

## **Análise de deposição de gotas por digitalização de Imagens**

Eng.Agr. Eduardo Cordeiro de Araújo

Eng.Comp. Ricardo Matsumura de Araújo

[www.agronautas.com](http://www.agronautas.com)

### **APRESENTAÇÃO**

O processo de análise de gotas por digitalização de imagens foi desenvolvido com a finalidade de agilizar e proporcionar mais precisão a esta etapa importante do processo de aplicação de agroquímicos via líquida.

Este tipo de análise é baseado em programas de computador especialmente desenvolvidos para tal finalidade.

Um dos programas atualmente disponíveis é o “ AgroScan”, desenvolvido pelos autores então sob a titularidade da empresa Agrotec Tecnologia Agrícola e Industrial Ltda, de Pelotas, RS. A monografia original (de 2001, revisada em 2007) que descreve esta tecnologia é aquela publicada pela Agrotec em [www.agrotec.etc.br](http://www.agrotec.etc.br) (“Análise de gotas em pulverizações agrícolas utilizando digitalização de imagens”).

Com os direitos de uso cedidos aos autores, o programa sofreu aperfeiçoamentos e tem sua monografia atualizada e disponibilizada no site “ Agronautas” ([www.agronautas.com](http://www.agronautas.com)).

O software “AgroScan” foi desenvolvido com o objetivo de agilizar os processos de análises de deposição de gotas, em especial as geradas por aplicações aéreas.

Os direitos de uso e propriedade são reservados aos autores.

O software “AgroScan” está registrado no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial).

## 1. Introdução

Em toda aplicação de produtos fitossanitários na forma líquida, seja ela efetuada por pulverizadores terrestres ou aéreos (aviões agrícolas), é imprescindível poder avaliar a cobertura da superfície tratada. Os parâmetros mais comumente utilizados são:

a) **Diâmetro médio de gota** (expressa a dimensão média das gotas depositadas)

b) **Densidade de gotas** (expressa em gotas / cm<sup>2</sup>, define a intensidade da cobertura da área)

c) **Espectro de gotas** : expressa a uniformidade das gotas, mediante o desvio do diâmetro médio. A Amplitude Relativa é um parâmetro estatístico para expressar numericamente o espectro de gotas.

d) **Volume de aplicação** (ou taxa de aplicação) : consiste no volume de calda do produto aplicado por unidade de superfície. É calculado mediante fórmulas que correlacionam a vazão aplicada (litros / minuto) com a largura da faixa de deposição e velocidade do equipamento aplicador. O volume de aplicação pode, também, ser estimado pela análise da Densidade de Gotas e Diâmetro médio de gotas, acima referidos.

e) **Percentual de recuperação** : é a diferença, expressa em percentagem, entre o volume que realmente atingiu o alvo e o volume aplicado. As diferenças (perdas), geralmente são devidas à evaporação e arraste (deriva) para fora do alvo, por ação do vento, temperatura e umidade relativa do ar.

f) **Percentual de recobrimento** : é a relação entre a área total do coletor e a área efetivamente coberta pela aplicação.

Embora importantes, os parâmetros acima (principalmente os das letras "a", "c", "e" e "f") são pouco observados na prática, em função da dificuldade de

observação, a campo. A densidade de gotas é possível de ser avaliada, desde que se disponha dos equipamentos mínimos para tal.

Já em aplicações destinadas a Pesquisa e introdução de novos produtos e / ou equipamentos, é indispensável fazer todas as avaliações acima descritas, necessitando-se para tal, equipamentos dispendiosos, pessoal treinado e muito tempo disponível.

## **2. Técnicas até então empregadas.**

Para a avaliação da **densidade de gotas** comumente são empregadas, como substrato, tiras de papel sensíveis à água, ou a óleo, conforme o caso, sobre as quais é aplicado o produto em uso, ficando destacado, em coloração diversa da original, apenas os pontos que receberam gotas do produto. Estes pontos são, então, contados, com auxílio de lupa e escala graduada, definindo-se a **Densidade de gotas, em gotas/cm<sup>2</sup>**. Em média usam-se 40-50 cartões em cada passagem do equipamento (aplicação aérea). Em cada cartão (medindo aproximadamente 3 x 7 cm) são contadas as gotas em três setores diferentes, escolhidos ao acaso, obtendo-se a média das três leituras.



