

## TECNOLOGIA EM APLICAÇÃO AÉREA: PRODUTIVIDADE COM CONTENÇÃO DE DESPESAS

Domingo Braun<sup>1</sup>  
Luzinete Rosa Braun<sup>2</sup>

### 1 INTRODUÇÃO

Em termos de tecnologia em aplicações aéreas, e considerando a atual conjuntura que a agricultura brasileira vem passando, observa-se a necessidade de reduzir custos e melhorar a qualidade dos serviços, para assim pode-se sobreviver e continuar no mercado. Em várias safras de culturas agrícolas, principalmente de soja, observa-se que as lavouras estão sofrendo com deficiência nas faixas de deposição, sendo mais intensas e marcantes nos serviços com herbicidas e fungicidas, como se observa nas Figuras 1, 2, 3 e 4 a seguir.

Figura 1



Fonte: Dos autores, 2025.

<sup>1</sup> Piloto agrícola e Checador. Tecnólogo em Gestão Ambiental (Unisul). Braun Aviação Agrícola. E-mail: [br.braun@hotmail.com](mailto:br.braun@hotmail.com)

<sup>2</sup> Graduada em Matemática (UNIC). Pedagoga (UNIVEST). Pós-graduação em Informática na Educação (UFLA). E-mail: [luzinetec17@gmail.com](mailto:luzinetec17@gmail.com)

Figura 2



Fonte: Dos autores, 2025.

Revista Brasileira de Aviação Civil  
& Ciências Aeronáuticas

Figura 3



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 4



Fonte: Dos autores, 2025.

## 2 ANÁLISE DO PROBLEMA

Este problema foi motivo de muita preocupação entre os profissionais de serviço na aviação agrícola, no caso da ferrugem na soja, quando observaram que a faixa de aplicação foi executada, só que em alguns momentos, houve concentração maior de produto em determinados locais.

Essa concentração com o tempo deixa a lavoura toda rajada, principalmente quando vai se aproximando do amadurecimento da soja. Ficam visíveis faixas verde claro e verde escuro, após alguns dias faixas amarelas e verdes em todo o talhão.

Até então se sabia que houve sobreposição de produto, e que nos casos de herbicidas chegava a matar a soja. Foi comprovado que o problema era causado pela região da barriga ou pelas pontas das asas do avião. A questão não era tão simples, pois, não adiantava simplesmente diminuir a largura da faixa, porque poderia piorar a situação. Outra técnica usada para contornar a situação era voar um pouco mais alto, principalmente no caso do BVO.

Concluiu-se que a eficiência da aplicação estava muito aleatória, conseguia-se êxito no serviço por mera coincidência e sorte. A partir dessas análises, sentiu-se a necessidade de desmascarar essa situação de uma vez por todas. Pensou-se em realizar uma experiência com cores diferentes. Então, elaborou-se várias experiências como segue:

## 2.1 PRIMEIRA EXPERIÊNCIA

### 2.1.1 Faixas Vermelhas Ímpares: 1, 3, 5 e 7

Foi estendida na pista uma bobina de papel branco com 40 cm de largura por 100 m de comprimento (Figura 5 e 6). O vento estava com 3 km/h de través, a UR com 75%, Temperatura com 27°C.

Foi preparada uma calda com 40 litros de água, com corante vermelho e colocado no *hopper* do avião, depois pulverizado com atomizadores, na taxa de aplicação de 10 l/há, voando-se a 3 metros de altura. Foi programado no DGPS faixa de 20 metros. Optou-se por voar a 3 m de altura (baixo), para provocar o erro que mais tem acontecido durante as aplicações.

Figura 5



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 6



Fonte: Dos autores, 2025.

## 2.2 CONTINUAÇÃO DA PRIMEIRA EXPERIÊNCIA

### 2.2.1 Faixas Azuis Pares

Após a primeira aplicação retornou-se para a base, foi lavado o sistema do avião e novamente colocado outra calda com 40 litros de água e corante azul. Voltou-se para o local da aplicação e aplicou-se nas faixas de números pares: 2, 4, 6 e 8, voando a 3mt de altura. Depois retornou-se para a base e foi-se até o local da aplicação analisar o que aconteceu.

