

10085

CNPMA

1999

FL-10085

ISSN 1516-4675

Ministério
da Agricultura
e do Abastecimento

GOTA5

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA ESTIMAR UNIFORMIDADE DE GOTAS E VOLUME DE DEPOSIÇÃO DE CALDA PULVERIZADA (VERSÃO 0.5)

Maria Conceição P.Y. Pessoa
Aldemir Chaim
Luiz Carlos Hermes

Embrapa

GOTA5: Programa computacional

1999

FL-10085

Meio Ambiente



37529-1

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: Fernando Henrique Cardoso

Ministro da Agricultura e do Abastecimento: Marcus Vinícius Pratini de Moraes

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Presidente: Alberto Duque Portugal

Diretores: Dante Daniel Giacomelli Scolari

José Roberto Rodrigues Peres

Elza Angela Battaglia Brito da Cunha

Embrapa Meio Ambiente

Chefe Geral: Bernardo van Raij

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento: Deise M. Fontana Capalbo

Chefe Adjunto Administrativo: Vander Roberto Bisinoto



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

GOTA5

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA ESTIMAR UNIFORMIDADE DE GOTAS E VOLUME DE DEPOSIÇÃO DE CALDA PULVERIZADA (VERSÃO 0.5)

Maria Conceição P.Y. Pessoa
Aldemir Chaim
Luiz Carlos Hermes

Jaguariúna, SP
1999

EMBRAPA MEIO AMBIENTE. Boletim de Pesquisa, 6

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP-340 - km 127,5 - Bairro Tanquinho Velho

Caixa Postal 69 13820-000 - Jaguariúna, SP

Fone: (019) 867-8700 Fax: (019) 867-8740

e-mail:sac@cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicações: Aldemir Chaim, Célia M. M. de S. Silva, Franco Lucchini, Julio F. de Queiroz, Magda A. de Lima e Maria Cristina Tordin.

Revisão: Denise Moraes de Oliveira

Produção Gráfica: Regina L. Siewert Rodrigues, Franco Ferreira de Moraes e Denise Moraes de Oliveira

Normatização: Maria Amélia de Toledo Leme

Tiragem: 500 exemplares

PESSOA, M.C.P.Y; CHAIM, A.; HERMES, L.C. **Gota5: programa computacional para estimar uniformidade de gotas e volume de deposição de calda pulverizada (versão 0.5).** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 31p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 6).

CDD 005.3042

©EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 1999

SUMÁRIO

Resumo.....	05
Abstract.....	06
Introdução.....	07
1. Materiais e métodos.....	13
A) Obtenção das informações de entrada do programa.....	13
B) Organização do arquivo de dados a ser lido pelo programa.....	14
C) Os métodos utilizados nos procedimentos do programa.....	16
D) Um exemplo prático de utilização do programa.....	18
2. Resultados e Discussão.....	19
A) Algoritmo do programa.....	19
B) Telas do programa.....	21
C) Implementação computacional.....	22
D) Discussão dos resultados obtidos para o exemplo de utilização.....	22
3. Conclusões.....	23
Figuras	24
Referências Bibliográficas.....	31

GOTA5

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA ESTIMAR UNIFORMIDADE DE GOTAS E VOLUME DE DEPOSIÇÃO DE CALDA PULVERIZADA (VERSÃO 0.5)

Maria Conceição P.Y.Pessoa¹
Aldemir Chaim²
Luiz Carlos Hermes³

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal apresentar um programa computacional desenvolvido para estimar a taxa de uniformidade X volume (L/ha) de gotas de herbicidas coletadas em papel hidrossensível usado em amostragens de campo. Esse programa calcula o diâmetro mediano numérico, o diâmetro mediano volumétrico e o volume (L/ha) para cada amostra coletada. Estas informações podem ser posteriormente apresentadas na tela ou na impressora. Estatísticas básicas, como média e desvio padrão, são feitas para verificar a eficiência global da aplicação. Sua utilização reduz o tempo para a obtenção dos resultados em 99,94 %.

PALAVRAS-CHAVE: programa computacional; herbicidas; pulverização aérea; uniformidade de gotas.

¹ Matemática Aplicada, Ph.D., Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000 Jaguariúna, SP.

² Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Embrapa Meio Ambiente.

³ Bioquímico, M.Sc., Embrapa Meio Ambiente.

