com.br

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 22, item 08) e ajustar o tamanho de gota através da variação do Defletor, nas posições 30º, 55º e 90º (Figura 22, 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.

Tabela 5: Vazão dos Bicos CP 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

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 vôo.

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 23). 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 23. Esquema de montagem dos Bicos CP na Barra. Foto: Antuniassi & Boller, 2011.

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

Tabela 6: Vazão dos Bicos CP (Plástico)

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*

5.2 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 liquido 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 liquido 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 liquido 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. Normlamente, 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 24: 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 e, consequentemente, 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).

5.2.1 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 liquido 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. Na figura 25, vemos a instalação em uma aeronave.

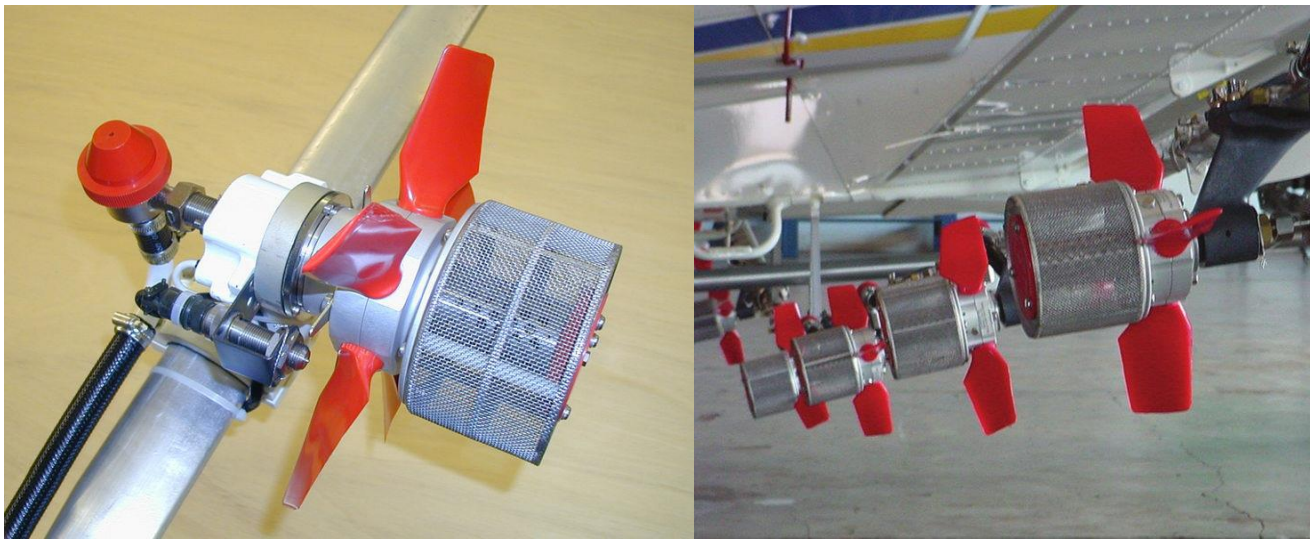


Figura 25: Instalação na barra de Micronair AU-5000 em aeronave. Fonte: Antuniassi & Boller, 2001.

5.2.2 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. Veja na figura 26A, abaixo, os componentes de um bico rotativo Micronair AU-5000 e na 27B um atomizador Stoll.

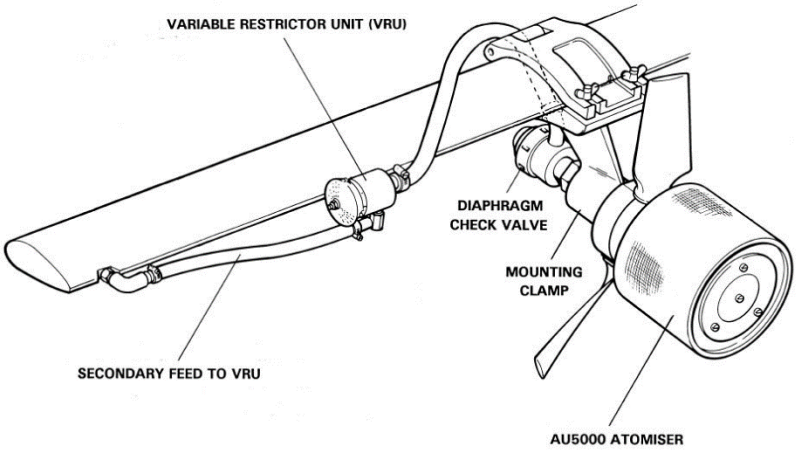


Figura 26A: Componentes típicos de um atomizador AU500. Fonte: Micronair 2022.

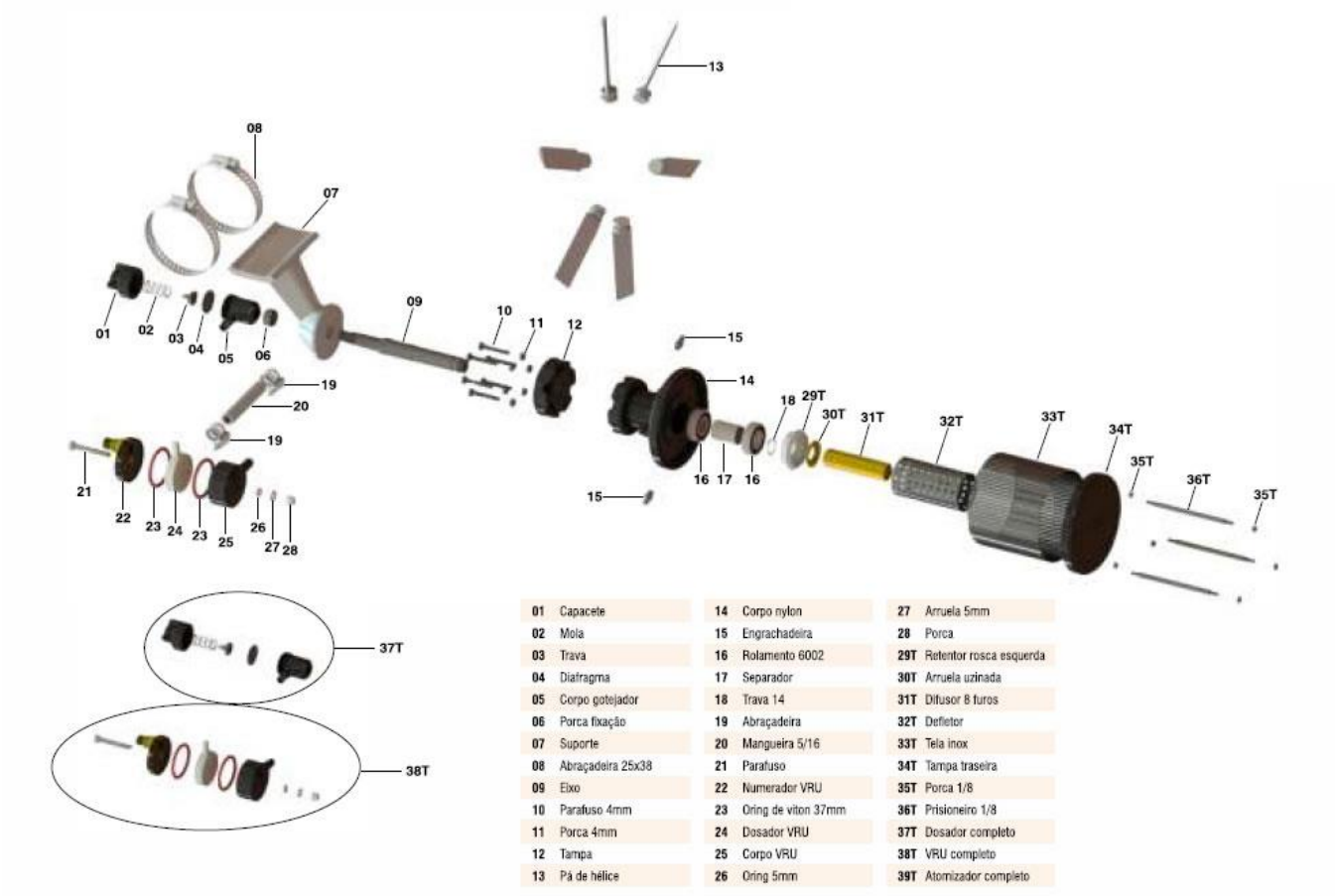


Figura 26B: Componentes típicos de um atomizador rotativo. Fonte: stoll 2022.

O cilindro (tambor) de tela ou de discos é o responsável pelo fracionamento do liquido 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 ítem 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).

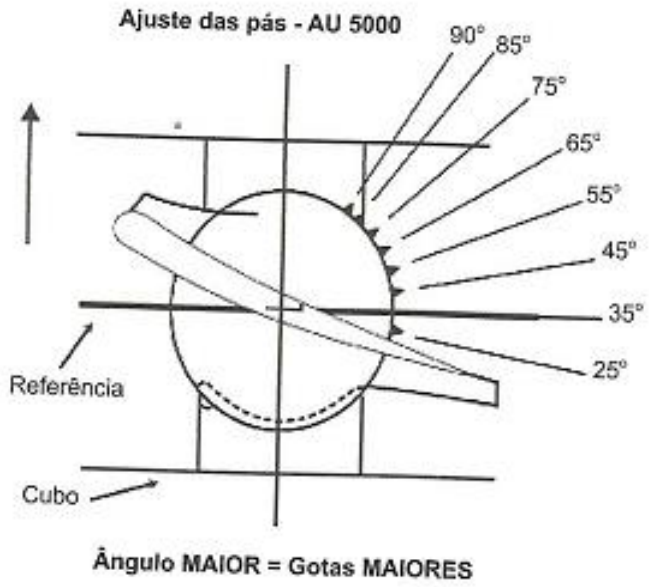


Figura 27: Ajuste do ângulo das pás – AU-5000. Fonte: Manual Micronair AU5000.

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 liquido 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 liquido 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 consequentemente, uma vazão diferente para o líquido.

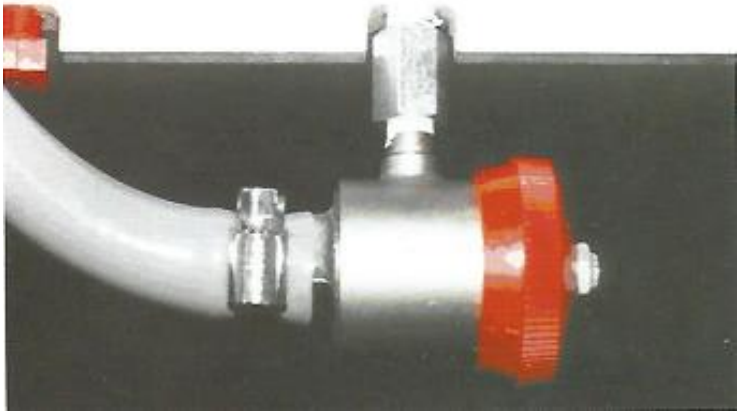


Figura 28: Unidade de restrição variável (VRU). Foto: Agrotec. Extraído de ANTUNIASSI & BOLLER, 2011.

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.

Tabela 7: Exemplo de vazões proporcionadas pelo VRU do modelo AU-5000.

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

Fonte: Manual do Micronair 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 90º no modelo AU-5000.

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

Tabela 8: Vazão do Atomizador de Disco Turboaero

DISCO Nº	ORIFICIO	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

6. Aplicação de sólidos

As aplicações de produtos fitossanitários na forma de pó seco (75% à 95% das partículas menores que 20 µm) estão sendo pouco usados devido às restrições ambientais, pela sua suspensão no ar nas condições de inversão térmica e alto potencial de perda causada deriva proporcionada por ventos acima de 5km/h. Entretanto, as formulações granuladas de herbicidas, iscas atrativas e fertilizantes, têm grande potencial de mercado para aplicação via aérea. Essas formulacões as permitem aplicações em condições climáticas menos restritas quando comparadas a aplicação via liquida, possibilitando maiores rendimentos das aeronaves por dia de trabalho, ja que os grânulos são mais resistentes a evaporação e deriva. Também apresenta grande mercado, reflorestamento e plantio atraves da aplicação de sementes, como nas culturas do arroz e pastagens.

No entanto, para uma boa aplicação de produtos sólidos, o preparo e o ajuste do equipamento de aplicação, deve levar muita atenção por parte dos operadores para evitar falhas nas aplicações. Então a avaliação da faixa de deposição e uniformidade de distribuição, são essenciais para diminuir as variações porventura existentes.

6.1 Aplicadores de materiais sólidos

Os materiais secos são dispensados de uma tremonha de avião por meio de um difusor montado abaixo da fuselagem. As paredes da tremonha devem ser inclinadas o suficiente para garantir um fluxo uniforme de material para o distribuidor. A tremonha deve ser ventilada adequadamente para garantir um fluxo mais uniforme, especialmente quando a tremonha e a porta de carregamento têm vedações herméticas.

A comporta que controla o fluxo de material da tremonha para o distribuidor deve se mover livremente, fornecer uma vedação apertada para evitar vazamento quando fechado e fornecer um uniforme fluir para todas as partes do distribuidor. Inspecione o portão frequentemente para se certificar de que não permite vazamentos.