### 2.3 RESULTADO DA PRIMEIRA APLICAÇÃO

A faixa ficou bem definida, onde começava e onde terminava, diferenciando bem entre o vermelho e o azul. Teve uma deposição bem clara de cobertura em 17 metros, e uma grande deficiência nos 3 metros onde ocorreu o encontro entre as duas faixas, vermelho e azul. Também, foi percebido, que no meio dos 17 metros, houve momentos em que teve concentração de produto em pequenas larguras, 70 cm, confirmando assim que o produto não teve tempo de se espalhar adequadamente, antes de atingir o alvo (Figuras 7, 8, 9, 10, 11 e 12).

Figura 7

• SÓ O AZUL → 11 METROS DO COMEÇO



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 8

AZUL DEFICIENTE → 15 METROS DO COMEÇO



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 9

SÓ VERMELHO (FRACO) → 13 METROS DO COMEÇO



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 10

**SÓ VERMELHO, (DEFICIENTE): 15 MT DO COMEÇO.**



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 11

**EMENDA DA FX VERMELHA E AZUL 4 MT MUITO FRACO**



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 12

CONCENTRAÇÃO DE PRODUTO – A CADA 70 cm



Fonte: Dos autores, 2025.

De acordo com a primeira experiência, na foto acima pode-se observar o momento em que acontece essa deficiência indesejável. Nesse caso, o avião está voando muito baixo com o vento fraco, não dando tempo suficiente para o produto sair do equipamento, se homogeneizar numa neblina uniforme, para depois atingir o alvo. Observa-se que o produto sai do atomizador em forma de tuchos, e já atinge a lavoura concentrando-se em espaços de 70 cm.

Outro problema observado, nessa situação de voo, é que ao momento em que o produto deixa o equipamento, ele atinge a superfície, e sobe novamente, ficando aleatoriamente no ar. Isso acontece também, por causa da altura do voo, com o vento fraco, ficando também a neblina de produto sob o efeito da resultante aerodinâmica do avião.

## 2.4 DEPOSIÇÃO DE PRODUTO INCORRETA (NA VERTICAL) (Figura 13).

Figura 13



Fonte: Dos autores, 2025.

## 2.5 SEGUNDA EXPERIÊNCIA: VOANDO NA ALTURA CERTA DE ACORDO COM O VENTO

Na segunda experiência foi estendido novamente o papel branco no chão, com 40 cm de largura por 100 metros de comprimento, as condições do tempo eram semelhantes da experiência anterior, no mesmo horário (16h45min), com vento de través de 3 km, temperatura de 27°C, UR 75%, com faixas programadas no DGPS de 20 metros.

Foi preparada uma calda com 40 litros de água com corante vermelho, e posto no *hopper* do avião, depois foi aplicado sobre o papel entendido, aplicou-se primeiro as faixas de números ímpares: 1-3-5-7. Desta vez, voou-se a 7 metros de altura, com faixas de 20 metros cada.

Imediatamente após o avião foi lavado no pátio de descontaminação, e novamente carregado com calda de 40 litros de água com corante azul. Decolou-se novamente, e executou-se as faixas de números pares: 2-4-6-8, também a 7 metros de altura com 20 metros de largura, as condições meteorológicas continuavam as mesmas (Figura 14).

Figura 14



Fonte: Dos autores, 2025.

## 2.6 RESULTADO DA SEGUNDA EXPERIÊNCIA

Logo após o voo, verificou-se no local e foi analisada a deposição do produto (Figura 15).

Figura 15

**PAPEL EXTENDIDO NA PISTA P/ SEGUNDA EXPERIÊNCIA**



Fonte: Dos autores, 2025.

O resultado foi muito bom, as faixas tiveram uma deposição uniforme, uma largura de 35 metros bem distribuída, sem concentração de produto indesejável. Teve partes da faixa, seria no começo, em que a cor única ficou mais forte e

predominante, aos poucos, as cores começavam a se mesclarem, invadindo o espaço uma da outra, até se tornarem um azul e vermelho homogêneo e uniforme.

A emenda entre as faixas ficou perfeita (Figura 16, 17).

Figura 16



Fonte: Dos autores, 2025.

RBAC & CIA  
Revista Brasileira de Aviação Civil

Figura 17



Fonte: Dos autores, 2025.