**Figura 1- Aspecto típico de cartão hidro-sensível após coleta de gotas**

Para a avaliação do **diâmetro médio de gotas** utiliza-se o mesmo substrato e, empregando lupa e graticula, mede-se um determinado número de "manchas" no papel (por exemplo, 200 "manchas" em cada cartão). Uma vez medidas, as "manchas" têm seu diâmetro corrigido pelo **fator de espalhamento** do substrato em uso e obtém-se, assim, em cada cartão, uma população de gotas, de diâmetros variados que são, então, agrupadas em classes das quais é

calculado o **diâmetro médio numérico** (DMN) que é a soma dos diâmetros dividido pelo número de gotas e, por métodos estatísticos, o **diâmetro médio volumétrico** (VMD), que define que metade do volume pulverizado encontra-se dividido em gotas com diâmetro menor que o VMD e a outra metade do volume está dividido em gotas com diâmetro médio acima do VMD.

Com base na **densidade de gotas** e no seu **diâmetro médio**, é possível, então, calcular o volume, em litros / hectare, que foi depositado em cada cartão, podendo-se avaliar a eficiência e a uniformidade daquela aplicação.

Como todo o trabalho é manual, o tempo e a exatidão das medidas ficam severamente prejudicados, daí a necessidade de automatizar ao máximo o processo, em benefício da rapidez e exatidão.

### **3. Nova técnica, já em uso : análise através da digitalização de imagens**

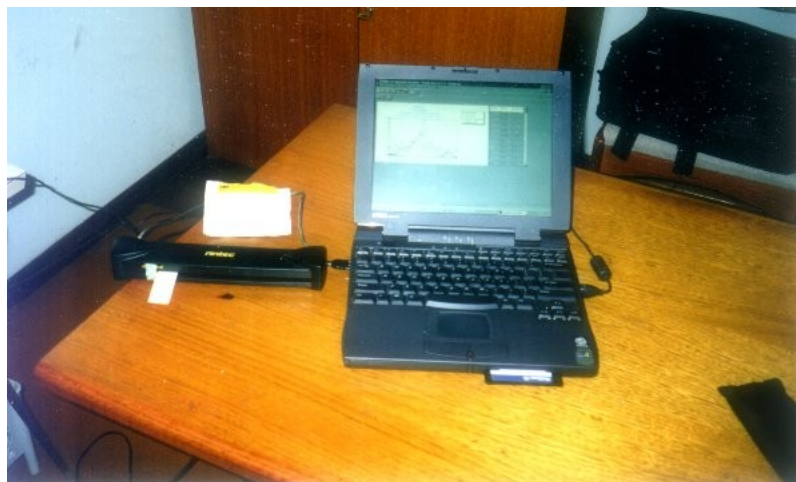
Visando resolver as dificuldades acima, idealizou-se um sistema que permite agilizar o processo e evitar os erros induzidos pela dificuldade, natural, de contar e medir gota por gota, o que induz o operador a uma grande fadiga, aumentando as chances de erros. O processo consiste na **análise através da digitalização de imagens**.

Em resumo o processo consiste em, obtidas as amostras das gotas pelo mesmo método acima descrito (pulverização sobre cartões sensíveis à água ou a óleo), levar estas imagens a um digitalizador de imagens ("scanner"). Uma vez digitalizadas, as imagens obtidas são tratadas com um programa (software) especialmente elaborado para tal finalidade que conta e mede as gotas em cada cartão.

Como saída, obtém-se a listagem das gotas, já classificadas e em condições de, automaticamente, serem submetidas à seção seguinte do programa, que faz a análise estatística e lista, na tela do computador e/ou na impressora, todos os dados desejados, que normalmente são:

a ) **Para cada cartão** : Diâmetro Médio Numérico (DMN), Diâmetro Médio Volumétrico (VMD), Densidade de Gotas, Volume aplicado por unidade de área (Taxa de aplicação) e Amplitude Relativa.

b) **Para o conjunto de cartões** : gráficos comparativos, indicando a variação dos parâmetros acima em cada cartão (que correspondem aos diversos pontos da faixa de deposição), permitindo avaliar o Desvio Padrão e o Coeficiente de Variação. Pode-se, ainda, simular os resultados que serão obtidos por diferentes espaçamentos de faixas de deposição paralelas e contíguas, de forma a recomendar a melhor largura de faixa efetiva em cada caso e / ou necessidade de modificar a distribuição dos dispositivos pulverizadores, de forma a melhorar a uniformidade de distribuição.