Os sistemas de dispersão para aplicação de grânulos de produtos fitossanitários são principalmente distribuidores de ir ram para aviões e centrífugos ou distribuidores de fluxo de ar movidos a ventilador para helicópteros.

6.1.1 Tipos de Distribuidores

6.1.1.1 Distribuidor tipo venturi ou “pé de pato”

Para tal distribuição de particulas sólidas, os aplicadores tipo venturi são os equipamentos mais utilizados, principalmente em aeronaves de asas fixas. Distribuidores de aríete (venturi “pé de pato”) (Figura 29) são montados sob a barriga de uma aeronave em de forma que possam ser rapidamente removidos quando a aeronave deve voltar a pulverizar.

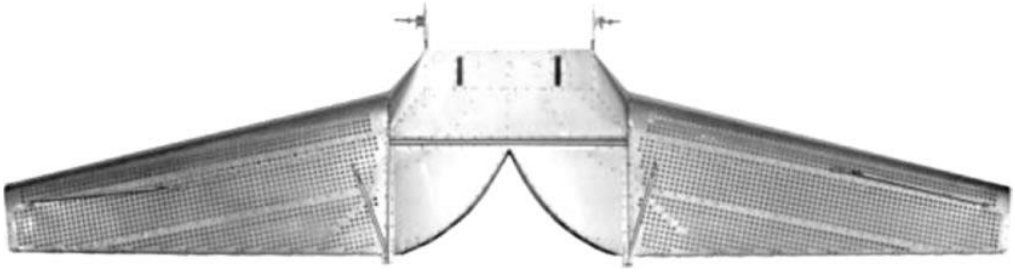


Figura 29: Aplicador tipo venturi “pé de pato”

A quantidade de material seco alimentado no distribuidor de ar comprimido é determinado pela abertura no portão de medição entre a tremonha e o distribuidor. Distribuidores de aríete têm palhetas internas que conferem uma velocidade lateral para o ar que entra na garganta do distribuidor. O produto caindo no interior do distribuidor é impleido para trás peo fluxo de ar e pelo formato e suas aletas dos canaisadiconam uma velocidade lateral de movimento de particulas que são espalhas para trás e para os lados. Essa aceleração de particuças é conseguida pelo fluxo de ar proporcionada pela velocidade de voo da aeronave. A velocidade do ar que entra no distribuidor é cerca de 10 a 40% maior que a de voo da aeronave.

Os tipos de distribuidores venturi pode variar de acordo com o tamaho e potência das aeronaves, sendo os maiores venturi destinados as aeronaves de turbina. A limitação dos Venturi se da pelo arrasto aerodinâmico e necessidade de potências maiores, deposições do produto na faixa com baixa uniformidade nas taxas acima de 150kg/ha ou vazão maior que 950 kg/min (Critofolleti, 2015).

6.1.1.2 Distrribuidor tipo aerofólico

De origem norte-americana, também chamado de “Swathmaster” esse tipo de distribuidor é recomendando para aplicação de particulas de diametros menores (<2mm) em doses baixas (5 a 10kg/ha), perfazendo faixas efetivas de 20 a 25 metros. Este distribuidor possui entrada semelhante aos venturi, mas seu corpo se estende lateralmente como duas asas, com a superficie superior vazada com orificios de tamahos que variam de acordo com o modelo, seu diferencial ao venturi se da pelos canais internos fixos para cada asa lateral. Devido o formato aerofólio e baixa pressão aerodinâmica na superficie superior, as particulas são sugadas para fora e para extremidade que também são abertas

6.1.1.3 Distribuidor Tetraédrico

De origem australiana, esse não é um distribuidor de canais fechados, mas uma superficie plana de espalhamento. As particulas saem do tanque, atinge a parte frontal do distribuidor, sendo repartida em duas partes por uma quilha invertida que diminui em altura no sentido de direção da traseira, assim as particulas são lançadas lateralmente em função da curvatura da quilha. Para uma boa eficiencia , a superficie superior desse distribuidor deve ser momtando com ângulo de ataque de 2 a 4 graus. Ângulos maiores podem fazer com que as particulas atinjam a bequilha e as superficies de comando da enpenagem. Devido seu formato, proporciona menor arrasto aerodinamico, permitindo maior velocidade operacional**.** Já para as taxas de aplicação, o distribuidor tetraédrico pode atuar em taxas que variam de 50 a 100 kg/ha perfazendo faixas efetivas de 20 e 15 m respectivamente. No Brasil, esse distribuidor foi produzido pelo Dr. Marcos Vilela de M. Monteiro com nome comercial de “Tetraer”.

6.1.1.4 Distribuidor de ar comprimido

Os distribuidores de ar comprimido podem espalhar o material uniformemente sobre uma gama limitada de taxas de aplicação. Quando muito grande uma quantidade de material seco é medida no distribuidor, o o distribuidor fica obstruído e menos ar é capaz de entrar na unidade. Uma grande quantidade de material seco entrando o distribuidor requer mais ar, não menos, para transportar o material através do distribuidor e alcançar uma ampla, faixa uniforme.

Os distribuidores de ar comprimido têm uma série de desvantagens, como como a faixa limitada de taxas de aplicação. Eles adversamente afetam o desempenho da aeronave por causa do alto arrasto carga resultante de serem inevitavelmente colocados no fluxo de ar de alta velocidade, embora alguns novos propagadores tenham menos arrasto do que a bomba e as barras produzem. Contudo, propagadores ram-air sobreviveram a uma longa lista de "novos, designs aprimorados ”porque são simples, versáteis, e com preços razoáveis e fazem um bom trabalho de espalhar materiais secos.

6.1.1.5 Distribuidor centrifugos

Distribuidores centrífugos comumente usados por helicópteros são unidades independentes com seus próprios funis. O unidade é suspensa do helicóptero por um cabo e gancho (Figura 30). As fiandeiras que o material seco é medidos são geralmente acionados por um motor hidráulico e, em alguns casos, por um motor a gasolina integral.

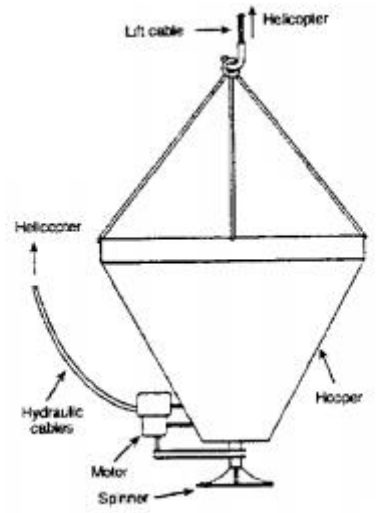


Figura 30. Distribuidor centrífugo para aplicação de materiais secos por helicóptero.

As unidades são controladas com cabos de controle hidráulico ou frequência de rádio. Normalmente, duas unidades independentes são usado para que o piloto possa espalhar com um enquanto o outro está sendo recarregado.

6.2 MONTAGEM DO DISTRIBUIDOR

O distribuidor deve ser montado de maneira a criar a menor turbulência possível, reduzindo o arrasto. Isso também permite o movimento do ar dentro dos canais na máxima velocidade, produzindo maior largura de faixa de deposição e maior faixa de opções de taxas de aplicação. O mesmo deve ser montado nivelado transversalmente sob a fuselagem. O ângulo de incidência (longitudinal) da superfície inferior do distribuidor deve ser tal que aumente o movimento de ar através dos canais. Normalmente, a conexão da parte frontal é fixa. A mudança do ângulo de ataque é feita normalmente subindo ou abaixando a parte traseira. Esse ângulo deve ser o mesmo ou pouco menor que o ângulo de ataque da superficie inferior (infra-dorso) da asa perto da sua raiz. O distribuidor deve ser colocado tal que a superfície da parede inferior do canal esteja entre O e 4 graus a mais na traseira que o ângulo de ataque da asa. Esse angulo de montagem é uma regra baseada na experiência e é dependenete da fuselagem, potência do motor e carga (Critofolleti, 2015).

Se a traseira do distribuidor esta muito baixa, o movimento das pareticulas pode ser reduzido, isso se da pela entrada de ar tuebulento na parte inferior, o que cria um arrasto extra. Ja se a traseira esta muito alta, existe a possibilidade de aumento da quantidade de materialmque atinge a bequilha. Durante a aplicação (voo cheio) é necessario que a empenagem da aeronave seja forçada apara baixo peça ação do profundor, aumentando assim o angulo de ataque da asa para produzir uma sustentação adicional. A medida que a carga vai diminuindo, esse Ângulo muda, mas sempre haverá um angulo de ataque para criar sustentação mesmo quanod o tanque esta vazio. Efeito de vacuo pode ser criado se o angulo do distribuidor for maior que 5 a 6 graus, para tanto, deve-se trabahar em angulo de ataque de 1 a 3 graus menor que o das asas (Critofolleti, 2015)

6.3 Parametros operacionais

Os principais parametros que devem ser levados em cosideração para uma boa aplicação de produtos sólidos, bem como uma melhor qualidade na distribuição das particulas e consequentemente maiores eficiencias de controle de pragas, distribuição de sementes, correção de solos, etc, são:

Altura de voo/aplicação: a altura da aplicação depende do tipo de distribuidor e do material a ser alicado, de maneira geral, para aplicação de granulos, trabalha-se numa altura de 10 a 12m. Para faixas de deposição maiores que 18m, necessitam de uma altura maior. A altura deve estar relacionada com o tempo de deslocamento do material aplicado, para que ocorra o deslocamento lateral das particulas antes de atingir o alvo. Em voos de 15 a 20m do alvo, é suficiente para maioria dos sistemas de distribuição e é recomendada mesmo em ventos mais fortes. Voar mais baixo para compensar o vento, normalmente causa pron´blemas com falhas na distribuição das particulas na faixa efetiva (Critofolleti, 2015).

A posição das rajadas de vento também é fator importante, ja que aplicações em vento de proa têm produzido faixas mais estreitas, concentrando as particulas no centro da faixa. Já com vento de calda, ocorre o inerso, a faixa obtida é mais larga com menor concentação no meio da faixa. As melhores faixas obtidas durante os voos, são aquelas onde ocorre deslocamento transversal do vento no sentido do voo (vento de través) de 45 a 90 graus.

Ja a velocidade do voo, temos os avioes a pistão e turbina, onde esse ultimo apresenta uma maior velocidade de voo. No entanto, diversos trabalhos tem mostrado que ha pouca diferença na qualidade e abertura das faixas produzidas por aeronaves a pistão e turbina. A maior velocidade de voo pode inicialmente propelir as particulas lateralmente em maior velocidade. Essa velocidade inicial maior é rapidamente vencida pela maior turbulencia proporcionada pela maior velocidade da aeronave, resultando assim, faixas semelhantes. No entanto, aeronaves turbo e radial apresentam melhor qualidade na uniformidade da distribuição das particulas na faixa efetiva (Critofolleti, 2015)

6.4 CALIBRAÇÃO

O equipamento de dispersão que você usa deve ser preciso e calibrado para realizar qualquer operação. Ao melhor piloto voando a melhor aeronave não consegue tratar adequadamente uma área se o equipamento dispensa a quantidade incorreta de material em um padrão variável. Calibração adequada não só ajuda a garantir um tratamento eficaz, mas também ajuda prevenir a deriva de produtos fitossanitários. Calibração inadequada, por outro lado, resultará em perdas econômicas, ineficência no controle e ate mesmo contaminação de ateas não alvo.

6.4.1 CÁLCULOS DE CALIBRAÇÃO PARA SÓLIDOS

O tipo de distribuidor, tipo de material granular, taxa por hectare e quantidade de faixa sobrepor todos afetam a precisão da calibração. Se uma dessas condições sofrerem alterações, deve-se repetir o procedimento de calibração. Para exemplo, o tamanho, forma, densidade e fluidez de um o material granular afeta a largura da faixa, aplicação taxa e padrão. Além disso, exceto em taxas baixas, largura de faixa é inversamente proporcional à taxa de aplicação; isto é, se você aumentar a taxa, você diminui a largura de faixa.

Para a determinação da taxa de aplicação (kg/ha), três parâmetros precisam ser levados em consideração: velocidade de voo da aeronave, vazão do equipamento e larguma da faixa aplicada em metros.

Velocidade de voo é o parametro mais fácil de ser determinado, uma vez que depende da verificação do piloto em voo, necessitando de atenção apenas nas variações da velocidade em carga cheia e vazia, sendo assim, a média das velocidades deve ser levantanda para a determinação da taxa de aplicação ideal, com o minimo de variação durante as aplicações.

Para a vazão do equipamento, o procedimento segue duas fases distintas. Primeira, determinação estática, com aeronave no solo e motor desligado e a segunda etapa que é a confirmação e ajuste do voo em area conhecida, uma vez que a descarga do produto em voo é frequentemente maior. Com o teste estatico é possivel estimar a abertura para vazão pretendida e abertura minima para obter fluxo constante durante o voo.