Após concluir a segunda experiência, obteve-se os seguintes resultados:

Figura 17

• 5 METROS SÓ DE VERMELHO



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 18

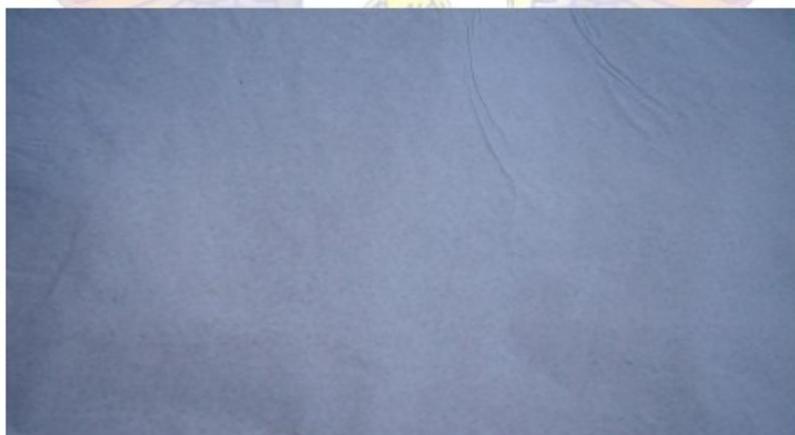
FX.VERMELHA C/ SOBREPOSIÇÃO DO AZUL→10M DO COMEÇO



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 19

LIMITE ENTRE VERMELHO E AZUL→15M DO COMEÇO DO VERMELHO



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 20  
SÓ O AZUL (A 4M DO COMEÇO)



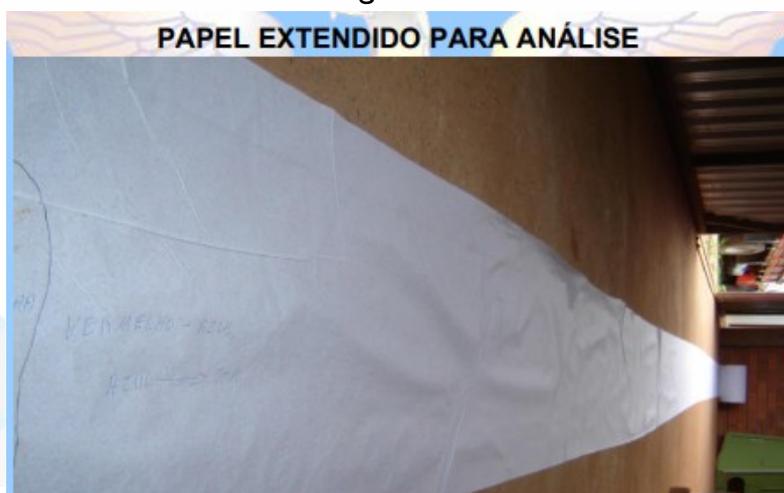
Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 21  
FX. AZUL C/ SOBREPOSIÇÃO DO VERMELHO → 6M DO COMEÇO



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 22  
PAPEL EXTENDIDO PARA ANÁLISE