ABSTRACT

The present work had as main objective to present a computational program developed to estimate the uniformity rate and volume (L/ha) of herbicide droplets collected on hydrosensitive paper used in field sampling. This program evaluates the numeric median diameter, volume median diameter and volume (L/ha) for each sample collected. After that these information could be printed or displayed on the screen. Basic statistics like average and standard deviation are done to present a global idea of the efficiency of the application. The present program reduces in 99.94 % the time involved to obtain the results.

KEY-WORDS: computer program; herbicides; aerial spraying; uniformity of droplets.

INTRODUÇÃO

A preocupação crescente da opinião pública com a contaminação do ar, as culturas, os aquíferos superficiais e os seres vivos, além do impacto visual e econômico que a deriva de alguns herbicidas provoca em culturas vizinhas, vem gerando grande estímulo para se acompanhar e avaliar as perdas ocasionadas pelo processo de aplicação de agrotóxicos. Para uma aplicação eficiente, é indispensável que se consigam densidade e tamanho adequado de gotas, a fim de atingir o alvo com a menor perda. O parâmetro de maior influência na aplicação do produto é o tamanho da gota produzida pelo bico de pulverização.

Estudos comprovam que grande parte dessas gotas, lançadas pelos bicos de pulverização durante uma aplicação aérea, não atinge o alvo desejado e, portanto, a quantidade de produtos que efetivamente se deposita nessa área tem sido muito menor que a quantidade aplicada. Entretanto, a maior parte desses estudos não especifica a quantidade de princípio ativo que efetivamente atinge o alvo.

Ware et al. (1970) foi um dos poucos que apresentaram resultados de 16 ensaios, quantificando a deposição de inseticidas ocorrida nas culturas de alfafa e algodão, no período de 1961 a 1969. Esses dados levaram os autores a concluir que, após a pulverização aérea, menos de 50% do inseticida haviam sido depositados na área alvo. Os métodos adotados para a quantificação desses valores de deposições geralmente utilizam análises químicas de traçadores ou dos próprios agrotóxicos. Contudo, são caros e pouco acessíveis às empresas de aplicação aérea, ou até mesmo para as instituições de pesquisas que atuam na área de tecnologia de aplicação.

A eficiência de aplicação do produto é verificada através da determinação da taxa de uniformidade de gotas (Johnstone, 1978), que é

encontrada pela razão entre o valor do diâmetro mediano volumétrico (VMD) e o valor do diâmetro numérico (NMD) e expressa a uniformidade do conjunto de gotas ou o espectro de variação do tamanho das gotas.

O VMD (“Volume Median Diameter”) é o diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas metades iguais, isto é, metade do volume pulverizado é constituída de gotas maiores que o VMD, e a outra metade é constituída de gotas menores que esse valor.

O NMD (“Numeric Median Diameter”) é o diâmetro da gota que divide o número de gotas em duas porções iguais, isto é, metade das gotas do conjunto é maior que NMD e a outra metade, menor. Os valores de VMD e NMD são afetados pela proporção de gotas grandes e pequenas. A uniformidade desejada para a pulverização compreende valores onde a razão entre VMD e NMD é maior que 1 e próxima a esse número.

O valor da uniformidade (r), quanto mais se afastar de 1,0, indica maior heterogeneidade das gotas. Até o valor $r \leq 1,4$, o conjunto de gotas é considerado homogêneo.

O volume de cada gota pode ser expresso por $\pi D^3 / 6$ onde D é o diâmetro da gota e pode ser medido com o microscópio.

Conhecendo-se o diâmetro e o número de gotas que se depositam sobre uma área conhecida é possível estimar o volume do líquido total presente nessa superfície. Por outro lado, conhecendo-se a concentração da calda de agrotóxico aplicada em algum tipo de alvo específico, viabiliza-se estimar o nível de resíduo presente na amostra.

Chaim et al. (1998) desenvolveram um método para estimar o volume de calda que atinge o alvo através da análise de gotas, utilizando nas amostragens papéis hidrosensíveis. Entretanto, a análise desses papéis para a determinação da taxa de uniformidade de gotas depositadas nas áreas alvo e de deriva, geralmente utilizados na ordem de centenas, não vem

sendo trabalho prático e fácil aos profissionais da área de aplicação aérea de herbicidas.

O método utilizado para a obtenção desses valores, descrito por Mathews (1982), necessita que o usuário informe o número de gotas por classes de tamanho de gotas (em micrômetros).