Para a determinação da vazão em solo, a aeronave de ser colocada em posição de voo, com elevação da calda em relação à posição de pouso, em seguida seguir os seguintes passos: 1- medir a abertura no dispositivo de regulagem da vazão e marcar dentro da aeronave a respectiva posição da alavanca de acionamento; 2- colocar o porduto no tanque, de forma que ocupe pelo menos a metade da capacidade nominal do tanque; 3- abrir o tanque na posição previamnete determinada da alavanca, deixando o porduto cair por gravidade, durante um determinado periodo de tempo, deixando no taque pelo menos 20% do volume inicial. A coleta deve ser feita em lona de plastico e em seguida pesada. A vazão é calculada utilizando a seguinte formula:

Vazão (kg/min) = [peso do produto coletado (kg) x 60] / tempo de coleta (s)

4- repetir o procedimento em mais duas ou até três aberturas diferentes para se ter dados suficientes para elaboração de uma tabela ou grafico de vazão, a exemplo da tabela X.

Tabela 9: Determinação da vazão estática com três pontos de abertura.

Abertura (mm)	Tempo (s)	Peso coletado (kg)	Vazão (kg/min)
25	24,3	96	237
35	12	101	505
45	8,7	110	769

Para a determinação da vazão em voo, deve-se colocar um peso conhecido de produto no tanque, ocupando pelo menos metade do tanque, em seguida, realizar um voo em um intervalo de tempo (sem esgotar o produto), acionando o dispositivo de regulagem com a alavanca na posição anteriormente determinada, após a aplicação, pousar e pesar o produto restante. Vale salientar que nesa fase, o distribuidor deve estar instalado e o piloto deve voar nas condições de aplicação. Para chegar na vazão, é realizada a diferença entre o peso iniciale final após a aplicação, utilizando a seguinte formula:

Vazão (kg/min) = [Peso do produto gasto no voo (kg) x 60] / tempo de voo (s)

Caso haja diferença entre a vazão registrada e a vazão necessária, ajustar adequadamente a abertura do dispositivo da regulagem e fazer um novo teste.

7. Faixa de Deposição

Independente 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 vôo, 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.

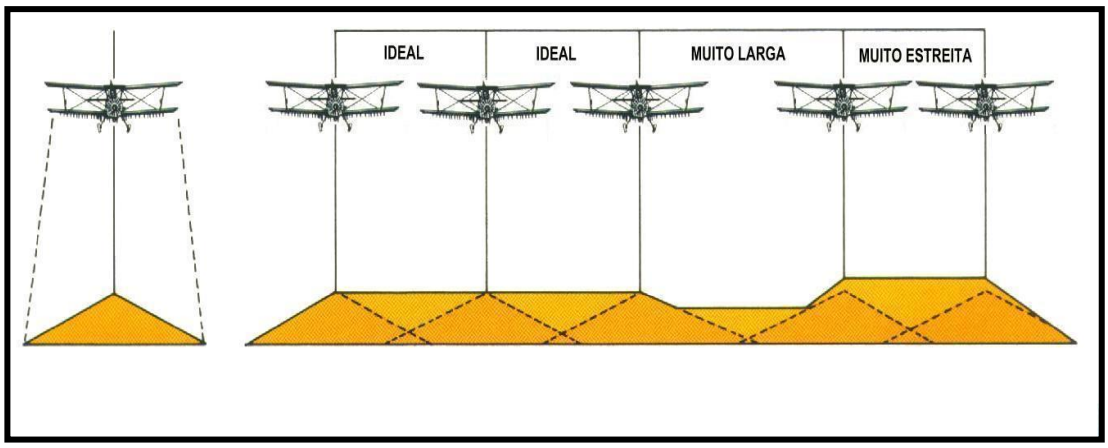


Figura 31: Faixa de Deposição de aeronaves.

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

Tabela 10: Larguras de faixa de aplicação usadas por aeronaves Ipanema, equipadas com atomizador AU-5000. Fonte: AGROTEC.

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

7.1 Availação da qualidade da faixa de deposição

O maior mito é que aplicação aérea sempre irá afetar algo ou alguém (matar abelhas, por exemplo). Uma pequena parcela da sociedade acredita que sempre haverá deriva nas aplicações. No entanto, isto não é verdade.

Uma aplicação que segue as boas práticas, respeitando as condições ambientais no momento da aplicação, altura de voo e o tamanho adequado das gotas, pode eliminar os riscos de deriva. Por isso, é preciso sempre educar os envolvidos no processo por meio de treinamentos. O diálogo entre as usinas, as empresas de aviação e os vizinhos também é de suma importância.

Por exemplo, se o vizinho for apicultor e se uma aplicação de inseticida for realizada, havendo comunicação entre as partes, muitas estratégias podem ser tomadas para não ocorrerem problemas. Existem até mesmo aplicativos que facilitam o diálogo e a localização das colmeias (www.projetocolmeiaviva.org.br), que muitas vezes estão bem próximas aos canaviais, em locais de difícil visualização pelo piloto

Durante as últimas décadas, grandes esforços têm sido feitos por parte da academia (universidades) e empresas privadas para melhorar a segurança e qualidade das aplicações. Ainda assim, algumas dúvidas são comuns nas aplicações. Dentre elas: como escolher corretamente os modelos de pontas hidráulicas e atomizadores rotativos? Como fazer a regulagem do tamanho de gotas? Outro assunto que gera muita dúvida é a

determinação da largura ideal da Faixa de Deposição (FD), que é a distância entre uma passada e outra da aeronave que, se bem feita, pode trazer maior rendimento e qualidade na aplicação.

“A determinação da FD sempre foi uma tarefa muito trabalhosa, devido à grande quantidade de tempo e de recursos necessários para o uso de sistemas convencionais como os papeis hidrossensíveis. A cerca disso, a Alvo Consultoria trouxe dos EUA uma ferramente que de forma eficiente avalia a qualidade de deposição de gotas na faixa, melhorando assim a qualidade das aplicações aéreas.

Na prática, a Clinica de Aplicação aérea avalia a deposição de gotas na faixa, onde uma linha é posicionado no sentido de voo de proa da aeronave. Corante não tóxico é adicionado no hoper da aeronave, e após algumas passadas, a linha é recolhida e a mesma passa por um processo de leitura em um espectrofotometro. Após as leituras das passadas, é computado a deposição das gotas pelo software, bem como o coeficiente de variação das distribuição das gotas na faixa de aplicação. A figura XXXX mostra o sistema de avaliação da deposição das gotas na faixa pelo método de espectrofotometria por fio.

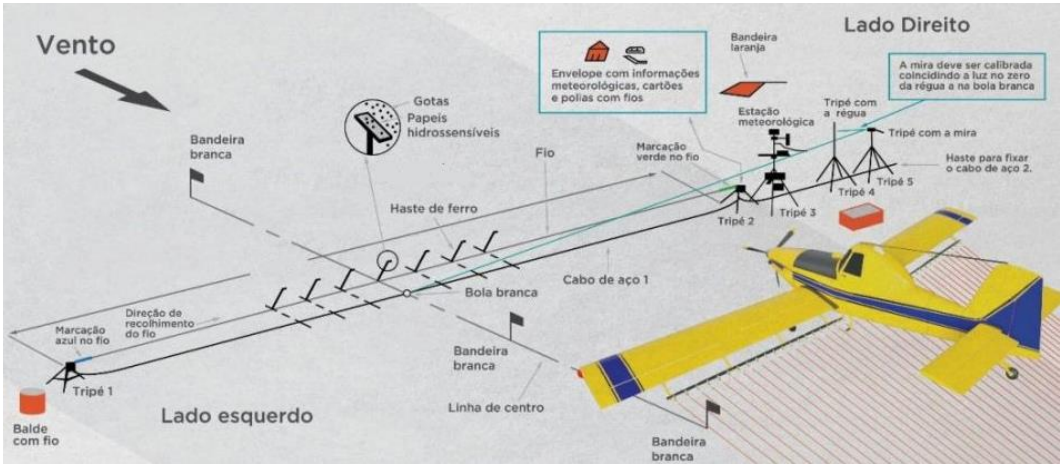


Figura 32: Padrão de avaliação da deposição de gotas na faixa efetiva de aplicação.

A partir dos resultados obtidos pela Clinica de Aplicação Aérea é possivel realizar um novo posicionamento dos bicos nas barras, manutenção do equipamento (entupimentos e/ou vazamentos) ou largura da faixa aplicada, chegando assim ao CV% desejavel. Melhorando assim o rendimento operacional das aeronaves, possibilitando aplicações mais seguras e aproveitando os melhores horários do dia.

7.2 Faixa de deposição na aplicação de produtos sólidos

A largura da faixa efetiva depende de muitos fatores. Quando muda a taxa de aplicação, a largura da faixa efetiva também é alterada. Quando a taxa de aplicação aumenta, a largura da faixa efetiva diminui. Uma regra geral utilizada nos Estados Unidos da América para a maioria dos sistemas é uma alteração de aproximadamente 1 metro na largura da faixa efetiva para cada 25 kg/ha de aumento ou diminuição. Por exemplo, se a melhor faixa efetiva para uma aplicaçã de 100 kg/ha é 18 metros, então a melhor largura de faixa para 125 kg/ha será provavelmente de 17 metros aproximadamente. Essa relação tem funcionado muito bem para distribuidores de entradas mais amplas (dispositivos de regulagem ou “gate box” de 96 a 104 cm). Essa relação de mudança pode ser próxima de 0,5 metros para cada 25 kg/ha quando usando distribuidores com “gate box” de 64 cm de largura.

Essa relação funciona bem até o distribuidor atingir um ponto de plena carga. Quando o distribuidor atinge a sua capacidade máxima, pode ocorrer um efeito de pulsação ou sobrecarga devido ao entupimento. A taxa de aplicação máxima a ser usada na prática será sempre um valor abaixo da ocorrência desse fenômeno. Se for necessária uma taxa maior, deve ser usada uma calibração menor e a aplicação deve feita com uma faixa de deposição menor que dará uma deposição uniforme. Por exemplo, será for necessária uma taxa de 200 kg/ha a abertura do dispositivo de regulagem deve ser ajustado para 100 kg/ha e a aplicação, feita com a metade da faixa utilizada para essa taxa. Esse procedimento normalmente chamado de “voo duplo" ou “voo dobrado". O tempo de voo para esse procedimento é realmente maior, mas resulta em uma aplicação muito mais uniforme.

No entanto, alguns operadores teem utilizado metade da taxa de aplicação, porém, mantendo a faixa total, depois de completarem a area, retornam ao ponto inicial e aplicam novamente. Para tanto, a aplicação pode ser realizada de três maneiras: 1- seguir o mesmo alinhamento da primeira aplicação; 2- passar entre o centro das faixas da primeira aplicação e 3- voar a 90 graus da primeira aplicação. Todavia, as três modalidades de aplicação apresentam aplicações menos uniformes (Critofolleti, 2015).

7.2.1 Determinando a largura efetiva da faixa de deposição de produtos sólidos

O resultado eficiente da aplicação vai depender do ajuste dessa largura. É um compromisso em se obter a faixa a mais larga possível, com distribuição uniforme para não ter falhas na aplicação. Para isso é importante realizar os ajustes possíveis no equipamento para ter uma deposição apropriada. É muito comum os operadores fazerem avaliações visuais da distribuição dos produtos sobre a superfície do solo (principalmente com fertilizantes granulados), buscando encontrar alguma irregularidade para reajustar o distribuidor ou alterar a largura da faixa. Essa avaliação é falha; é necessária uma avaliação cuidadosa da deposição partindo-se do estudo da faixa de deposição de uma passada da aeronave procedimento que não é muito difícil, mas requer uma infraestrutura adequada.

-Recipientes de coleta: podem ser baldes ou caixas, com a abertura superior de 0,25m^2 ou maior, (para fornecer uma amostra representativa da deposição) e que não permitam que as partículas do produto, caindo no ser interior, saltem para fora. Colocação dos recipientes para a coleta: os coletores devem ser colocados em uma linha reta perpendicular a linha de voo da aeronave. O espaçamento entre os coletores nessa linha de amostragem não deve ser maior que 1m. Os coletores devem ser em número suficiente para que restem alguns deles sem produto nas duas extremidades.

-Direção de voo: a aeronave deve passar sobre o ponto central da linha de coletores, o coletor central deve ser devidamente identificado com uma bandeira. O voo deve ser feito em condições de vento não superior a 16 km/h, com a aeronave voando com o vento de frente ou no máximo com um ângulo de 15 graus. Em condições de vento limite, devem ser feitos voos nos dos sentidos (vento de frente e de cauda) para a verificação de possíveis diferentes causadas por essa variável. O equipamento deve ser aberto pelo menos 100 metros antes e ser fechado 100 metros após a linha dos coletores.

-Passagem do material coletado: deve se usar uma balança com precisão de 0,1grama. O resultado de cada coleta deve ser transformado em kg/ha, usando se a seguinte fórmula.