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 23

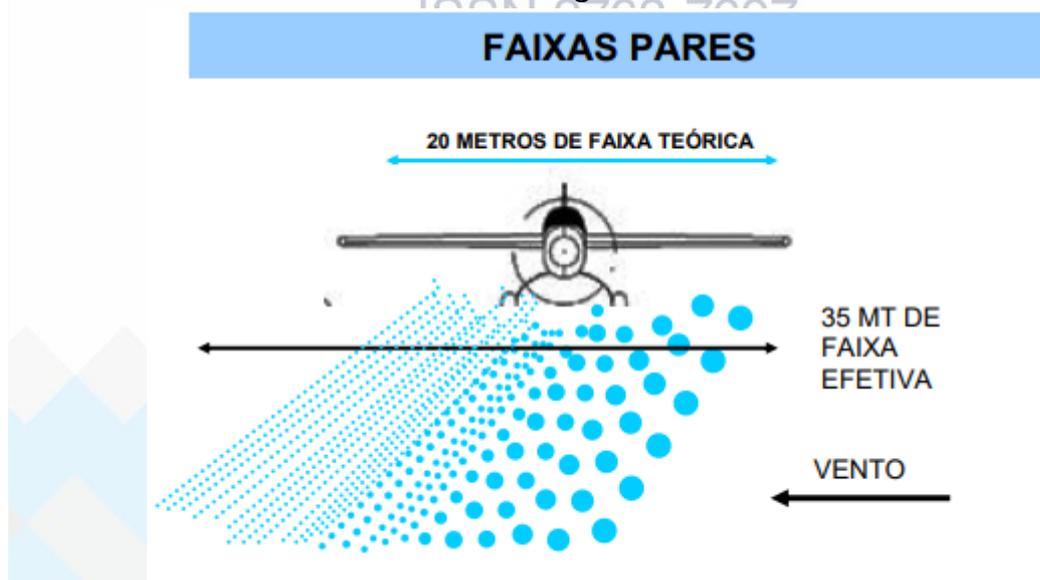


Fonte: Dos autores, 2025.

Ao contrário do que aconteceu na primeira experiência, para alguém que esteja observando em terra, a neblina da pulverização deve se deslocar pela lateral em relação ao sentido do tiro de aplicação.

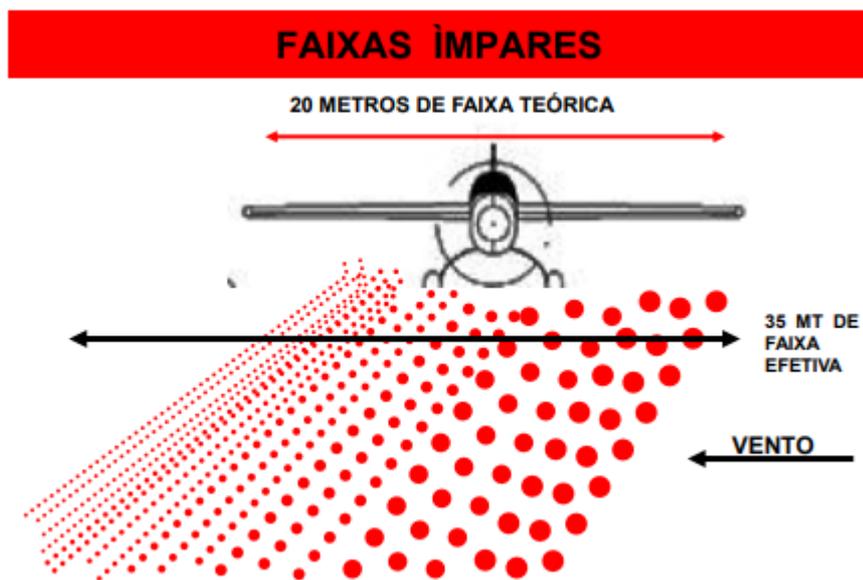
## 2.7 MECÂNICA DE DEPOSIÇÃO DAS GOTAS

Figura 24



Fonte: Dos autores, 2025.

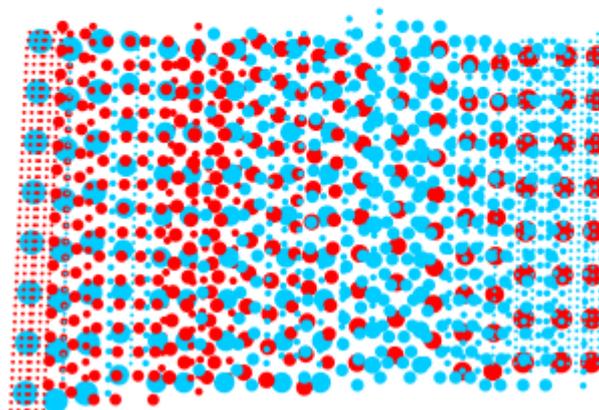
Figura 25



Fonte: Dos autores, 2025.

Figura 26

**SOBREPOSIÇÃO DAS GOTAS COM A JUNÇÃO DAS FAIXAS PARES COM AS ÍMPARES, DE ACORDO COM AS EXPERIÊNCIAS REALIZADAS ACIMA.**



Fonte: Dos autores, 2025.

Após várias experiências, concluiu-se que se respeitar-se os padrões de aplicação, os resultados terão uma qualidade muito elevada, minimizando a concentração de produto em alguns locais das faixas, nem deixando a lavoura toda

rajada, pois, precisamos entender que o avião deve funcionar como uma pistola de pintura como as usadas em pinturas de auto móveis, para isso devemos respeitar vários parâmetros tais como, largura da faixa, altura do voo, tamanho de gotas, volume de aplicação, temperatura, umidade, vento, mistura dos produtos etc.