**Figura 2 – Aspecto do conjunto para digitalização e processamento**

#### **4. Benefícios**

Uma vez obtidas as amostras, mediante procedimento comum a ambos os métodos (coleta em cartões sensíveis), o grande benefício do método idealizado sobre o anterior reside no **menor tempo necessário à análise, sua precisão e portabilidade do equipamento**.

No que se refere ao tempo, estima-se que, no método tradicional, para processar 50 cartões, conferir, tabular os resultados e obter os resultados finais, sejam necessários cerca de 3 (três) dias, utilizando duas pessoas. Já o novo método permite o processamento e análise dos mesmos 50 cartões em cerca de 30 minutos, em trabalho feito por apenas uma pessoa.

Além disso, os equipamentos utilizados na nova técnica (computador, scanner e o software) são de custo mais baixo do que os equipamentos convencionais (lupa binocular e graticulo de Porton). Especialmente se o computador utilizado for do tipo "notebook" ou "laptop", computadores portáteis, todo o conjunto pode ser facilmente transportado, permitindo seu uso, inclusive, "a campo", enquanto que as metodologias atuais não dispensam o laboratório.

Outra vantagem refere-se à "repetibilidade" do processo : uma gota aparecerá como tendo sempre o mesmo diâmetro, em diferentes leituras, o que raramente ocorre com o processo manual, em que a avaliação do operador pode diferir a cada leitura, com mais frequência.

A única limitação ao método, na fase atual de desenvolvimento, consiste na impossibilidade de separar duas gotas que, tendo se depositado muito próximas uma da outra, tenham pontos de superposição, o que faz com que o sistema as considere como uma única gota, naturalmente de diâmetro maior. Como, porém, esta ocorrência tem, percentualmente, pouca frequência (1% ou menos, dependendo da menor ou maior densidade de gotas), esta limitação, principalmente nas aplicações com baixos volumes de calda não chega a prejudicar o processo.

## 5. Materiais e métodos empregados

Para a utilização da nova técnica são utilizados :

**a) Cartões hidro ou óleo-sensíveis** (p.ex "Spraying Systems Water Sensitive Paper" ou equivalente), dos quais se disponham os fatores de espalhamento para cada classe de diâmetro de gota.

**b) Computador compatível com PC-IBM** , com ambiente operacional Windows, e com, no mínimo, 212 Mb de memória RAM e 50 Mb de espaço disponível no disco rígido. A rapidez do processo será diretamente proporcional à velocidade do computador utilizado e do tamanho da memória RAM. Maior rapidez obtém-se com computadores equipados com processadores com velocidade igual ou superior a 500 MHz.

**c) Scanner manual**, que possibilite resolução de, no mínimo, 300 DPI (600 DPI recomendada), e respectiva placa controladora (ou conexão USB), ou, ainda, um scanner "de mesa", o que diminui a portabilidade do conjunto, mas aumenta sua precisão. O scanner deverá ser compatível com o padrão "Twain". A precisão da análise aumenta com maiores resoluções de digitalização.

**d) Software dedicado**, específico para a tarefa (AgroScan©).

## 6. Procedimentos

Uma vez coletadas as gotas sobre os cartões, na disposição adequada ao processo do qual se deseja verificar a eficácia, espera-se secar as gotas (no mínimo 1 minuto) e recolhem-se os cartões, identificados quanto às suas posições na área-teste.

Estando o computador ligado e o módulo do software responsável pela operação do scanner ativado e calibrado previamente, procede-se a execução da etapa do programa responsável pela digitalização dos cartões. Os cartões podem ser digitalizados individualmente (scanner manual) ou em lote (scanner de mesa).

Após a digitalização de cada cartão ou do lote, o operador seleciona a área a ser amostrada em cada cartão, fazendo a captura de uma determinada seção de cada cartão (por exemplo, 3 cm<sup>2</sup>, 6cm<sup>2</sup>, etc.)