Deposição (kg/há) = [Peso da coleta (g) x 10^5] / Área de captação do coletor (cm^2)

Determinação da faixa de deposição real: com os dados de cada ponto de coleta, é feito um gráfico que mostra como o material está distribuído ao longo da faixa total. Essa faixa é chamada de “faixa de deposição reaç” é a extensão máxima atingida pelas partículas emitidas pelo equipamento. Esse gráfico mostra possíveis falhas ou excessos ao longo da

faixa e que devem ser eliminados através do ajuste das lâminas móveis existente na entrada e saída do distribuidor. A deposição ideal teria o formato de um triângulo com o vértice na linha central da faixa (figura 33).

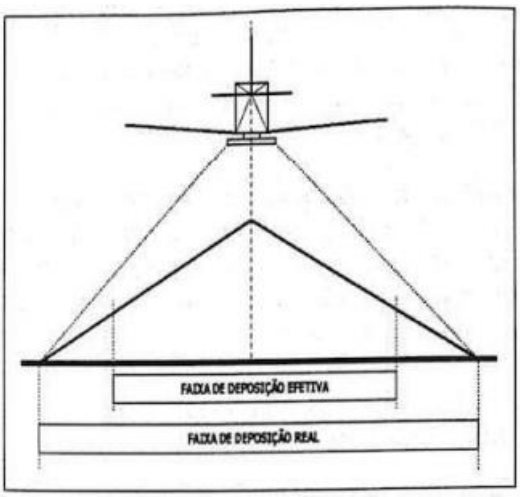


Figura 33: Representação esquemática da Faixa de Deposição Real e da Faixa de Deposição Efetiva.

-Determinação da Faixa de Deposição Efetiva: A distancia entre as passadas sucessivas que a aeronave deverá fazer por sobre a área a ser tratada será menor e é chamada de "Faixa de Deposição Efetiva" ou "Faixa de Aplicação", de maneira que a sobreposição das extremidades das faixas proporcione um resultado o mais uniforme possível.

-Calculo da Taxa de Aplicação: Com a obtenção dos valores da velocidade de voo (mpH), vazão real do equipamento (kg/min) e largura da faixa efetiva (metros), calcula-se a taxa de aplicação (kg/ha) com o uso da seguinte fórmula:

Taxa de Aplicação (kg/ha) = [Vazão (kg/min)] + [Velocidade de Voo (MPH) x Faixa Efetiva (m) x 0,00268]

A determinação da largura da Faixa Efetiva é feita pela análise da uniformidade de distribuição resultante da Faixa de Deposição Real pelo calculo do Coeficiente de Variação (C.V.), através de fórmula estatística. O CV é definido como o desvio padrão da dosagem total coletada, divido pela dosagem média. Esse termo não dimensional (usualmente expresso em porcentagem) é usado como um guia quando se discute a uniformidade da distribuição dos produtos sólidos na faixa.

Valores menores de C.V. indicam deposições mais uniformes, sendo C.V.=0% uma uniformidade perfeita o que não existe em condições de campo (Monteiro, 2015). Deve-se verificar qual o limite máximo permitido para a variação na deposição final e, então verificar qual é a faixa de deposição efetiva que atende a esse limitie. Como regra geral, o valor máximo aceitável para o coeficiente de variação é 15%. Muitos equipamentos têm sido ajustados para a obtenção de até 10%. Aplicações com C.V. maiores podem causar falhas visíveis nas culturas e também perdas na produção. No caso específico de fertilizantes, Radley (1998) comentou uma tabela publicada por Holmes (1968), que diz: “somente quando o coeficiente de variação eleva-se acima de 25% é que ocorrem perdas significativas na produção.

A determinação do coeficiente de variação é feita pela simulação em computador ou papel milimetrado de passadas sucessivas, em distâncias pré-determinadas, a partir da faixa de deposição real. Os valores de cada deposição individual devem somados em cada ponto de sobreposição . A simulação de três passadas é suficiente para a determinação da uniformidade. O Coeficiente de Variação é calculado com os valores obtidos entre as linhas centrais da primeira e da terceira passadas (Monteiro, 2015).

Esse exercício deve ser feito também com a faixa de deposição real na posição invertida, simulando os voos paralelos, porém em sentidos alternados, como ocorre na maioria das condições reais de aplicação (Monteiro, 2015). Como na grande maioria dos casos a faixa de deposição real tem formas não simétricas (distúrbio de meio de faixa), é importante que esse exercício seja feito, até mesmo para se ter a opção entre os dois tipos de voo, no mesmo sentido ou sentidos alternados.

O ponto crítico da desuniformidade vai aparecer sempre nos pontos da passagem da aeronave. Esse tipo de desuniformidade deve ser corrigido ou minimizado através do ajuste do equipamento. Outro tipo de ocorrência na forma da faixa de deposição real é chamada “faixa simétrica deslocada”, isto é, embora tendo um formato triangular, o ponto de máxima deposição esta fora da linha central de voo. Isso pode ocorrer quando o distribuidor espalha o material a maior distancia de um lado do que do outro.

Cada método de aplicação produz curvas com formas características com um ou dois pontos de mínimo valor do coeficiente de variação. A largura da faixa de deposição efetiva a ser escolhida através desses gráficos deve-se a mais larga onde ocorre o menor valor do coeficiente de variação, ou ainda, para se atingir o valor limite, se este é

estabelecido como máximo de 15% a 20%. Se as faixas de deposição reais apresentarem formas não simétricas (mesmo após os ajustes do distribuidor), o método de aplicação com voos sempre no mesmo sentido irá produzir um resultado melhor (Monteiro, 2015).

Quando a desuniformidade é do tipo “distúrbio do meio de faixa”, ambos os métodos de voo produzirão praticamente o mesmo resultado e a variação ocorrerá sempre ao longo da linha central do voo. Para a faixa de deposição real do tipo “simétrica deslocada”, os voos em sentidos alternados produzirão as sobreposições do tipo “esquerda com esquerda” e “direita com direita”, resultando em ambas aplicações com sub-doses. As desuniformidades ocorrerão sempre entre as linhas de voo. Para esse tipo de ocorrência, o melhor método é o de voo sempre no mesmo sentido (Monteiro, 2015).

8. Estudo dos Alvos (pragas, doenças e plantas daninhas)

Com o advento da agricultura moderna principalmente pós Segunda Guerra Mundial, o controle de pragas, doenças e ervas daninhas se tornou cada vez mais dependente das novas tecnologias, em particular nas áreas de Produtos químicos, Tecnologia de Aplicação, Entomologia, Fitopatologia e Fisiologia Vegetal.

Pragas, doenças e plantas daninhas que atacam plantas cultivadas sempre foram motivo de preocupação e em algumas situações provocaram e provocam calamidades de grande proporção trazendo fome e destruição quando ocorrem em caráter epidêmico (Monteiro, 2015).

Considera-se “ALVO”, a praga causadora dos danos materiais e o microambiente no qual ela nasce se desenvolve e se move. Ha exempo, a *Helicoverpa armigera* no mundo, ocasiona anualmente perdas econimicas acima dos US$ 2 bilhões, devido aos danos causados em diversas culturas, excluindo custos socioeconômicos e ambientais (Tay et al., 2013)

Os tratamentos fitossanitários evoluíram com a evolução das formulações dos produtos fitossnitários, maquinas modernas e tecnologias de ponta, mas um aspecto pouco estudado é a relação entre as características das gotas utilizadas e os alvos a serem atingidos.

O primeiro passo para se ter sucesso em um tratamento fitossanitário é conhecer as características morfológicas, fisiológicas, estruturais e epidemiológicas dos alvos e no caso de deposição nas folhas para um controle por contato ou por via sistêmica, o formato, a

constituição da epiderme, pilosidade, disposição nos ramos que depende da arquitetura da planta, estagio de desenvolvimento e posicionamento na planta, etc.

O conhecimento das características dos alvos é fundamental para o sucesso de um tratamento fitossanitário. Grande parte dos insucessos se deve ao fato de que as gotas pulverizadas não apresentam maior eficiência biológica ou não atingem os alvos por falta dos conhecimentos em Tecnologia de Aplicação por parte dos técnicos e operadores envolvidos, ou por deficiência dos equipamentos utilizados.

8.1 Caracteristicas das Pragas Agrícolas

As pragas dos cultivos agrícolas pertecem ao reino animal e em sua maioria são animais do reino Insectae ou Aracnídae (insetos ou ácaros) que aumentam a sua população de forma epidêmica pela falta de controle eficiente por parte dos inimigos naturais, que por algumas vezes são destruídos pela ação do homem através de práticas culturais mal orientadas, como o fogo, aplicação indiscriminada de inseticidas não seletivos, e o cultivo de espécies vegetais que são hospedeiros naturais de pragas das principais culturas.

Em uma mata virgem o equilíbrio biológico é mantido por centenas de espécies vegetais e milhares de espécies animais entre eles os insetos e acaros. Ao destruir o ecossistema original e implantar uma só espécie (monoculturas), ocorre o desequilíbrio biológico/ecologico. As moléculas desenvolvidas para controlar insetos através de variados processos de bloqueios de enzimas, têm também o potencial de prejudicar ou apresentar efeito letal numa gama de outros individuos não alvo.

De forma geral, um organismo se torna uma praga devido à falta da biodiversidade em grandes áreas com uma única cultura. Na maioria das regiões agrícolas, uma cultura é cultivada no verão e outra no inverno, em um mesmo ano agrícola. Os restos vegetais das culturas principais, como a soja, não têm tempo para serem decompostos pelos organismos do solo. É assim que as pragas se mantêm na área de cultivo. Quando as culturas hospedeiras são inseridas, na ausência de inimigos naturais, estes organismos aumentam sua população. A partir daí, causam prejuízos à cultura.

Temperatura e umidade também podem fazer um organismo se tornar praga. Esse é o caso de ácaros e pulgões, muito favorecidos por períodos secos. Períodos muito úmidos e quentes podem favorecer a reprodução dos insetos, acelerando seu ciclo de vida. Além disso, podem ser favoráveis a determinadas doenças de plantas.

Os estagios para um inseto se tornar praga são: 1- Infestação inicial - ocorrência de focos iniciais; 2- Disseminação rápida dos insetos na área; 3- Infestação generalizada; 4- Ponto de dano e 5- Comprometimento da produção.

A adaptabilidade e a taxa de multiplicação dos insetos é grande e rápida. Insetos que antes não eram considerados pragas de culturas econômicas, podem se tornar sérios problemas em poucos anos. Mais de 150 espécies de insetos, atacam culturas em países próximos do Brasil são considerados ameaças fitossanitárias à nossa agricultura.

Os insetos e ácaros têm uma capacidade extraordinária de se multiplicar através de grandes posturas de ovos em curto espaço de tempo. Uma mosca branca por exemplo põe 200 ovos e a Helicoverpa 3.000 ovos em um ciclo de 30 a 45 dias e mesmo, com as perdas naturais, se não for controlada pode destruir uma cultura em um curto espaço de tempo. Isso pode ser observado na tabela de pressão de população abaixo.

Tabela 11: Pressão de população e ciclo de ovipostura

Pragas	Ciclos (dias)	Ciclo por mês	Ovipostura (ovos/fêmea)	Fator de pressão
Lagarta rosada	30-40	1	200	200
Curuquerê	30-40	1	500	500
Lagarta das maçãs	30-40	1	1000	1000
Helicoverpa sp.	30-40	1	3000	3000
Spodoptera sp.	12-15	2	1000	1000000
Bicudo	15-20	2	240	57600
Pulgão	10	3	100	1000000

O fator de pressão é obtido pela seguinte formula:

$$FP = O^{CM}$$

Onde FP = fator de pressão, O = ovipostura (ovos por fêmea) e CM = ciclos por mês.

Outro fator que influencia na disseminação de pragas é rapida movimentação dos insetos por fatores de mecanismos naturais, como vento, chuva, animais e vetores, atingindo distâncias intercontinentais, em poucos dias conforme se observa em estudo realizado na China, onde mariposas traçadas com alimentação radioativa foram liberadas na direção do vento predominante e recapturadas a 1.100 quilômetros de distância 23 dias após a soltura.

Os insetos apresentam uma caracteristica de rapida adptação ao ambiente sob condições adversas de alimentação, clima e também aos tratamentos químicos atraves da resistência adquirida as moléculas químicas. Até então a recomendação de controle químico era quando o inseto atingisse o estágio 4 (ponto de dano), no entanto devido a rapidez da reprodução e voracidade de algumas especies, como a *H. armigera,* o controle passou a ser realizado no estágio 2 (Disseminação).

8.1.1 Seletividade

Algumas espécies de insetos e ácaros são hospedeiros obrigatorios de certas culturas de impacto econômico e por isso o seu nome vulgar está ligado àquela determinada cultura como a lagarta rosada do algodoeiro, o ácaro da ferrugem dos citrus, a lagarta do cartucho do milho, etc. Outras pragas são polifagas e se adaptam a vários tipos de culturas em função da necessidade de alimento, como a lagarta militar, pseudoplusias pulgões, gafanhotos, etc, um exemplo de alta polifagia é a *H. armigera* que ataca mais de 200 especies de plantas pelo mundo.