## 2.8 TRABALHOU-SE EM VARIOS FATORES QUE ATUAM DIRETAMENTE NA QUALIDADE DA APLICAÇÃO

A partir desses trabalhos e várias outras experiências de outros colegas, concluiu-se que os padrões de aplicações a serem usados por nossas equipes terão as seguintes considerações. Hoje não se considera só do vento, mas sim do vento relativo demonstrado na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Velocidade do vento

VELOCIDADE DO VENTO RELATIVO	ALTURA DO VÔO
7 KM/H OU MAIS	3 METROS DE ALTURA
6 a 7 KM/H	4 METROS DE ALTURA
4 a 5 KM/H	5 METROS DE ALTURA
MENOS QUE 4 KM/H	6 METROS DE ALTURA
3 KM/H	6 a 7 METROS DE ALTURA.
MENOS QUE 3 KM/H	7 MT DE ALTURA COM MUITA ATENÇÃO NA DEPOSIÇÃO

Fonte: Dos autores, 2025.

## 2.9 NUNCA TRABALHAR COM VENTO NULO, DE RAJADA OU ALINHADO COM O TIRO

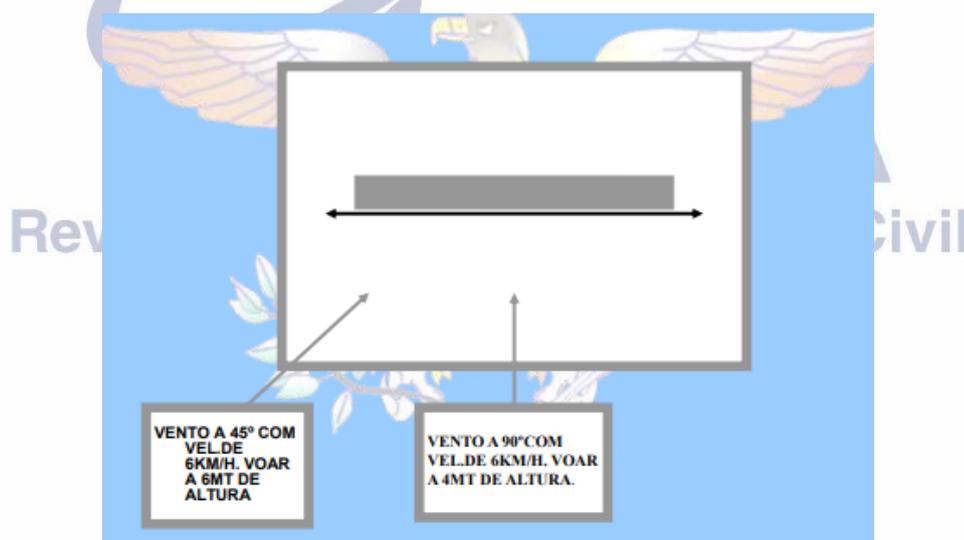
Tomou-se a definição como VENTO RELATIVO, por causa da direção que ele está fluindo sobre a área aplicada, em relação ao alinhamento do tiro. Por isso, a tabela acima não deve ser usada como uma fórmula cristalizada. Ela pode ser usada perfeitamente, só se vento estiver de través (90°) com o alinhamento do tiro. No mais, ela serve como referência ou parâmetro de que quanto maior o vento, mais baixo deverá voar, e vice-versa.

## 2.10 COM VENTO INFERIOR A 3 KM/H APLICAR SÓ EM EXTREMA NECESSIDADE

Portanto, é muito importante que, antes de começar a aplicação, se analise a UR, Temp. do Ar, e a velocidade e qual o ângulo de incidência do vento na área a ser aplicada. Numa situação normal, com vento de 6km/h, a 90° com a linha do tiro, temos que voar a 4 MT de altura. Todavia, se o vento com a mesma velocidade, incidindo num ângulo a 45° com a linha do tiro, tem-se que voar a 6 MT de altura.

Por isso, tanto o piloto, quanto o pessoal de apoio em terra devem estar monitorando as condições meteorológicas constantemente, pois, numa aplicação, no mesmo talhão, o vento pode variar de velocidade e direção facilmente. Com isso, precisamos ter o cuidado, de que, durante a aplicação teremos que mudar a altura do voo, conforme o vento, no talhão em que está sendo aplicado (Figura 27).