Finalizada a digitalização dos cartões através do scanner, o operador, mediante um comando do teclado ou "mouse", inicia o processamento dos

cartões, **processo daí em diante totalmente automático**. O processamento, efetuado pelo programa dedicado, consiste em, através de algoritmos especiais, identificar, contar e medir as gotas, obtendo-se o diâmetro de cada gota, levando ainda em consideração o “fator de espalhamento” de cada “mancha” no papel, fator este fornecido pelo fabricante do substrato e introduzido no código do programa.

O resultado (gotas / cm<sup>2</sup> e diâmetro de cada gota) é armazenado pelo computador, aguardando o final do processamento de todos os cartões.

Ao final, o programa divide em classes (intervalos definidos pelo programador) as gotas de cada cartão permitindo o seu tratamento estatístico, efetuado pelo mesmo programa podendo então ser retirados, em listagens, os resultados obtidos. As classes são, tipicamente gradadas a intervalos de 50 micra.

À opção do operador, o programa permite que, com os dados acima, sejam também construídos gráficos e calculados o Desvio Padrão e o Coeficiente de Variação das gotas, seja em uma única faixa, seja na simulação de faixas sobrepostas utilizando-se diversos espaçamentos entre faixas.

Nas páginas do Apêndice 1 são mostrados exemplos de “telas” geradas pelo AgroScan.

O Apêndice 2 contém instruções para coleta das gotas e envio dos papéis sensíveis para análise.

Pelotas, março de 2007

Revisado em março de 2012

Eduardo Cordeiro de Araújo

Ricardo Matsumura de Araújo



**Bibliografia consultada:**

**Akesson, N.B et alli** - Drop Size Control and Aircraft Spray Equipment - Agricultural Aviation; Vol 16 No. 1 1974 IAAC, pag 7.

**Burgoyne, W.E. et alli** - Application rate and droplet size : their effect on pesticides dispensed by air over heavy vegetation cover; Agricultural Aviation - Vol. 15 No. 3, 1973 - IAAC, pag 70

**Johnstone, D.R. et alli** - Penetration of spray droplets applied by helicopter into a riverine forest habitat of tsetse flies in West-Africa; Agricultural Aviation - Vol. 16 No. 3 - 1974 ; IAAC , pag.71

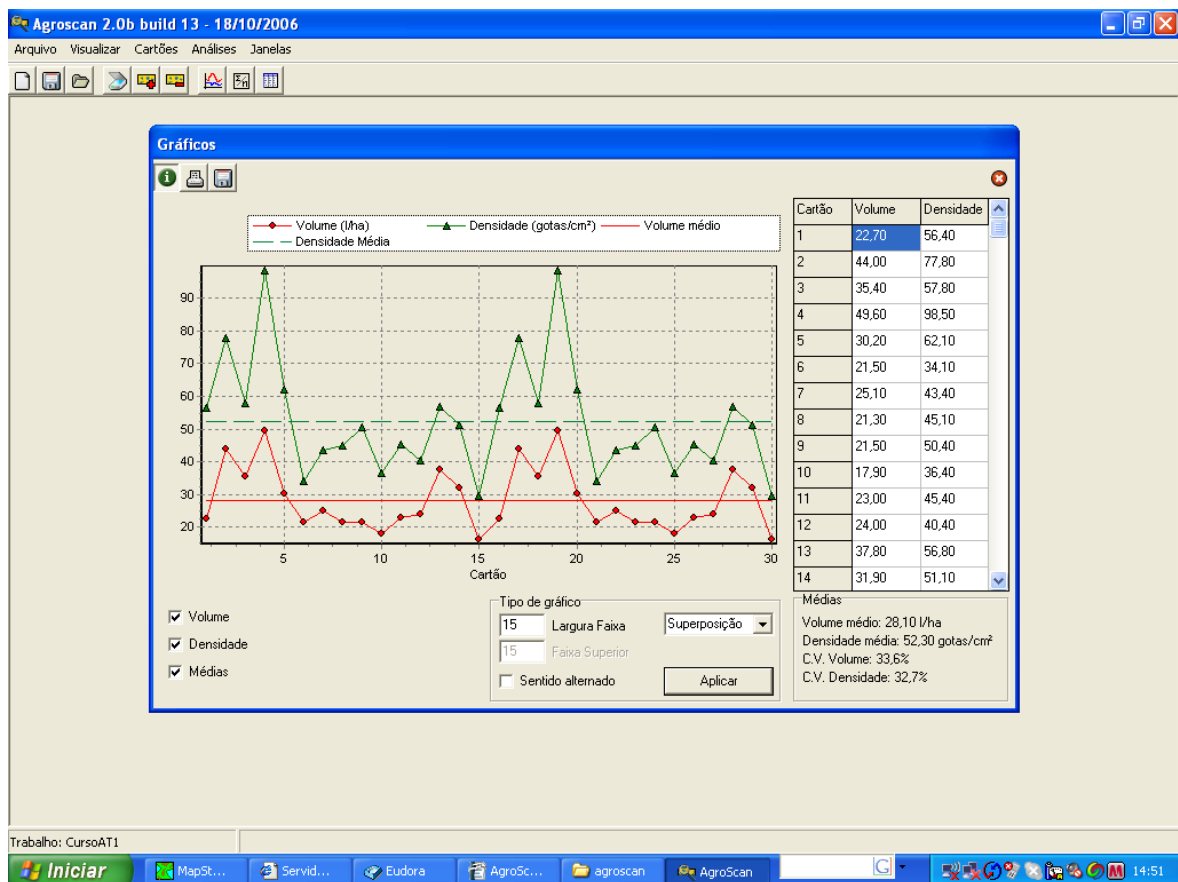
**Pessoa, M.C. e Chaim, A.** - Modelo Numérico para estimativa das perdas de herbicida por pulverização aérea através da utilização de papel hidrosensível ; Nota Prévia; 1996