8.1.2 MIP

O maior problema que as pragas apresentam atualmente é o rápido desenvolvimento de resistência as moléculas químicas utilizadas para seu controle. Em realidade, apenas o controle químico não é suficiente para controlar algumas pragas das culturas econômicas, havendo necessidade da adição de varias técnicas no processo de controle através do Manejo Integrado das Pragas (MIP). Os piretróides, por exemplo, desenvolvidos 40 anos atrás, se apresentaram como uma grande alternativa no controle químico de pragas, hoje já enfrentam o problema de resistência de várias espécies, inicialmente controladas por eles, com grande eficiência (Monteiro, 2015).

No campo o homem está tendo serias dificuldades para o manejo das pragas agrículas, usando cada vez mais produtos químicos e com resultados cada vez menos satisfatórios, restando como única alternativa a adoção do MIP, que reúne um conjunto de técnicas de grande eficiência no controle dos insetos. Além do controle químico o uso cada vez mais intensivo dos inseticidas biológicos, variedades resistentes, vazios sanitários, rotação de culturas, entre outras técnicas, são alternativas viáveis aconselhadas pelo MIP.

8.1.2.1 Papel da amostragem no MIP

A amostragem é um aspecto fundamental para o desenvolvimento de programas de MIP, sendo fundamental nas etapas de avaliação do ecossistema como para o monitoramento visando a tomada de decisão sobre a necessidade ou não de controle da praga e quando intervir no agroecossistema. Existem várias técnicas de amostragem, mas a método deve ser rápido, simples de executar, fornecer uma avaliação o mais próximo possível da situação real e ser facilmente correlacionável com os objetivos a serem alcançados.

No MIP, tanto estudos intensivos como extensivos são fundamentais. Estudos intensivos envolvem observações contínuas de uma população numa mesma área, permitindo elaborar tabelas de vida (sobre estágios sucessivos de desenvolvimento) ou determinar os fatores que causam as maiores flutuações no tamanho da população e aqueles que a regulam, apresentando geralmente objetivos mais específicos, como determinação da taxa de parasitismo, taxa de dispersão, etc., geralmente nestes casos os níveis de precisão requeridos são maiores. Estudos extensivos são voltados para distribuição de espécies de insetos ou para predizer danos, bem como para a aplicação de medidas de controle.

Em qualquer caso, o esquema de amostragem deve ser definido de forma criteriosa, desde a escolha da unidade amostral, do número mínimo de amostras, da distribuição espacial do inseto na cultura, tipo de caminhamento, custo, eficiência das armadilhas e o nível de precisão requerido para a tomada de decisão para controle ou não dos inseto praga.

8.2 Caracteristica das Doenças de plantas

As doenças controladas via aplicação aéreas são resposnsáveis por causarem infecções nos tecidos vegetais das plantas, causando assim serios danos na culturas, resultando em prejuizos econômicos. Fungos e bactérias são os principais agentes causadores de doenças nas culturas. Os fungos e bactérias têm tamanhos que variam de 5 a 20 micra (1 micra = 1 milésimo de milímetro) e não se movimentam a não ser por força dos mecanismos naturais como chuva, vento, orvalho e insetos ou pela ação do homem, com uso máquinas e implementos agrícolas que possa aumentar a disseminação dos esporos de fungos e bacterias.

Por sua vez os fungos só penetram nas folhas através dos estômatos, que são células diferenciadas, 85% delas situadas na parte inferior das folhas das plantas. Só iniciam o processo de germinação quando há um filme de água por algumas horas na superficie da folha onde eles se encontram. Os estágios de ataque de uma doença são:

-1 Esporulação: É o estágio de liberação dos esporos através da parte superior ou inferior das folhas, ocorrem através das “pústulas”. Uma pústula da ferrugem do café pode liberar em um ciclo (15-20 dias) cerca de 120 a 150 mil esporos, enquanto que uma pústula da ferrugem da soja libera em um ciclo (6 a 10 dias) cerca de 12 a 14 mil esporos.
-2 Disseminação: Liberados, os esporos são levados pelo vento, orvalho, chuvas e pelos vetores naturais, maquinas e implementos agrícolas e se depositam na parte superior ou inferior das folhas. Se a folha estiver tratada com um fungicida de contato, o esporo se contaminará com o fungicida, que o controlará por ocasião da germinação, que se dará quando houver um filme de água por um determinado número de horas, a uma temperatura adequada. O fungicida tem que estar presente na folha em uma quantidade mínima necessária para controlar o esporo, que corresponde à quantidade recomendada pelas fabricantes de produtos químicos. Com o passar dos dias, o orvalho dilui os fungicidas e diminui sua concentração no alvo até reduzir totalmente sua eficiência (uma noite de orvalho equivale a uma aplicação de 1.000 a 1.500 litros de água por hectare).
-3 Penetração: Se o esporo tiver água suficiente na superfície da folha, ele começa o processo de germinação emitindo um longo tubo de membrana bem fina à procura de um estômato para penetrar na folha. Nesse estágio ele é extremame vulnerável aos fungicidas de contato porque o tubo germinativo é grande e sua membrana é permeável, facilitando a penetração do fungicida.
-4 Colonização: Penetrando na folha ele passa a se alimentar das células internas e se multiplicar destruindo os tecidos da planta, desenvolvendo o seu corpo de frutificação. Se houver uma concentração adequada de fungicida sistêmico na seiva da folha ele inibirá o desenvolvimento da colônia na fase de colonização, impedindo a formação de esporos. Sem a ação dos fungicidas a colônia completa seu ciclo, emite novos esporos e os libera na atmosfera, voltando à fase de esporulação.

Para um controle químico adequado de doenças é, portanto muito importante uma excelente cobertura de gotas nos alvos, com quantidade adequada de principio ativo (microgramas por centímetr quadrado), em uma formulação que diminua à lavagem pela

chuva e orvalho, ou com adição de adjuvantes ou óleos que aumentem a aderencia dos principios ativos nas folhas.

As formulações em óleos minerais ou óleos vegetais são as mais adequadas para o controle de doenças, porque resistem melhor à lavagem dando mair durabilidade ao fungicida nas folhas das plantas melhorando a sua capacidade de penetração.

8.3 Caracteristica das plantas daninhas

Como os fungos as plantas daninhas pertencem ao reino vegetal, mas são vegetais superiores, por isso os herbicidas usados para o seu controle. Os alvos neste caso são folhas, e dependendo da espécie de planta a ser controlada, algumas apresentam caracteristicas peculiares como: alta pilosidade e cerosidade tendo assim alta repelência a água, necessitando de adjuvantes ou formulações oleosas para poderem levar os princípios ativos dos herbicidas para dentro do sistema vascular da planta.

O manejo das plantas daninhas nas culturas agrícolas pode ser realizado de duas maneiras:

1. Pré - Emergência
1.1 - Em relação à cultura
1.2 - Em relação a erva daninha

2. Pós - Emergência
2.1 - Em relação à cultura
2.2 - Em relação a erva daninha

Os controles mais comuns são pré-emergência total e pós-emergência em relação às ervas daninhas e culturas, para eliminação seletiva das invasoras. Problema muito importante no controle das plantas daninhas, é a contaminação do solo pelo herbicida. Dosagens acumuladas de 2, 3 ou mais anos podem ser retidas pelas argilas do solo e prejudicar uma lavoura. Sendo assim, deve-se respetitar o intervalo de aplicação dos principios ativos para as culturas (Figura 34).

Herbicidas	Nome comercial	Intervalo entre aplicação e semeadura (em dias)			
		Milho	Trigo	Soja	Feijão
2,4-D	Aminol, DMA 806	0	0	7	10
Atrazina	Gesaprim, Primóleo	0	90	90	90
Bentazon	Basagram	0	0	0	0
Carfentrazone	Aurora	0	0	0	0
Chlorimuron	Classic	60	60	0	60
Clethodim	Select, Poquer	7	7	0	0
Clomazone	Gamit	150	150	0	150
Cloransulan	Pacto	30	30	0	-
Diclosulan	Spider	90	90	0	90
Fluazifop	Fusilade	14 a 21	14 a 21	0	0
Flumioxazin	Flumyzin	0	0	0	0
Fomesafen	Flex	150	150	0	0
Glifosato	Roundup	0	0	0	0
Glufosinato	Finale	0	0	0	0
Haloxyfop	Verdict R	20	20	0	0
Imazaquin	Scepter	300	120	0	90
Imazethapyr	Pivot, Vezir	100	120	0	90
Iodosulfuron	Hussar	90	0	90	90
Isoxaflutole	Provence	0	70	70	70
Lactofen	Naja	0	0	0	0
Mesotrione	Calisto	0	90	90	90
Metribuzin	Sencor	90	90	0	120
Metsulfuron	Ally	70	0	60	70
Nicosulfuron	Sanson, Accent	0	60	30	30
Paraquat	Gramocil	0	0	0	0
Saflufenacil	Heat	0	0	0*	30 a 42
S-metolachlor	Dual Gold	0	60	0	0
Sulfentrazone	Boral	90	90	0	90
Tembotrione	Soberam	0	65	65	30

Fonte: Fundação ABC

Figura 34: Intervalos entre aplicação de herbicidas e semeadura de culturas.

A deriva é o maior inimigo das aplicações aéreas de herbicidas e maturadores para o controle de ervas daninhas, maturação ou desfolhamento das lavouras. Dependendo da volatilidade do herbicida e das condições climaticas, uma lavoura não alvo, pode ser contaminada a quilômetros de distância do local de aplicação pela ação do vento.

Um determinado herbicida pode ser mais ou menos volátil em função da sua estrutura química e formulação, por isso as instruções de aplicação dos rótulos devem ser seguidas à risca. Um recurso de grande valia na aplicação de herbicidas é a pulverização eletrostática, que reduz as derivas pelo vento distribui com muita uniformidade o produto químico nos alvos e aumenta os rendimentos operacionais pelos baixos volumes aplicados.

O controle eficaz de plantas daninhas, nos mais variados cultivos agrícolas, garante uma maior produção por unidade de área, muito devido a menor competição interespecífica existente entre cultura e planta daninha. Cada cultivo apresenta peculiaridades referentes ao momento de controle e à capacidade de suporte do cultivo em relação à pressão de plantas daninhas. Conhecer as plantas daninhas existentes na área, bem como o manejo empregado na cultura, é de suma importância para definir esses períodos e a forma de intervenção na área.

9. Produtos Fitossanitários

A Aviação Agrícola praticada sem critério técnico, sem a Coordenação de Engenheiros Agrônomos Coordenadores e sem a assistência direta dos Técnicos Agrícolas Executores tem deixado em muitas regiões uma péssima reputação de ineficiência, contaminação de lavouras e poluição ambiental e isso se deve à utilização inadequada das técnicas de voo, dos equipamentos e dos produtos fitossanitários (Monteiro, 2015).

Nos últimos anos a classe agronômica vem sendo bastante questionada pela opinião pública no tocante aos efeitos colaterais da utilização inadequada dos produtos fitossanitários nas lavouras. É importante o conhecimento das características dos produtos utilizados e suas formulações para que se possa realizar um bom trabalho de aplicação aérea seguindo à risca as recomendações dos fabricantes e as determinações dos órgãos governamentais.

9.1 Classificação toxicologica

A classificação toxicológica dos produtos fitossanitários impacta os manipuladores destes produtos, por meio do risco de contato durante a produção, embalagem, armazenamento, transporte, preparação da calda e aplicação nas lavouras. Não tem relação com ação no ambiente ou na eficiência agronômica (AENDA, 2021).

Recentemente o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) publicou decisão da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde) sobre a reclassificação toxicológica de diversos produtos já registrados no Brasil.

Os principais objetivos da nova classificação toxicológica são, além de avaliar o risco real dos pesticidas agrícolas, comunicar melhor ao trabalhador rural, que manipula os produtos, os cuidados que deve ter para evitar exposição e contaminação que possa comprometer sua saúde (entender melhor as instruções). A nova classificação atende estes objetivos, deixando mais claro a identificação do perigo à vida e à saúde (AENDA, 2021).

O principal objetivo desta reclassificação é colocar o Brasil no mesmo nível de outros países. Trata-se de novo marco regulatório do setor, que atualizou e tornou mais claros os critérios de avaliação e classificação toxicológica. Esta reclassificação adota parâmetros com base nos padrões do Sistema GHS (Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos).

O Sistema GHS ampliou, de quatro para cinco, as categorias toxicológicas, além de incluir “não classificado”, válido para produtos de baixíssimo risco, como os pesticidas biológicos e os que não foram analisados. O processo de reclassificação começou em 2017.

Na classificação anterior, havia quatro classes toxicológicas, identificadas em tarjas coloridas: I – extremamente tóxico (vermelha), II – altamente tóxico (amarela), III – mediamente tóxico (azul) e IV – pouco tóxico (verde). Para o enquadramento de qualquer pesticida agrícola nesta classificação eram considerados estudos de DL50 oral aguda, DL50 dérmica aguda, irritabilidade dérmica, sensibilização dérmica e CL50 inalatória. A classe do critério mais restritivo é que prevalecia na classificação final. Em todas as classes havia a caveira/cuidado veneno.