Alguns pesquisadores têm utilizado, para realizar as medições dessas gotas, sistemas computadorizados cujos programas estão baseados em técnicas de reconhecimento de padrões e de processamento digital de imagens para a realização deste trabalho. Em sua maioria, as imagens dos papéis ou folhas com as gotas amostradas são capturadas por câmera de vídeo CCD ou por "scanners", a fim de que as imagens sejam digitalizadas para posterior análise dos padrões de deposição.

Um desses sistemas, desenvolvido por Franz (1993), trouxe a imagem capturada por "scanner", com resolução de 63,5 micrômetros/pixel e obteve medições precisas para manchas de gotas amostradas em papel kromekote, dentro do intervalo de tamanho de gotas de 210 a 1050 micrômetros.

Outro sistema computacional, desenvolvido por Derksen & Jiang (1995), capturou imagens de gotas de traçadores fluorescentes em alvos artificiais ou folhas de plantas (Jiang & Derksen, 1995), por meio de uma câmera CCD monocromática e permitiu medir manchas de gotas no intervalo de 5 a 1000 micrômetros.

Embora esses equipamentos e sistemas computacionais encontrem-se disponíveis, muitas vezes não são de fácil acesso ao usuário, frente aos custos envolvidos na sua aquisição e utilização. Além disso, o processo de captura das imagens tem que ser de boa resolução para considerar gotas muito pequenas (de 30 a 75 micrômetros), o que não ocorre na maioria dos processos disponíveis, que geralmente capturam gotas de tamanhos

superiores a 75 micrômetros.

A escolha de um método mais simples e de custo acessível deve considerar a disponibilidade de equipamentos comuns para a análise, como, por exemplo, um microscópio para medir as gotas de produtos coletadas em papéis hidrosensíveis, utilizados na amostragem de campo.

Na ausência de equipamentos mais sofisticados para a contagem das gotas, este dado de entrada é obtido por microscópio com uma grátula acoplada à ocular. É um processo muito desgastante para o usuário, pois necessita que sejam classificadas um mínimo de 200 gotas por placa amostrada, para garantir-se a confiabilidade do método de classificação.

A ausência de programas computacionais, menos sofisticados, específicos para a contagem e estimativa de uniformidade de gotas e da disponibilidade de sistemas modulares, que permitissem ao usuário a aquisição de módulos computacionais específicos em função dos recursos que possuem para a aquisição dos dados, impede a diminuição do tempo utilizado no processo de cálculo da eficiência de aplicação do produto, desestimulando sua prática.

Assim, quando não se pode fazer uso desses recursos computacionais, o processo de contagem de gotas e as etapas envolvidas no método de determinação do VMD e do NMD torna-se extremamente desmotivador para os profissionais da área de tecnologia de aplicação, dada a grande quantidade de cálculos, e a necessidade de elaboração de gráficos das distribuições acumuladas de volume e número médio de gotas envolvidas, em amostragens realizadas em papéis hidrosensíveis, espalhados na faixa de aplicação (Hill & Inaba, 1989). Este procedimento demanda tempo e está sujeito a erros do operador, visto que cada papel amostrado deve ser analisado e que a quantidade de papéis necessária para amostragens em campo aumenta em função da área a ser analisada.

Além disso, a determinação da quantidade de produto depositada é encontrada mediante análise de resíduos efetuada em cada amostra, o que encarece sobremaneira a determinação da quantidade de produto efetivamente depositada na faixa de aplicação.

Assim sendo, visando a facilitar o trabalho desses profissionais, foi desenvolvido um programa computacional na EMBRAPA-CNPMA denominado GOTA, em linguagem Q-BASIC 4.5, que apresentava parâmetros de importância para o cálculo da uniformidade de gotas coletadas em amostragens realizadas no campo, em questões de segundos, agilizando a obtenção dos resultados necessários para avaliar a eficiência da aplicação dos produtos no campo. Nesse programa, os dados de entrada eram lidos em um arquivo onde estavam contidas informações relativas à quantidade de placas a serem analisadas, diâmetros médios de leituras, utilizados para a leitura de cada placa, e quantidade de gotas em cada diâmetro médio que foram amostradas em cada placa de papel hidrosensível.