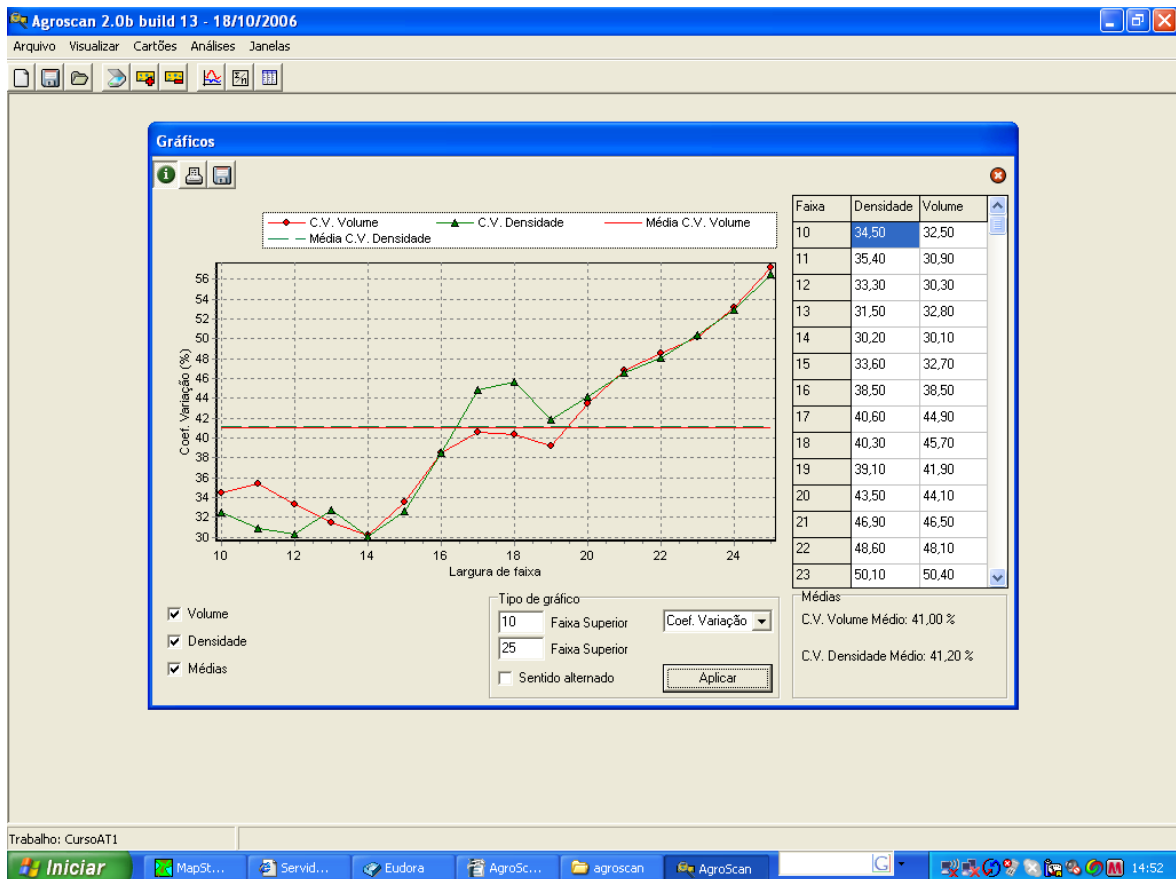
**Araújo, E.C e Araújo, R.M.** - Análise de gotas em pulverizações agrícolas utilizando digitalização de imagens. Agrotec Tecnologia Agrícola e Industrial. Em [www.agrotec.etc.br](http://www.agrotec.etc.br)