Na nova classificação (GHS), há cinco categorias toxicológicas, identificadas por faixas coloridas, com pitogramas, imagens e palavras de advertência: 1) extremamente tóxico (vermelha/perigo), 2) altamente tóxico (vermelho/perigo), 3) moderadamente tóxico (amarelo/perigo), 4) pouco tóxico (azul/cuidado) e 5) improvável de causar dano agudo (azul/cuidado), além de “não classificado” (sem advertência). A caveira só estará presente nas categorias (1), (2) e (3). As empresas têm um ano, após a publicação, para se adequarem as novas regras.

O sistema GHS já está adotado em 53 países, em outros 12 está parcialmente em vigor. Agora o Brasil, com atraso de 26 anos, adota este sistema que deve beneficiar,

principalmente, o trabalhador mais exposto aos pesticidas, aquele que manipula os produtos.

Além de adotar esse critério utilizado internacionalmente, com uma técnica de comunicação universal, as informações prescritas nos rótulos e bulas serão de mais fácil compreensão pelos agricultores. Assim, o Brasil se aprimora, cada vez mais, em busca da sustentabilidade do agro, sempre visando a qualidade de vida da população.

9.2 Definições e Conceitos

Produtos fitossanitários são produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias de produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002).A seguir são elencados os principais conceitos do modo de ação dos produtos fitossanitários.

- Fungicidas: Atuam na prevenção, controle e cura da ação de fungos. Sua demanda é muito alta em virtude das diferentes culturas plantadas no território nacional e as diferentes condições climáticas que favorecem o aparecimento destes microrganismos. As moléculas dos principais produtos disponíveis no mercado são pertencentes ao grupo das carboxamidas, estrobilurinas e triazóis. Enquanto as carboxamidas e as estrubilurinas atuam no processo de respiração celular do fungo (complexo II e III da cadeia respiratória, respectivamente), os triazóis atuam na inibição da síntese do ergosterol, componente da membrana celular dos fungos.

- Inseticidas: Atuam na prevenção e controle de insetos pragas. São muito importantes pois os danos causados são muito intensos, destruindo tecido vegetal em alta velocidade e em todas as fases de desenvolvimento das culturas, com queda vertiginosa da produção em condições de controle ineficiente. Os principais modos de ação dos inseticidas são por contato direto do produto no alvo ou a ingestão de folhas que contenham o princípio ativo. Além disso, os produtos podem ser considerados fisiológicos ou de choque. O mecanismo de ação varia muito, podendo estar relacionados à abertura de canais de cálcio levando a

paralisia muscular; agonismo ou antagonismo de hormônio juvenil relacionada à ação sobre a ecdise; ação no sistema nervoso.

- Inseticida biológico: Inseticida que tem como ingrediente ativo um organismo bológico.
- Inseticida carbamato: É um éster do ácido metil-carbâmico ou dimetitarbamico usado no controe de insetos,
- inseticida clorado: É um hidrocarboneto clorado que possui um ou mais anéis aromáticos ou mesmo cíclico saturado, com efeito letal sobre os insetos. Além do carbono, hidrogênio e cloro podem, às vezes, compor um clorado, átomos de enxofre e oxigênio.
- Inseticida dinitrocomposto: inseticida derivado de fenol em cuja estrutura entra comumente dois grupos nitrosos (NO2).
- Fnseticida fisiológico: Substância que interfere na síntese da quitina nos insetos e/ou em outros processos metabólicos.
- Inseticida fosforado: É um éster do ácido fosfórico, ou tionofosfórico, tiolofosfórico, ditiofosfórico, fosfônico, tionofosfônico, e ditiofosfônico. Pode apresentar em um dos radicais esterificados um ou mais átomos de cloro e ainda outros halogênicos.
- Inseticida inorgânico: Um sal inorgânico com propriedade inseticida.
- Inseticida piretróide: É um éster do ácido crisantêmico ou pirêtrioo com propriedades físicas e químicas semelhantes ás piretrinas.
- Herbicida: Os herbicidas são componentes importantíssimos no manejo. Eles atuam na dessecação de culturas para colheita ou formação de palhada e no controle de plantas daninhas. Esses produtos possuem seletividade, ou seja, têm atuação em plantas dicotiledôneas (popularmente chamadas de folhas largas) ou monocotiledôneas (folhas estreitas) e há diversos mecanismos de ação.
- Bactericida: O Bactericida é uma substância antibacteriana, ou seja, tem a função da matar as bactérias. Esse agente atua no ambiente contaminado de forma a impedir que os microrganismos possam desempenhar atividades vitais básicas. Dessa forma, qualquer indício de contaminação por bactérias é extinto no local em questão.
- Acaricidas: São substâncias utilizadas para combater ácaros que se alimentam de plantas, introduzem doenças, destroem lavouras atacadas e reduzem sua produção. Existem acaricidas de diversos tipos e com os mais variados princípios ativos, cada qual melhor indicado para determinado tipo de ácaro.
- Nematicidas: São substâncias utilizadas para combater nematóides que se alimentam de plantas, introduzem doenças, destroem lavouras atacadas e reduzem sua produção.

Existem nematicidas de diversos tipos no mercado, os quais podem ser de origem química ou biológica.

- Ação de contato: caracteriza o modo de ação de um pesticida que age e é absorvido pela pele (tegumento) do inseto. È muito utilizado em pulverização nas pragas.
- Ação de ingestão: caracteriza o modo de ação de um pesticida que age e penetra no organismo por via oral. Utilizado para controle de insetos mastigadores
- Ação de profundidade: caracteriza o modo de atuação de um inseticida que tem ação translaminar. Utilizado para moscas-da-frutas e insetos que penetram em frutos.
- Ação fumigante: caracteriza o modo de ação de um pesticida que age penetrando no inseto na forma de vapor através de suas vias respiratórias.
- Ação sistêmica: ação que é exercida por um pesticida que é absorvido por uma planta e translocado em quantidades suficientes para tornar o local de translocação tóxico para os insetos por um tempo ilimitado. Utilizado para controle e insetos sugadores e mastigadores na fase inicial.
- Adjuvantes: Os adjuvantes são substâncias adicionadas à formulação herbicida ou à calda fitossanitária para aumentar a eficiência dos produtos ou modificar determinadas propriedades da solução, visando facilitar a aplicação ou minimizar possíveis problemas. Segundo Fleck (1993) os adjuvantes são divididos em dois grupos: os modificadores das propriedades de superfície dos líquidos (surfatantes: espalhante, umectante, detergentes, dispersantes e aderentes, entre outros) e os aditivos (óleo mineral ou vegetal, sulfato de amônio e uréia, entre outros) que afetam a absorção devido à sua ação direta sobre a cutícula. Ainda segundo Fleck e Vargas & Romam (2006), os surfactantes são classificados em: **Espalhantes:** são substâncias que diminuem a tensão superficial das gotículas reduzindo o ângulo de contato destas com a superfície da folha. Estes produtos proporcionam o espalhamento completo da gota sobre a superfície tratada aumentando a absorção do herbicida. **Molhantes (umectantes):** são substâncias que retardam a evaporação da água, fazendo com que a gota permaneça mais tempo na superfície tratada, aumentando a absorção do produto aplicado. Estes produtos são importantes principalmente em condições de baixa umidade relativa do ar e elevada temperatura. O secamento rápido da gota pode resultar na cristalização das moléculas do herbicida na superfície da folha e isso pode impedir a absorção deste pela planta. **Aderentes:** são substâncias que aumentam a aderência dos líquidos ou sólidos à superfície da planta. Estes apresentam afinidade com a água e forte adesão à cera e à cutina da superfície dos órgãos

da planta. O aumento da aderência diminui o escorrimento e faz com que as gotas permaneçam na superfície das folhas e não sejam lavadas com facilidade pela água da chuva. **Emulsificantes:** são substâncias com atividade sobre a superfície do líquido, promovendo a suspensão de um líquido em outro. Estes produtos reduzem a tensão interfacial entre dois líquidos imiscíveis, proporcionando a formação de uma emulsão de um líquido em outro, como por exemplo, óleo em água através da combinação de grupos polares com apolares dos mesmos. Os emulsificantes também podem possuir atividade espalhante, adesiva e umectante. **Dispersantes:** São substância que evitam a aglomeração das partículas através da redução das forças de coesão entre as mesmas, fazendo com que as suspensões mantenham-se estáveis por um certo tempo. São muito importantes para manter estáveis as formulações de pós-molháveis, evitando que as partículas sólidas se aglomerem e precipitem. **Detergentes:** são substâncias com capacidade de remover sujeira, como a poeira, da superfície da folha, aumentando o contato da gota com a superfície alvo. Os detergentes também podem possuir atividade espalhante, emulsificante e umectante. Os detergentes domésticos não são adequados para uso na agricultura, pois possuem hipotensores com forte ligação apolar e fraca polar, já que são formulados para remover grande quantidade de gordura com pequeno volume de água.

- Compatibilidade: Habilidade de duas ou mais substâncias se misturarem sem que haja mudanças de suas propriedades químicas e físicas.
- Incompatibilidade entre produtos químicos: a condição na qual determinados produtos tornam-se perigosos quando manipulados ou armazenados próximos a outros, com os quais podem reagir, criando situações perigosas, como a geração de gases, calor excessivo, explosões ou reações violentas.
- Ditiocarbaiviato - Composto derivado do ácido ditiocarbârnico.
- Espalhante adesivo - Substâncias que, adicionadas aos defensivos agrícolas ou adubos foliares, diminuem a tensão superficial das goticulas pulverizadas nas superfícies das plantas ou solo, facilitando uma boa dispersão da mistura bem como uma distribuição uniforme das partículas e a conveniente fixação das formulações nas superfícies tratadas.
- Feromônio: Substância secretada por um animal (ou sintética) e liberada no ambiente causando uma resposta especifica num indivíduo receptor de mesma espécie. Pode ter várias funções, como, por exemplo, aproximação dos sexos, sendo chamado de feromônio sexual neste caso, agregação, marcador de trilha, alarme, etc, são outras funções atreladas

ao feromonios. Pode ser produzido po um sexo (comumente pela fêmea) para atração de outro sexo (indivíduo receptor).

- Fitotoxicidade: Interferência nos processos fisiológicos de uma planta, provocando distúrbios como queimaduras, clorose, queda de botões florais, superbrotamentos, etc. São causadas por substâncias químicas.

- Fumigante: Substância ou mistura de substâncias que produz gás, vapor ou fumaça com o propósito de controlar insetos, bactérias ou roedores,

- Ingrediente ativo: Substância de natureza química, biológica ou organismos vivos que dão eficácia aos produtos fitossanitários.

Ingrediente inerte: Substância não ativa ou impureza de fabricação resultante dos processos de obtenção dos produtos técnicos e aquela usada apenas como veículo ou diluente nas preparações.

- Matéria prima: Substância destinada à obtenção direta por processos químicos ou biológicos dos produtos técnicos.

- Meia-vida de resíduos: Tempo necessário para que haja desaparecimento da metade do resíduo. É independente da concentração inicial e representa urna característica de cada produto fitossanitário sobre ou dentro de um substrato particular.

- Moluscida: Substância letal aos moluscos cujo emprego seja economicamente viável.

- Praga: Organismo animal (inseto, ácaros, moluscos, rato etc.) com capacidade de provocar dano econômico às explorações agropecuárias e/ou seus produtos e à saúde ou bem estar do ser humano.

- Praguicida: Defensivo agrícola com ação letal sobre insetos, ácaros, moluscos, nematoídes e ratos.

- Formulações: Os produtos químicos podem se apresentar de duas formas: Pré-misturas, quando resultantes diretamente da transformação física dos produtos técnicos mediante a adição de ingredientes inertes, com ou sem adjuvantes, sem aplicação direta na lavoura; - Formulações de pronto uso: quando resultantes da transformação física de produto tecnico ou das pré-misturas, mediante a adição de inertes com ou sem adjuvantes, com aplicação direta nas lavouras,

- Produto técnico: Substância obtida diretamente das matérias primas, por processo químico ou biolágico, cuja composição contém porcentagem definida de ingrediente ativo.

- Raticida: Substância letal aos ratos, cujo emprego seja economicamente viável.

- Rodenticida: Ver raticida.

- Sinergismo: Caracteriza o fenômeno onde a toxicidade de dois compostos juntos é maior do que a esperada da soma de seus efeitos quando aplicados separadamente. Freqüentemente um dos compostos envolvidos na mistura não é tóxico sendo chamado de sinergista.

9.3 Produtos utilizados nas aplicações aéreas

Uma gama de produtos é utilizada nas aplicações aéreas, dentre eles, os principais são: inseticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, maturadores, adubos foliares, adubos sólidos, iscas granuladas, nematicidas granulados, associados ou não à óleos e/ou adjuvantes.

Esses produtos são formulados de acordo com as necessidades do mercado, partindo de um produto técnico que pode ser obtido originalmente, em forma sólida, liquida ou pastosa. As formulações convencionais utilizam solventes emulsificantes e estabilizadores e visam a dissolução do Princípio Ativo em água. Por isso uma vez aplicado eles sofrem lavagem pela água de chuva ou pela água de orvalho que cada manhã corresponde a uma aplicação entre 1000 e 1500 litros por hectare (Monteiro, 2015)

Para diminuir o efeito dessas lavagens adiciona-se nas misturas substâncias classificadas como adjuvantes que dão diversas características nas gotas pulverizadas, como, ante evaporantes, espalhantes, redutores de deriva, etc., aumentando assim a deposição e cobertura dos produtos fitossanitários nos alvos. Também são usados Óleos vegetais e/ou minerais aditivados que se emulsionam na água, os quais aumentam a eficiência das aplicações e ajudam a evitar a evaporação e lavagem das moléculas.