A partir deste protótipo, surgiu o outro protótipo denominado GOTA2 (Pessoa & Chaim, 1997). Esta nova versão diferenciava-se da primeira na forma de entrada dos dados. Nesta, os dados de entrada armazenados em arquivo externo lido pelo programa informavam o diâmetro de leitura ao invés do diâmetro médio. A partir dessa informação, o programa realizava as operações necessárias para a obtenção do diâmetro médio de leitura, pois incorporava um modelo empírico para o cálculo do fator de espalhamento das gotas para cada diâmetro de leitura registrado. Ambas as versões deixavam disponível ao usuário a elaboração dos gráficos de VMD, NMD e de frequência de gotas (N) para cada placa amostrada, calculando o volume (L/ha) nela depositado, a partir da informação da densidade de gotas (gotas/cm²) digitada pelo usuário quando solicitada.

A partir desses dois protótipos surgiu um mais recente, que

incorporou à leitura automática das densidades de gotas (gotas/cm²) depositadas em cada placa amostrada, as estatísticas básicas para a obtenção dos resultados médios para o experimento, além de fornecer um relatório resumo de volume (l/ha), VMD e NMD obtidos para todas as placas amostradas. Nessa versão, denominada GOTA5, o programa não deixa disponível os gráficos das versões anteriores, visando a agilizar a obtenção dos resultados médios para o experimento e, portanto, otimizando o tempo de processamento das análises. Além disso, o programa é executado em modo “stand-alone”, podendo ser facilmente utilizado em qualquer tipo de computador pessoal, sem necessitar que o usuário possua sua linguagem computacional para executá-lo.

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo apresentar o algoritmo do programa GOTA5, salientando sua entrada de dados no que se refere à formatação exigida para uma boa utilização da ferramenta. Além disso, foi apresentado um exemplo de sua utilização e tempo de processamento das informações, comparando-as com a utilização do mesmo arquivo de entrada de dados utilizado no GOTA2.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

A) OBTENÇÃO DAS INFORMAÇÕES DE ENTRADA DO PROGRAMA

Quando não se dispõe de um sistema automático para a leitura das gotas coletadas em cada papel hidrosensível utilizado em amostragens de campo, o mesmo deve ser analisado em microscópio comum, contendo uma graticula acoplada à ocular de classificação para o tamanho das gotas.

Foi utilizada a Graticula de Porton N-G12, que apresenta linhas paralelas a uma linha base Z, que aumentam em progressão geométrica de $2^{\frac{1}{2}}$.

As marcas deixadas pelas gotas no papel foram posteriormente medidas, alinhando-se sua borda com a linha base Z da graticula e verificando a linha coincidente com a borda oposta da gota depositada. Se a medida da gota ficasse entre duas linhas da graticula, ela seria classificada pela graticula de maior valor.

As medições dos tamanhos de gotas foram feitas procurando-se analisar todas as gotas visualizadas no campo focal do microscópio, passando-se sucessivamente para novos campos até a medição de pelo menos 200 gotas (Rose, 1963) em cada papel hidrosensível colocado no microscópio. Para os casos de amostras com quantidade de gotas inferior a 200, a medição foi realizada em todas as manchas de gotas encontradas no papel.

Após a calibração da graticula, foi encontrado o diâmetro de leitura (DL) da maior ou da menor gota e a partir dele foram calculadas as faixas de classificação das gotas em progressão ascendente de $2^{\frac{1}{2}}$, se apresentado o menor valor, ou em progressão descendente de $2^{-\frac{1}{2}}$, se apresentado o maior valor. Dessa forma, as classes ou faixas foram igualmente espaçadas em uma escala logarítmica e, posteriormente, deu-se a contagem da densidade

de gotas (gotas/cm²) coletadas na placa em análise.

O procedimento descrito acima foi repetido para todas as placas amostradas no campo.

B) ORGANIZAÇÃO DO ARQUIVO DE DADOS A SER LIDO PELO PROGRAMA

O programa foi desenvolvido para que arquivos de dados tipo texto pudessem ser lidos. Sugere-se que seja dada a extensão DAT a esses arquivos de dados para que eles sejam associados de forma mnemônica a "dados".

A primeira linha deste arquivo conteve as seguintes informações, separadas por vírgula:

- a) quantidade de placas a serem lidas (usadas no experimento);
- b) quantidade de diâmetros de leituras que realmente apresentaram quantidade de gotas maiores que zero mais um. Este diâmetro de leitura a mais é o imediatamente superior àquele em que foi registrado o primeiro valor diferente de zero. Esta informação é necessária para o cálculo posterior pelo programa do diâmetro médio;
- c) valores dos diâmetros de leitura em ordem crescente, lembrando-se de informar o primeiro diâmetro de leitura imediatamente superior àquele em que foi registrado o primeiro valor diferente de zero.