## APÊNDICE 1

### Exemplos de Telas / Relatórios

– **Software “AgroScan” © -**





## APÊNDICE 2

### SISTEMA DE ANÁLISE DE DEPOSIÇÃO (AgroScan)

#### Instruções para a coleta e envio dos cartões para análise

##### 1. Observações iniciais:

- Utilizar cartões hidro / óleosensíveis "Teejet"(® Spraying Systems Co.), cujos fatores de espalhamento sejam conhecidos.
- Os resultados serão fornecidos utilizando os fatores de espalhamento informados pelo fabricante dos cartões, sem levar em consideração eventuais alterações pela adição de produtos e/ou adjuvantes à água ou óleo.

##### 2. Coleta:

- Abrir as embalagens dos cartões imediatamente antes do uso
  - Não tocar com as mãos a face sensível dos cartões.
  - Numerar os cartões em suas margens, utilizando no máximo 1 cm da borda lateral (no sentido da maior dimensão)
  - Proteger os cartões do contato com a umidade das plantas e do solo, utilizando suportes apropriados
  - Não efetuar a coleta em dias excessivamente úmidos (neblina etc). **A umidade relativa do ar deverá estar abaixo de 70%.**
- 
- **Para coleta de faixas simples, com a finalidade de analisar o perfil da "faixa de deposição":**
    - △ Utilizar número de cartões suficiente para capturar toda a faixa de deposição, evitando que caiam gotas fora dos extremos da linha de cartões

- ⤴ Colocar a linha de cartões perpendicular ao vento (tolerância  $\pm 20^\circ$ )
  - ⤴ Espaçar os cartões uniformemente (melhor espaçamento = 1 m)
  - ⤴ Posicionar os cartões horizontalmente, no nível do solo ou o mais próximo possível, considerando que devem ficar acima de qualquer vegetação existente. Fixar os cartões por qualquer meio seguro e que não interfira com a superfície superior dos cartões (p. exemplo, fita adesiva no verso dos cartões e placas de vidro ou madeira como suporte).
  - ⤴ Efetuar o vôo contra o vento, iniciando a aplicação no mínimo a 100 m antes da linha de cartões e interrompendo-a no mínimo 100 m após a linha de cartões. Fazer o vôo sobre o centro da linha de cartões, utilizando balizamento apropriado.
  - ⤴ a velocidade do vento não deverá ultrapassar 8 Km/h, medido a 2 m sobre os cartões.
  - ⤴ o local do teste deve ser desprovido de obstáculos, ao vôo e à deposição sobre os cartões
  - ⤴ - utilizar água limpa
  - ⤴ anotar a direção e velocidade do vento, temperatura e umidade relativa, no momento da passagem do avião sobre os cartões.
- **Para coleta de faixas superpostas, na lavoura ou em testes fora dela, observar ainda, o seguinte:**

- △ a direção do vento, neste caso, será a normal existente na aplicação, sendo desejável o vento a 90°
- △ colocar a linha de cartões, uniformemente espaçados, em local que ainda não tenha sido atingido direta ou indiretamente pelo produto aplicado.
- △ Não recolher os cartões antes que se tenha certeza de que já não chegue mais produto até eles.
- △ Anotar direção e velocidade do vento, temperatura e umidade relativa no momento das passagens do avião sobre os cartões.