9.3.1 Ordem de adição de produtos no tanque

Os produtos químicos utilizados nas aplicações aéreas são fornecidos em formulações e os mesmos para que possam ser misturados sem problemas de incompatibilidade de calda, ou minimizar os riscos de incompatibilidade, deve seguir uma ordem de mistura no tanque, onde a sequência se dá primeiramente pela adição de corretivos de água e calda, quando necessário e na seguida pela sequência de maior dificuldade de diluição do produto para o mais fácil e finalizando a calda com a adição de adjuvantes a base de silicone e/ou gel (tabela x).

Tabela 12: Ordem de adição dos produtos em tanque

ORDEM DE MISTURA	TIPO DE FORMULAÇÃO	CÓDIGO DA FORMULAÇÃO
1	ÁGUA	-
2	CONDICIONADOR DE ÁGUA E CALDA	CORRETIVOS DE ÁGUA
3	GRÂNULOS DISPERSÍVEIS EM ÁGUA	WG
4	PÓ MOLHÁVEL (PRODUTOS FITOSSANIÁRIOS)	PM
5	PÓ MOLHÁVEL (FOLIARES EM PÓ)	PM
6	DRY FLOWABLE	DF
7	SUSPENSÃO CONCENTRADA	SC
8	SUSPENSÃO DE ENCAPSULADOS	CS
9	DISPERSÃO EM ÓLEO	OD
10	EMULSÃO EM ÁGUA	EW
11	SUSPOEMULSÃO	SE
12	ESPALHANTE ADESIVO	EA
13	ÓLEO EMULSIONADO	OE
14	CONCENTRADO EMULSIONÁVEL	CE
15	LÍQUIDO SOLÚVEL	LS
16	SOLUÇÃO AQUOSA NÃO CONCENRADA	SANC
17	SOLUÇÃO AQUOSA CONCENTRADA	SAC
18	ADUBOS LÍQUIDOS	SOLUÇÃO
19	ADJUVANTES	SOLUÇÃO EM GEL

9.4 pH das caldas e formulações e sua importância

O pH é a abreviatura de potencial hidrogeniônico e representa a acidez ou alcalinidade de uma calda. A água pura apresenta um pH em torno de 7,0 que é considerado neutro, pH com valores abaixo de 7,0 é considerado ácido e acima de 7,0 é considerado alcalino. Sendo que a escala de pH varia de 1 à 14.

O pH da calda tem influência direta na eficiência dos produtos químicos e de maneira geral ele deve ser ligeiramente ácido entre 5,0 e 6,5. Entretanto, há casos, como na aplicação de glifosato, as pesquisas indicaram o pH próximo de 3 como o mais adequado. Há, entretanto, herbicidas cujo pH ideal de aplicação é 7,0, já inseticidas e fungicidas giram em torno de 5 à 6. As informações sobre o pH dos produtos mais utilizados estão descritos na figura 35, e em caso de dúvidas deve-se consultar a empresa responsável pela produção ou comercialização dos produtos a serem aplicados.

INSETICIDAS

NOME QUÍMICO	NOME COMERCIAL	PH IDEAL
Azimphos Etyl	Gusation	5
Acephato	Ortene	5
Bacilus thuringiensis	Dipel	5
Carbaril	Sevin	5
Cartap	Thiobel	5
Clorpirifós	Lorsban	4
Cyflurhrin	Baytroid	4
Cypermetrina	Cymbush, Arrio	4
Deltametrina	Deltaphos, decis	4
Diflubenzuron	Dimilin, Formilin	5
Dimetoate	Agritoato, Perfekthion	4
Endossulfan	Thiodon, Dissulfan	5
Ethion	Ethion	5
Fernvalerate	Sumucidin	4
Fenitrothion	Sumithion	4
Fenthion	Lebaycid	4
Lambda Cyhatathrio	Karatê	4
Lufenuron	Macth	5
Malathion	Malatol	5
Methamidophos	Hamidop, Stron, Tamaron	4
Methidation	Supracid	4
Methomil	Lannate	5
Monocrotophos	Azodrin, Nuvacron	4
Parathion Metil	Folidol	5
Permetrina	Ambush, Pounce	4
Profenofos	Curacron	4
Phosmet	Imidan	5
Teflubenzurin	Nomolt	5
ThiocarB	Larvin	5
Triazophos	Hostation	4
Trichorfon	Dipterex	6

HERBICIDAS

NOME QUÍMICO	NOME COMERCIAL	PH IDEAL
Acifluoufen	Blazer, tackle, Doble	5
Alachlor	Laço, Agimix, Boxer	5
Ametrina	Gesapax, Herbipak, Topezê	5
Atrazina	Agimix, Gesaprim, Herbimix, Primestra, triamex	4
Oryalina	Surflan	5
Cynazine	Bladex	5
Clomazone	Ganit	5
Chorimuron - etyl	Classic	5
Dicamba	Banvel	5
Diclorofenoxiacético	2,4 D, U 46	5
Diquat	Reglone	4
Diurin	Ametron, Cention, Gramocil, Karmex, Velpark	6
Fenoxaprop -p- Etil	Podium	5
Fluazifop -p- Butil	Fusiflex, Fusilade	4
Formezafen	Flex	5
Halosulfuron	Sempra	5
Flumet Sulan	Scorpion	5
Glisofato	Gliz, Roudup, Trop	3
Glufosinato	Finale	4
Holoxifop	Verdict, Gallan	5
Imazapyr	Arsenal, Contain	5
Imazaquin	Scepter	5
Imazethapyr	Pivot, Vezir	5
Lactofen	Cobra	5
Linuron	Afalon, Linurex	5
Metolaclor	Dual	5
Metribuziin	Sencor, lexone	5
OxyfluorFen	Goal	4
Paraquat	Gramoxone	5
Pendimethalin	Herbadox, Squadron	5
Piclora	Tordon 2,4D	5
Sethoxydim	Poast	5
Simazina	Extrazin, Herbazin, Herbamix, Primatop	5
Sulfosate	Zapp	5
Sulfentragone	Boral	5
Trifluralina	Treflan, Herbiflan	5

FUNGICIDAS

NOME QUÍMICO	NOME COMERCIAL	PH IDEAL
Benomil	Benlate	5
Bitertonal	Baycor	5
Captan	Captan, Orthocide	5
Carbendazin	Bendazole, Derosal	5
Carboxin	Vitavax	5
Clororothalomil	Bravonil, Cerconil,Daconil, Daxistan, Vanox	5
Cyproconazole	Alto-100	5
Difenoconazole	Score	5
Iprodione	Rovral	5
Mancozeb	Dithane, Manzate	5
Propiconazole	Tilt	5
Tebuconazole	Folicur	5
TiofanatoMetilico	Cercobim, Metyl. Tiofan	5
Thiadimefon	Bayleton	5
Thiabendazole	tecto	5
Triforine	Saprool	5

ACARICIDAS

NOME QUÍMICO	NOME COMERCIAL	PH IDEAL
Abamectin	Vertimec	5
Azocyclotion	Peropal	5
Bromopropilato	Neoron	5
Cyhexatin	Sipcatin	5
Dicofol	Kelthance, Carbax	5
Hexythiazox	Savey	5
Propargite	Omite	5

REGULADORES DE CRESCIMENTO

NOME QUÍMICO	NOME COMERCIAL	PH IDEAL
Ethephon	Etherel, Prep	3
Cloreto de Mepiquat	Pix	5

pH IDEAL (O MÁXIMO DE EFICIÊNCIA NAS PULVERIZAÇÕES)

INGREDIENTE ATIVO	NOME COMERCIAL	PH IDEAL	VIDA MÉDIA DOS PRODUTOS
Dicofol	Kelthane	5.0	pH 7 - 15 min/ estável em pH 5,5 a 6.0
Propargite	Omite	5.0	pH 9 - 1 dia/ pH 6 - 331 dias

FUNGICIDAS

INGREDIENTE ATIVO	NOME COMERCIAL	PH IDEAL	VIDA MÉDIA DOS PRODUTOS
Benomyl	Benlate	5.0	pH 7 - 12 min/ pH 6 - 7 hs/ pH 5 - 30 hrs
Captan	Captan	5.0	pH 7 - 12 min/ pH 7 - 8 hs/ pH 5 - 37 hs
Carbendazin	Bendazol	5.0	pH 7 - 12 min/ pH 5,5 - 30 hs
Mancozeb	Dithane/ Manzate	5.0	pH 9 - 34 hs / pH 7 - 17 hs/ pH 5 - 20 dias
Propiconazole	Tilt	5.0	Condições ácidas melhoram a atividade dos produtos
Triadimefon	Bayleton	5.0	Estável em pH entre 4 e 5
Triforin	Saprol	5.0	Se hidrolisa em águas alcalinas

HERBICIDAS

INGREDIENTE ATIVO	NOME COMERCIAL	PH IDEAL	VIDA MÉDIA DOS PRODUTOS
Chlorimuron Ethyl	Classic	5.0	Estável em pH 5
Dicamba	Banvel	5.0	Estável em pH 5 e 6
Diquat	Reglone	4.0	Decompõe-se rapidamente em soluções alcalinas
Fluazifop - P - Butil	Fusidade	4.0	pH 9 - 17 dias/ pH 7 - 150 dias/ pH 4 - 500 dias
Glyphosate	Roundap	3.0	Afetado muito negativamente em águas alcalinas

INSETICIDAS

INGREDIENTE ATIVO	NOME COMERCIAL	PH IDEAL	VIDA MÉDIA DOS PRODUTOS
Acephate	Orthene	5.0	pH 9 - 16 dias/ pH 3 - 65 dias
Azimphós Ethyl	Gusathion	5.0	pH 9 - 12 hs/ pH - 12 dias
Carbaryl	Sevin	5.0	pH 9 - 24 hs/ pH 7 - 24 dias / pH 6 - 100 dias
Carbofuran	Furadan	5.0	pH 9 - 78 hs/ pH6 - 200 dias / ótimo entre 4 a 6
Clorpyrifos	Lorsban	5.0	pH 8 - 1,5 dias/ pH 7 - 100 dias
Cypermethrim	Cymbush	5.0	pH 9 - 35 hs. Estável em soluções ácidas
Dimetoato	Dimetoato/ Perfect hion	5.0	pH 6 - 12 hs/ pH 4 - 21 hs./ pH 9 - 48 min
Mlathion	Maltol	5.0	pH 7 - 21 dias. /pH 5 -55 dias
Methamidophos	Tamaron	5.0	Estável somemte em águas ácidas se decompõe em pH 7
Metomyl	Lannate	5.0	Estável somemte em águas ligeiramente ácidas
Parathion Meta	Folidol	5.0	Melhor no pH 4 a 6/ pH 11 -42 min./ pH 5 -160 dias
Phosmet	Imidan	5.0	pH 8 - 4 hs/ pH 7 - 12 hs/ pH 7 - 12 hs/ pH 4,5 - 13 dias

Figura 35: pH das principais moléculas utilizadas nas aplicações de produtos fitossanitários.

As caldas com pH acima de 7 ou abaixo de 5 podem ter a estrutura molecular dos seus princípios ativos alterados e a sua eficiência comprometida principalmente nas caldas que são preparadas e não são aplicadas imediatamente.

A adição de alguns adubos foliares contendo boro (B) ou zinco (ZN) podem reduzir o pH de algumas misturas a pH 3,0 e comprometer a eficiência dos defensivos aplicados nas misturas preparadas com os mesmos. É muito importante o uso dos papéis indicadores de pH no preparo das caldas em campo. E importante separar as aplicações de adubos foliares e macronutrientes, que venham a acidificar ou alcalinizar caldas nas aplicações de inseticidas e fungicidas para não comprometer a eficiência dos defensivos.

Antes do preparo da calda deve-se medir e corrigir o pH da água utilizada com o auxílio de papel indicador de pH ou pHmetro de bolso e após a mistura deve-se checar o pH final para evitar possíveis falhas no controle.

10 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 30ºC;

- 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 32ºC. 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 ideias 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 30º (Graus) em relação a direção do vôo 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 vôos 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 vôo.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 tabela abaixo:

Tabela 13: Fator Amsdem para as velocidades de 5 a 10 km/h de vento.

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

Fonte: www.anac2.gov.br

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 vôo.

Tabela 14 Relação FA e o efeito na deriva. Adaptado de CBB.