Cada linha subsequente apresentou informações relativas a cada uma das placas amostradas. Essas informações foram o número da placa e as quantidades de gotas contadas para cada DL informado na primeira linha do arquivo. Todas as informações, com exceção da última, foram separadas por vírgula.

Apresenta-se, a seguir, o arquivo DECAMPO3.DAT como um exemplo para deixar mais claro o procedimento descrito acima.

3,14,47,67,95,134,190,269,380,537,760,1075,1520,2150,3040,4299
100,0,0,0,3,27,28,41,36,20,14,7,2,0,0,51
106,0,0,0,3,34,34,55,56,25,23,3,1,0,0,32
135,0,0,0,45,46,38,35,30,10,3,2,2,0,0,31

A linha 1 deste exemplo deve ser interpretada da seguinte forma:

- a) serão analisadas "3" placas de papéis hidrosensíveis;
- b) serão fornecidos "14" valores de diâmetros de leitura (DL);
- c) os valores de diâmetros de leitura encontrados neste experimento são "47", "67", "95", "134", "190", "269", "380", "537", "760", "1075", "1520", "2150", "3040" e "4299", no qual o primeiro valor, a saber "47", foi o valor de DL imediatamente superior àquele em que foi registrado o primeiro valor diferente de zero.

A linha 2 deste exemplo deve ser interpretada da seguinte forma:

- a) a placa a ser analisada é a de número "100";
- b) Dados, do exemplo acima, tabelados (Tabela 1);
- c) A placa número 100 contém "51" gotas por cm² de densidade.

As linhas 3 e 4 apresentam as mesmas considerações já ressaltadas para a linha 2.

TABELA 1: Dados da linha 1 do arquivo DECAMPO3.DAT, na forma de tabela.

DL	número de gotas
47	0
67	0
95	0
134	3
190	27
269	28
380	41
537	36
760	20
1075	14
1520	7
2150	2
3040	0
4299	0

C) OS MÉTODOS UTILIZADOS NOS PROCEDIMENTOS DO PROGRAMA

Os métodos utilizados para encontrar o VMD, NMD e o volume (L/ha) em cada placa amostrada foram descritos em Pessoa & Chaim (1997) e as considerações mais importantes para cada um deles serão apresentadas.

Para cada placa amostrada o programa executa os seguintes métodos:

a) correção do DL através de seu respectivo fator de espalhamento: este procedimento é realizado através do uso do modelo empírico (1)

$$fe(DL) = 0,8419 + 0,000152 * DL + 0,1758 * \ln(DL), \text{ com } r^2 = 0,9947$$

(1) ajustado para os diferentes tamanhos de gotas e seus respectivos fatores de espalhamento (Pessoa & Chaim, 1997).

b) determina-se a quantidade total de volume encontrada em cada classe, pela quantidade de gotas lidas na classe i , (N_j) , multiplicada pelo volume

da gota média encontrada na classe, (DM_i^3) e calculam-se as distribuições acumuladas de número de gotas e de volume pelo método tradicionalmente conhecido (Mathews, 1982).

- c) obtêm-se os valores de VMD e NMD, utilizando-se o método numérico de interpolação polinomial nas colunas das percentagens acumuladas, visto que esses valores são encontrados aos 50% do valor acumulado de volume e de número de gotas, respectivamente.
- d) estima-se o volume(L/ha) segundo o método de Chaim et al. (1998), para cada placa amostrada, usando a fórmula (2):

$$V_{\text{gota}} = \pi * \text{densi} * \frac{1}{6 * 10^7} * \frac{\sum_{i=1}^n N_i DM_i^3}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

onde:

V_{gota} = volume em L/ha;

densi = densidade de gotas na placa (gotas/ cm^2);

$\pi = 3,1416$;

N_i = quantidade de gotas lidas na classe i, (DM_i^3);

DM_i^3 = volume da gota média encontrada na classe i.

Os valores de número da placa NMD, VMD e volume (L/ha) são armazenados para todas as placas amostradas em vetores.

Posteriormente, o usuário poderá escolher entre as opções de apresentar os valores na tela ou imprimi-los.

As estatísticas básicas de média e desvio padrão para NMD, VMD e volume também são fornecidas como resumo da análise do experimento.

Após calcular esses valores, é fornecido o valor da uniformidade de gotas do experimento através do cálculo da razão entre o VMD e o NMD médios.

A uniformidade desejada para a pulverização compreende valores onde a razão entre VMD e NMD é maior que 1 e próxima a esse número.