- **Para coleta de gotas visando avaliação de deriva:**

- colocar os cartões em estacas de altura apropriada (por exemplo 1,5 m), ficando os cartões na posição vertical, com a face voltada para a área onde está sendo feita a aplicação, Posicionar os cartões até a distância máxima que se queira avaliar a deriva, espaçando-os, por exemplo, de 50 em 50 metros, 100 em 100 etc. Anotar, exatamente, as distâncias.

- **No caso de coleta de gotas visando avaliar a cobertura em diversas alturas, penetração na folhagem etc:**

- △ colocar os cartões nas posições desejadas, fixando-os à própria folhagem (cuidado com a existência de orvalho ou umidade excessiva) ou em estacas com alturas adequadas.
- △ retirar os cartões 1 minuto, no mínimo, após ter certeza de que não cairá mais nenhuma gota da aplicação que está sendo conduzida.

- **Após a passagem do avião:**

- ⤴ aguardar no mínimo 1 minuto antes de recolher os cartões;
- ⤴ numerar os cartões, **iniciando da esquerda (do avião), para a direita**. Anotar e informar o número do cartão sobre o qual passou o avião (centro da faixa).
- ⤴ desprezar os cartões que, com certeza, não tenham recebido gotas, com exceção do primeiro cartão imediatamente anterior ao que recebeu as primeiras gotas e do posterior ao que recebeu as últimas gotas .
- ⤴ **não** proteger os cartões, individualmente com qualquer meio (fita adesiva, "papel contact" etc);
- ⤴ colocar os cartões em embalagem à prova de umidade (por exemplo a embalagem original, vedando-a hermeticamente e identificando-a externamente, com o número/nome do teste ( até 8 dígitos).

### 3. Remessa dos cartões para análise

- Enviar os cartões, adequadamente embalados (embalagem original ou papel alumínio), fazendo acompanhar cada conjunto (de até 50 cartões) do formulário adequado (um formulário para cada conjunto de cartões referente a cada teste).

**APÊNDICE 2 – Formulário de solicitação de análise de deposição de líquidos**

( 1 formulário para cada conjunto de cartões)

**1. Informações essenciais:**

Nome / Razão Social do solicitante:		
Endereço :		
Cidade:	UF:	CEP :
Fone :	e-mail :	
CNPJF / CPF :		
Nome para contato:		Assinatura:

Identificação do teste (até 8 dígitos) :		Data da coleta:	
Número de cartões:		Espaçamento entre cartões (m):	
Tipo de coleta : <input type="checkbox"/> faixa simples ou <input type="checkbox"/> superpostas a campo			
Largura da faixa (m) (apenas para faixas superpostas a campo):			
Finalidade do teste :	<input type="checkbox"/> perfil de faixa;	<input type="checkbox"/> avaliação de deriva.	
	<input type="checkbox"/> avaliação de penetração;	<input type="checkbox"/> outra (especificar abaixo).	
Número do cartão central :		Ângulo dos cartões:	
Posição do cartão 1 em relação à passagem do avião: <input type="checkbox"/> Esquerda; <input type="checkbox"/> Direita			

**2. Informações opcionais:**

AVIÃO / PULVERIZADOR : Marca:		Modelo:	
Bicos Teejet : Número de bicos:	Ponta:	Core:	Ângulo:
Bicos CP / Stol: Número de bicos:	Restritor:		Defletor:
Atom. Rotativo: Marca/Modelo:	Unidades:	Restritor:	Pás(°):
Outro especificar):			
Pressão (psi) :	Velocidade de vôo:	Altura do vôo (m):	
Rumo do vôo : (graus magnéticos):		Direção do vento (graus magnéticos):	
Velocidade do vento:	Temperatura:	U.Relativa%:	
Vazão (l/min):	Taxa de aplicação (l/ha):		

**3. Tipo de análise desejada:**

<input type="checkbox"/>	Análise simples resumida (lista com resumo de cada cartão e 1 gráfico).
<input type="checkbox"/>	Análise simples extensiva (1 lista p/ cada cartão, lista resumo e 1 gráfico).
<input type="checkbox"/>	Análise completa com _____ superposições simuladas
<input type="checkbox"/>	Sentido das superposições simuladas :        mesmo;        alternado.
<input type="checkbox"/>	Limites de largura de faixa p/ superposição : inferior = ____ m ; superior = ____ m