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

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 trata-se 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 36: 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 vôo:

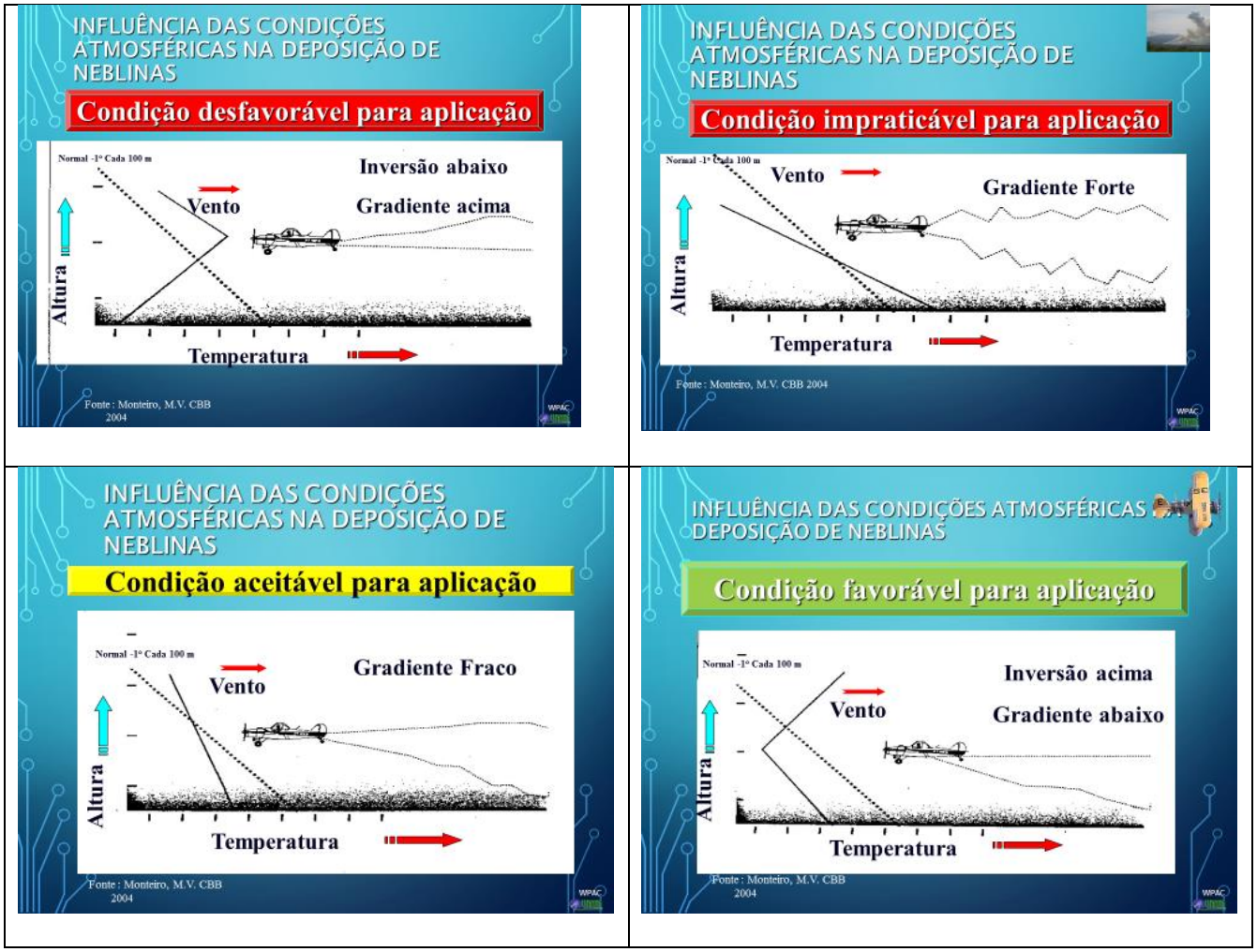


Figura 37: Imagens de condições de vôo em situações de inversão térmica.
Fonte: CARVALHO, W. 2011.

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 (ºC);

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

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

Logo, segue a tabela do GEA.

Tabela 15: GEA da atmosfera do ar

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

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 vôo.

Tabela 16: Escala de Beaufort em relação à altura de vôo.

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

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

11 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 x 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 x T) / N

Onde:

Q = vazão de cada bico (L/min);

COT = Capacidade Operacional Teórica (Ha/min);

T = Taxa de aplicação (L/ha).

Exemplo:

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

LFEO = 22 metros

COT = (V x LFEO) / 10.000

COT = (5.333 x 22) / 10.000

COT = 11,73 Ha/min.

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

Q = (11,73 x 15) / 50

Q = 3,52 L/min/Bico.

Exemplo: Consultando a Tabela de Pontas MagnoJet e TeeJet, podemos observar os modelos BD80º e TP80º, 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.

Tabela 17: Vazão das pontas de Jato cônico da série "D" – Disco Copo.

BICOS DE JATO CÔNICO					
COMBINAÇÃO *PONTA -*	PRESSÃO (PSI)	VAZÃO DO BICO *(Litros/minuto)*	COMBINAÇÃO PONTA - DISCO	PRESSÃO (PSI)	VAZÃO DO BICO (Litros/minuto)
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	10,251
	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	11,827

Tabela 17: Pontas BD de Jato Plano Comum e Pontas TP de Jato Plano Comum.

	PONTAS NOZZLES BOQUILLAS	bar	lb/pol²	DMV VMD	l/min
80° M 001	BD 80005 MALHA / MESH / MALLA 100	1	15	F	0,14
		2	30	F	0,18
		3,1	45	F	0,22
		4,1	60	MF	0,26
80° M 002 110° M 015	BD 01 MALHA / MESH / MALLA 100	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 MALHA / MESH / MALLA 100	1	15	M	0,36
		2	30	F	0,50
		3,1	45	F	0,61
		4,1	60	F	0,70
80° M 004 110° M 017	BD 02 MALHA / MESH / MALLA 50	1	15	M	0,48
		2	30	F	0,66
		3,1	45	F	0,82
		4,1	60	F	0,95
80° M 004/1 A 110° M 017/1	BD 025 MALHA / MESH / MALLA 50	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 MALHA / MESH / MALLA 50	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 MALHA / MESH / MALLA 50	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 MALHA / MESH / MALLA 50	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 MALHA / MESH / MALLA 50	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 MALHA / MESH / MALLA 50	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 MALHA / MESH / MALLA 50	1	15	G	2,4
		2	30	M	3,38
		3,1	45	M	4,18
		4,1	60	F	4,75

	bar	TAMANHO DE GOTA 80°	TAMANHO DE GOTA 110°	VAZÃO DE UM BICO EM l/min
TP650050†	2,0			0,16
TP800050†	2,5			0,18
TP1100050†	3,0			0,20
(100)	3,5			0,22
	4,0			0,23
TP650067†	2,0			0,21
TP800067†	2,5			0,24
TP1100067†	3,0			0,26
(100)	3,5			0,28
	4,0			0,30
TP6501†	2,0	F	F	0,32
TP8001	2,5	F	F	0,36
TP11001	3,0	F	F	0,39
(100)	3,5	F	F	0,42
	4,0	F	VF	0,45
TP65015†	2,0	F	F	0,48
TP80015	2,5	F	F	0,54
TP110015	3,0	F	F	0,59
(100)	3,5	F	F	0,64
	4,0	F	F	0,68
TP6502†	2,0	F	F	0,65
TP8002	2,5	F	F	0,72
TP11002	3,0	F	F	0,79
(50)	3,5	F	F	0,85
	4,0	F	F	0,91
TP6503†	2,0	F	F	0,96
TP8003	2,5	F	F	1,08
TP11003	3,0	F	F	1,18
(50)	3,5	F	F	1,27
	4,0	F	F	1,36
TP6504†	2,0	M	M	1,29
TP8004	2,5	M	M	1,44
TP11004	3,0	M	F	1,58
(50)	3,5	F	F	1,71
	4,0	F	F	1,82
TP6505†	2,0	M	M	1,61
TP8005	2,5	M	M	1,80
TP11005	3,0	M	M	1,97
(50)	3,5	M	F	2,13
	4,0	F	F	2,27
TP6506†	2,0	M	M	1,94
TP8006	2,5	M	M	2,16
TP11006	3,0	M	M	2,37
(50)	3,5	M	M	2,56
	4,0	M	F	2,74
TP6508†	2,0	C	C	2,58
TP8008	2,5	M	M	2,88
TP11008	3,0	M	M	3,16
(50)	3,5	M	M	3,41
	4,0	M	M	3,65
	2,0	C	C	3,23
TP6510†	2,5	C	C	3,61
TP8010†	3,0	C	M	3,95
TP11010†	3,5	C	M	4,27
	4,0	C	M	4,56
	2,0	VC	VC	4,83
TP6515†	2,5	VC	C	5,40
TP8015†	3,0	C	C	5,92
TP11015†	3,5	C	C	6,39
	4,0	C	C	6,84
	2,0			6,44
TP6520†	2,5			7,20
TP8020†	3,0			7,89
TP11020†	3,5			8,52
	4,0			9,11

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 x FD x 0,00268

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

QT = T x 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 x FD x 0,00268

RT = 100 x 25 x 0,00268

RT = 6,7 ha/min

2º) Determinando o QT (Vazão da Barra)

QT = T x RT

QT = 10 x 6,7

QT = 67,0 l/min

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

Qb = QT / NB

Qb = 67,0 / 6

Qb = 11,17 L/min

Assim, teremos as seguintes opções de calibração:

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

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

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

DISCO Nº	ORIFICIO	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

12 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, comtêm 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 recobrindo as partes inferiores e superiores das superfícies vegetais.

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

Figura 38: Visão do sistema SPE, com destaque para os eletrodos e a neblina com pigmento fluorescente. Fonte: www.travicar.com.br

Figura 39: Sistema da Spectrum instalado em avião Ipanema. Fonte: Professor Dr. Wellington.

13 Aeronaves De Asas Rotativas

13.1. 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 ao efeito aerodinâmico “Downwash” 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 voo, excelente controle do tamanho das gotas, controle do volume aplicado por fluxômetro e sistema de navegação satélite – GPS, conferem ao helicóptero uma vantagem opressiva em cima de todos os 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 voo 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 têm, 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 inacreditavelmente 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 visinhos 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 geada, como por exemplo no cinturão da laranja nos EUA;

- Polinização na cultura do milho e na videira;

- Videográfia 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 também o grande mercado potencial nas extensivas áreas de frutíferas nos Estados de Santa Catarina e no Rio Grande do Sul.

Figura 40: Imagens de Helicópteros em atividades de aplicação.
Fonte: Manuel Ibraim Lobo.

13.2 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 41: Drone em utilização para coleta de imagens.
Fonte: www.google.com.br

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.

14 BIBLIOGRAFIA

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

ARAÚJO, E.C. Agronautas. Evolução da Frota aeroagrícola brasileira 2008-2012. Disponível em: <www.agronautas.com>. Acesso em: 20/06/2022.

ARAÚJO, E.C. Frota aeroagrícola brasileira 2018. Disponível em: <www.sindag.org.br>. Acesso em: 19/06/2022.

BRASIL. **Guia do Operador Aeroagrícola**. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2020/anac-publica-nova-versao-doguia-do-operador-aeroagricola-goa. Acesso em: 2 jun 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Aviação Agrícola. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacaoagricola Acesso em: 2 jun 2022.

CARVALHO, W.P.A. **Desempenho de um controlador de fluxo com DGPS para máquinas de pulverização**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, 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.

CHRISTOFOLLETI, J.C. **Equipamentos Para Aplicação Por Via Sólida.** *In:* Compêndio de Aviação Agrícola. 3ª ed. CBB – Centro Brasileiro de Bioaeronática, 2015. 257p.

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.

DRESCHER, M. **Manual do Piloto Agrícola**. 1. ed. São Paulo: Bianch Pilot Training, 2012.

FLECK, N.G. Controle químico de plantas daninhas. Porto Alegre: UFRGS, 1993. 132 p.

JOYCE, R. J.V. **Bioaeronautics - The Use of Aircraft in the Management of Biological Resources**. Agricultural Aviation, Volume 8, No 2 - 1977 - 6-17pp.

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.M. **Projeto Nucleação** - Convênio ASPLANA - APAEA - 1984, 38 pp.

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 Bioaeronática, 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.

RAMBO AVIAÇÃO AGRICOLA. **Vantagens da aplicação aérea**. Disponivel em: http://ramboaviacao.com.br/noticia/3/conheca-as-vantagens-da-aplicacao-aerea. Acesso em maio de 2022

SANTOS, J.M.F. **APLICAÇÃO CORRETA: EFICIÊNCIA, PRODUTIVIDADE E BAIXO CUSTO EM CULTURAS AGRÍCOLAS.** Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal. 24p. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/rifib/IX_RIFIB/santos2.PDF

SOUTHWELL, P.H. **Bioaeronautics and the Global Challenge**. Agricultural Aviation, Volume 17 No 1-4 - 1976 - 9-16 pp.

SOUTHWELL, P.H. **Paths to Progress in Bioaeronautics**. Proceedings of the 5th International Agricultural Aviation Congress -1975 - 34-36 pp.

TAY, W.T.; SORIA, M.F.; WALSH, T.; THOMAZONI, D.; SILVIE, P.; BEHERE, G.T.; ANDERSON, C.; DOWNES, S. A brave new world for an old-world pest: Helicoverpa armigera (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. PLoS ONE, v. 8, n. 11, e80134. nov. 2013. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0080134

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 56). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do56.htm