O valor da uniformidade (r), quanto mais se afasta de 1,0, indica maior heterogeneidade das gotas. Até o valor $r \leq 1,4$, o conjunto de gotas é considerado homogêneo.

D) UM EXEMPLO PRÁTICO DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

Os dados analisados pelo programa foram gerados em experimento de dia de campo realizado pela Embrapa Meio Ambiente, Embrapa Clima Temperado e Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas, RS.

O ensaio realizado contou com a aplicação de produto em meio aquoso por aeronave EMB 201, com altura de vôo de 3m, velocidade de 105 milhas/h (4,25 ha/min), 26 bicos D8-46 com pressão de 30 PSI, dispostos em ângulo de 135 graus com vazão de 138 L/min e faixas de aplicação de 15m.

- Foram distribuídas 150 placas de papel hidrossensível em uma área de 50 X75m;
- Os papéis foram distribuídos em 10 placas X 15 placas de 5 em 5 metros;
- O tempo gasto na aplicação foi de 1h 12min e a quantidade de produto gasta foi de 155 L/ha;
- As 150 placas amostradas foram posteriormente analisadas em microscópio, conforme método já descrito neste boletim;
- Os dados foram posteriormente digitados em arquivo texto, denominado

DECAMPO.DAT (6.182 bytes de memória), conforme orientações já descritas (Vide Anexo A);

- Posteriormente o programa foi executado digitando-se GOTA5;
- Foi solicitado pelo programa o nome do arquivo de dados e, assim, digitou-se DECAMPO.DAT (FIGURA 1);
- Posteriormente, escolheu-se a opção 1 do menu para que fossem realizados os cálculos para a obtenção dos valores de NMD, VMD e volume (L/ha) para as 150 placas analisadas neste experimento;
- A opção 2 do menu do GOTA5 possibilitou visualizar os resultados obtidos por placas de duas formas: listados na tela (FIGURA 2) e apresentados em impressora (Vide Anexo B);
- Para a obtenção do resultado final do experimento, escolheu-se a opção 3 do menu principal do GOTA5. O resultado global do experimento, apresentado na tela conforme ilustra a FIGURA 3, é apresentado a seguir:

- a) NMD - médio: 160 ± 22
- b) VMD - médio: 328 ± 62
- c) Volume - médio: $21,97 \pm 9,39$
- d) Uniformidade - média: 2,05

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A) ALGORITMO DO PROGRAMA

O algoritmo de funcionamento do programa GOTA5 é apresentado a seguir:

INÍCIO

Informar o nome do arquivo de dados externo;

Ler do arquivo de dados a quantidade de placas a serem analisadas
FAÇA (Para cada placa a ser analisada)

{

Ler do arquivo de dados a quantidade de gotas (N) em cada classe de diâmetro de leitura (DL) e a densidade de gotas;

Calcular fator de espalhamento para cada diâmetro de leitura (fe(DL)), segundo modelo empírico apresentado;

Encontrar o diâmetro corrigido;

Calcular o diâmetro médio (DM);

Calcular ΣN , ΣNDM^3 para todas as classes de DM;

Obter as distribuições acumuladas de N e de DM^3 ;

Realizar as interpolações lineares nos pontos que acumulam 50% nas duas distribuições a fim de encontrar o diâmetro mediano numérico (NMD) e o diâmetro mediano volumétrico (VMD);

Estimar o volume em L/ha utilizando a fórmula matemática já discutida;

Armazenar as informações desta placa: número da placa, NMD, VMD e volume (L/ha);

}

ATÉ {ter lido a última placa com papel hidrosensível};

Calcular os valores médios e os desvios padrão para os valores de NMD, VMD e volume (L/ha) armazenados;

Calcular a uniformidade de gotas;

SE desejar apresentar resultados, ENTÃO escolher forma de apresentação:

SE listar em papel, ENTÃO imprimir;

CASO CONTRÁRIO, apresentar resultados na tela;

SE deseja analisar outra amostragem de placas, ENTÃO retornar ao INÍCIO;

FIM.

B) TELAS DO PROGRAMA

O GOTA5 possui 4 telas.

A tela 1 (FIGURA 4) apresenta considerações sobre a entrada de dados. Nela, o usuário informará o nome do arquivo que contém os dados do experimento que deseja analisar e também o caminho (ou diretório) onde está localizado o arquivo, caso não esteja no mesmo local onde está o programa GOTA5.