Figura 27



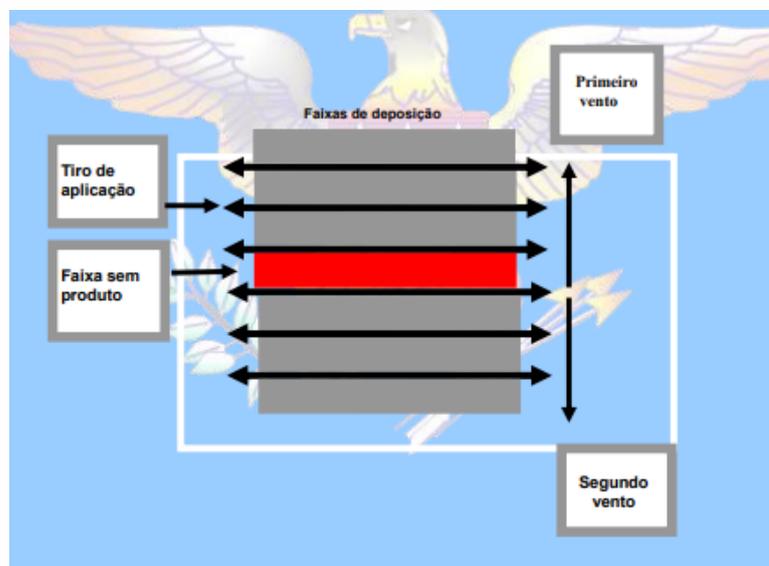
Fonte: Dos autores, 2025.

## 2.11 INVERSÃO DA DIREÇÃO DO VENTO

Outro problema detectado é quando o vento muda de sentido durante a aplicação, principalmente de um dia para outro. Precisa-se estudar bem a situação, e ver se há a necessidade de se repetir as últimas 2 faixas anteriores, para não

ficar deficiência na emenda, onde houve inversão da direção e sentido do vento (Figura 28).

Figura 28



Fonte: Dos autores, 2025.

## 2.12 INVERSÃO TÉRMICA

A inversão térmica é um fenômeno que acontece na natureza, fazendo com que certos elementos fiquem suspensos no ar, impossibilitando os mesmos de atingirem a terra ou o alvo desejado. O normal, é que a temperatura do ar, seja mais fria que a superfície da terra, nessas condições, a neblina da pulverização desse e consegue atingir o alvo. Entretanto quando a temperatura do ar se encontrar mais quente que a da superfície, acontece a inversão térmica.

Analisando alguns fenômenos da natureza, podemos observar os momentos em que acontece à inversão térmica: geralmente com mais incidência nas primeiras horas do dia (cedinho), à tardinha ou logo depois de uma chuva, na maioria das vezes tem poeira, fumaça ou neblina em suspensão colada na superfície, e, sempre com ausência de vento, ou com vento muito fraco. Deve ser evitadas aplicações nessas condições.

### 2.13 TURBULÊNCIA DURANTE O TIRO DE APLICAÇÃO

Ocorre durante o voo, o piloto sente a turbulência no avião, fazendo-o subir mais que a altura desejada, e, muitas vezes até tirando-o da linha do tiro. Isso acontece, porque houve um fenômeno conhecido como térmica. É uma bolha de ar quente que se formou na superfície, e, que começa a subir, surgindo assim os conhecidos redemoinhos.

Nesse local, o produto aplicado não atingirá o alvo desejado. Portanto, o ideal será, o piloto marcar esse ponto em seu DGPS e refazer esse pedaço novamente.

### 2.14 TURBILHONAMENTO DO AR NA SUPERFÍCIE

É um fenômeno que acontece quando o vento está fluindo sobre uma superfície irregular, provocando turbulências e um efeito cascata muito visível principalmente quando aplicado com algum produto mais branco, é semelhante com o que acontece no leito da corredeira de um rio. Essa situação pode causar deficiência na deposição da neblina de pulverização. Geralmente os obstáculos mais comuns, são os terraços e ondulações nas lavouras. O que poderia ser feito para amenizar essa situação, seria fazer os terraços mais longos suavizando assim a ação do vento.