Após digitar o nome do arquivo de dados, o usuário aguardará alguns segundos e teclará a "barra de espaço". A partir daí, aparecerá a segunda tela (FIGURA 5) que contém um menu onde se encontram 4 opções:

- 1.- Cálculo do volume, VMD e NMD por placa amostrada;
- 2.- Imprimir resumo por placa;
- 3.- Resultado final do experimento;
- 4.- Sair do programa;

A primeira opção realizará os cálculos de NMD, VMD e volume por placa, armazenando as informações relativas a todas as placas analisadas no experimento. Finalizada esta operação, o programa retornará ao menu principal.

A segunda opção apresentará os resultados gerados na primeira opção da Tela 3 do computador ou na impressora, em formato de tabela contendo o número da placa, o NMD, o VMD e o volume (L/ha). Após executar este procedimento, o usuário deverá teclar a barra de espaço para retornar ao menu principal do programa.

A terceira opção irá gerar os resultados médios do experimento, através da execução de estatísticas básicas (média e desvio padrão) nos dados de NMD, VMD, volume (L/ha) e a taxa de uniformidade de gotas, os quais serão apresentados na Tela 4. Esses resultados serão apresentados na

tela e aguardarão que o usuário tecele a barra de espaços para retornar ao menu principal.

Após essa execução, o usuário poderá encerrar a utilização do GOTA5, escolhendo a opção 4, ou poderá reutilizar o programa para a análise de outro experimento.

C) IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

O algoritmo já descrito foi implementado em linguagem computacional Q-BASIC 4.5. O programa fonte utiliza 17.388 bytes de memória e em seu modo executável, "stand-alone", 60.644 bytes de memória e pode ser facilmente utilizado em computadores pessoais, sem a necessidade de instalação de sua linguagem computacional de elaboração.

D) DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA O EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO

Sabendo-se que foram aplicados 32 L/ha de produto e que o coletado pelo experimento, conforme resultado apresentado pelo programa, foi de 21,97L/ha, em média, estima-se uma perda de produto de 31%.

A obtenção do NMD, VMD, Uniformidade e volume de calda depositada (L/ha) encontradas pelo programa foi obtida em 17 segundos, enquanto o mesmo procedimento executado pelo usuário demandaria 10 dias (de oito horas de trabalho cada), totalizando 288000 segundos. Assim, o programa otimizou em 99,99% a obtenção dos resultados de eficiência da aplicação. Mesmo considerando um tempo adicional de meio dia (4h), gasto com a digitação do arquivo de entrada de dados, o tempo total gasto pelo programa para a obtenção dos resultados seria de 14417s, correspondendo a uma melhoria de 99,94%.

3. CONCLUSÕES

- 1.- O programa calcula NMD, VMD, volume de calda depositado (L/ha) e Uniformidade de Gotas;
- 2.- O programa apresenta grande portabilidade e ocupa pouco espaço de memória para ser executado em modo "stand-alone";
- 3.- O programa utiliza como entrada de dados as informações sobre a quantidade de gotas em cada diâmetro de leitura do microscópio, estima volume segundo método desenvolvido pelo CNPMA-EMBRAPA e encontra os valores de VMD e NMD por interpolação linear;
- 4.- O programa diminui o tempo gasto pelo usuário para a obtenção dos resultados.

Anexos

Figuras 1 a 5

* CNPMA/EMBRAPA - PROJETO TERRAS BAIXAS *				
* PROGRAMA DE CALCULO DE UNIFORMIDADE DE GOTAS *				

RESUMO DA ANALISE:				
PLACA	DENSIDADE	VOLUME	NMD	UMD
1	23.00	13.54	133	296
2	16.00	9.53	125	324
3	20.00	14.33	126	339
4	21.00	12.89	124	292
5	21.00	12.89	124	292
6	28.00	21.63	118	367
7	35.00	16.95	106	319
8	34.00	14.43	119	236
9	14.00	27.84	218	368
10	13.00	1.83	105	141
11	42.00	29.54	132	298
12	20.00	18.32	151	319
13	25.00	23.36	130	386
14	24.00	15.74	149	266
15	36.00	16.27	123	246
15	31.00	11.71	123	215

Figura 2. Tela 3 - Tela de apresentação parcial dos resultados obtidos pelo GOTA5 para cada placa amostrada.

```
*****
* CNPMA/EMBRAPA - PROJETO TERRAS BAIXAS *
* PROGRAMA DE CALCULO DE UNIFORMIDADE DE GOTAS *
*****

*****
VALORES MEDIOS PARA O EXPERIMENTO:
*****

VOL(l/ha)= 21.97 +- 9.39
NMD= 160 +- 22
UMD= 328 +- 62
UNIFORMIDADE= 2.05
```

Figura 3. Tela 4 - Tela de apresentação dos resultados globais do experimento analisado pelo GOTA5

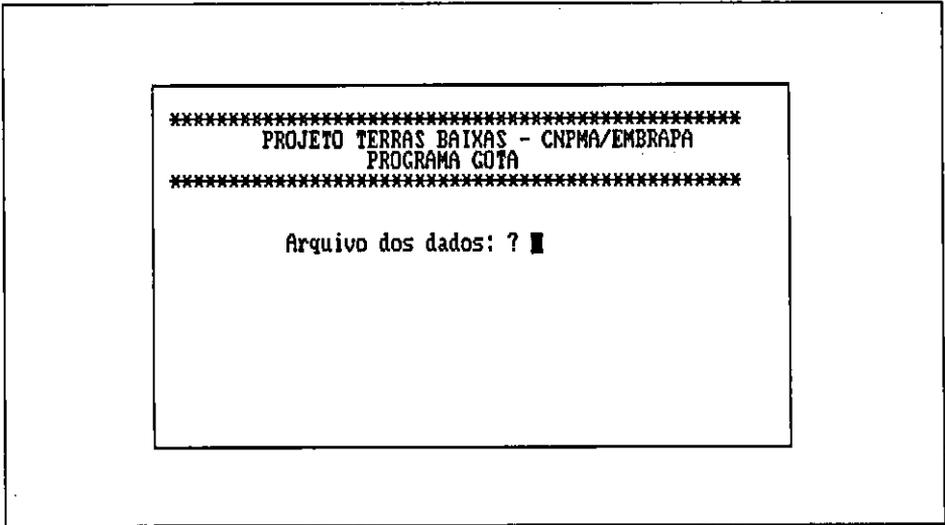


Figura 4. Tela 1 - Solicita o nome do arquivo de entrada de dados do GOTA5.

```
*****
* CNPMA/EMBRAPA - PROJETO TERRAS BAIXAS *
* PROGRAMA DE CALCULO DE UNIFORMIDADE DE GOTAS *
*****
MENU PRINCIPAL:
  1- Calculo do volume, UMD e NMD por placa amostrada
  2- Imprimir resumo por placa
  3- Resultado Final do Experimento
  4- Sair do Programa
Digite a opcao desejada: ? █
```

Figura 5: Tela 2 - Menú principal do GOTA5.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAIM, A.; MAIA, A.H.N.; PESSOA, M.C.P.Y.; HERMES, L.C. Método alternativo para estimar a deposição de agrotóxico com uso de papel sensível à água. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 33p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 3). Aceito para publicação em 27/10/1998
- DERKSEN, R.C.; JIANG, C. Automated detection of fluorescent spray deposits with a computer vision system. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.38, n.6, p.1647-1653, 1995.
- FRANZ, E. Spray coverage analysis using a hand-held scanner. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.36, n.5, p.1271-1278, 1993.
- HILL, B.D.; INABA, D.J. Use of water-sensitive paper to monitor the deposition of aerially applied insecticides. *Journal of Economic Entomology*, College Park, v.82, n.3, p.974-980, 1989.
- JIANG, G.; DERKSEN, R.C. Morphological image processing for spray deposit analysis. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.38, n.5, p.1581-1591, 1995.
- JOHNSTONE, D.R. Statistical description of spray drop size for controlled drop application. In: SYMPOSIUM ON CONTROLLED DROP APPLICATION, 1978, Reading, UK. *Proceedings...* Croydon: British Crop Protection Council, 1978. p.35-42. (BCPC Monograph, 22).
- MATHEWS, G.A. *Pesticide application methods*. London: Longman, 1982. 336p.
- PESSOA, M.C.P.Y.; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de perdas de herbicidas por pulverização aérea. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 1997. 19p. (aguardando publicação).
- ROSE, G.J. *Crop protection*. London: Leonard Hill, 1963. 490p.
- WARE, G.W.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D.; WITT, J.M. Pesticide drift. IV. On target deposits from aerial application of insecticides. *Journal of Economic Entomology*, College Park, v.63, n.6, p.1982-1983, 1970.

Embrapa

Meio Ambiente


Brasil
EM AÇÃO


**GOVERNO
FEDERAL**