### 2.15 BORDADURAS NA LAVOURA

É muito importante, que a aeronave ao entrar no tiro, já esteja configurada para tal manobra, como por exemplo, altura desejada, alinhada com o eixo da faixa solicitada, com as asas niveladas e velocidade recomendada. É importante saber, que a bordadura deve ser feita para corrigir as deficiências indesejáveis causadas pela inércia do produto, relacionado ao acionamento do equipamento, na entrada do tiro, bem como no momento em que se ultrapassa algum obstáculo. Deve-se observar, antes de se iniciar o tiro da bordadura, de qual setor está fluindo o vento,

pois em alguns momentos deveremos executar o voo dentro da área, e em outras situações, fora da área, para assim, atingir o alvo desejado.

## 2.16 CUIDADOS COM A CALDA

A cada adição dos ingredientes no misturador, deve ser verificado o pH de cada produto principalmente quando se utiliza óleo vegetal na mistura. É importante ler e entender bem sobre a formulação do defensivo, principalmente no que se refere ao pH dos mesmos, respeitar a ordem de mistura dos produtos, pois dependendo da sequência, um elemento pode anular outros, diminuindo assim o efeito do princípio ativo na lavoura.

Deve-se também, bater bem a calda no misturador em terra, para promover uma boa homogeneização, antes de abastecer o avião. É de suma importância que o piloto mantenha a bomba centrífuga da aeronave sempre acionada, em todas as fazes do voo, enquanto tiver produto no Hopper.

Deve-se trabalhar sempre com a *by-pass*, e, não com a bomba, nos momentos de abrir e fechar o produto, para assim promover uma boa mistura no *Hopper* do avião, ao contrário, ocorrerá a separação, em camadas de todos os elementos que compõe a calda, comprometendo assim a aplicação.

Todas às vezes, em que ocorrer algo estranho, reações químicas com a calda, deve-se comunicar o agrônomo, técnico agrícola ou responsável da fazenda, para identificar o problema. Também, é importante comunicar os responsáveis, todas as vezes que se suspeite de que uma dosagem de um determinado produto possa estar errada.

## 2.17 DEFINIÇÃO DO ALVO A SER ATINGIDO

É muito importante que antes de iniciar a aplicação, seja definido com os responsáveis (agrônomos, técnicos, gerente, piloto) qual o alvo que pretende se atingir, também qual a localização do mesmo, dentro da lavoura, se está no baixeiro, no meio ou na parte superior da planta. É preciso considerar também como está a

densidade das plantas, o fechamento nas linhas do plantio, com essas variáveis trabalha-se o tamanho de gotas.

As experiências comprovaram, que para se atingir as partes inferiores das plantas em lavoura muito densa e fechada, somente com gotas finas, abaixo de 60 micras. Esse tamanho de gotas, somente é possível com atomizadores rotativos e com boa regulagem na RPM.

Já para produtos que podem afetar as lavouras vizinhas, não podendo ter deriva indesejáveis, precisa-se trabalhar com gotas maiores, de acordo com a agressividade do produto, tais como os herbicidas, dessecantes, entre outros. Nesses casos, o acompanhamento por terra de alguém que entenda de aplicação é de suma importância, pois tem dispersão de gotas que é impossível de ser observado pelo piloto, em voo quanto a sua deriva.

## 2.18 PAPÉIS SENSÍVEIS E ESPELHOS

Outra técnica muito importante é o uso de papéis sensíveis ou espelhos para identificar como está a penetração e a distribuição do produto no meio da cultura. Lembrando que o papel sensível para aplicação com água, é diferente do que o aplicado com óleo.

## 3 CONCLUSÃO

O objetivo desse trabalho foi apresentar os problemas mais comuns que ocorrem durante uma aplicação aérea, podendo causar danos graves à lavoura, afetando diretamente a produção.

O mundo da agricultura oferece grandes espaços a serem melhorados, tanto nas áreas tecnológicas, das máquinas, bem como no campo de trabalho. O resultado desse trabalho pode repercutir diretamente na qualidade, produtividade, e lucro, bem como diminuindo os danos à natureza.

Esta Pesquisa de Campo, demonstra uma experiência na aplicação aérea de defensivos nas lavouras e aceita novas sugestões e pesquisas que venham melhorar a qualidade dos serviços da aviação agrícola nacional.

*“Partindo do princípio de que se a cada ano que passa, não melhorarmos pequenos detalhes em nossos serviços, poderemos estar errando e desperdiçando recursos”.*

