

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO TAMANHO DO ALVO E CONDIÇÕES OPERACIONAIS
SOBRE A UNIFORMIDADE DE DEPOSIÇÃO DE PULVERIZAÇÕES
EM PRÉ-EMERGÊNCIA**

GUSTAVO RADOMILLE TOFOLI

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia-
Área de concentração Proteção de Plantas

BOTUCATU – SP
Janeiro – 2001

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DO TAMANHO DO ALVO E CONDIÇÕES OPERACIONAIS
SOBRE A UNIFORMIDADE DE DEPOSIÇÃO DE PULVERIZAÇÕES
EM PRÉ-EMERGÊNCIA**

GUSTAVO RADOMILLE TOFOLI

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia-
Área de concentração Proteção de Plantas

BOTUCATU – SP
Janeiro – 2001

As minhas amadas, esposa Marise e filha Letícia pelo convívio, compreensão, paciência, exemplo de amor, garra, força e eterno carinho e respeito.

DEDICO

Aos meus pais Antonio e Lúcia, pelo exemplo de honestidade e perseverança, sacrifício, apoio, orientação e amor em mim depositados

e

Às minhas irmãs Gisele e Giovana pela credibilidade em mim depositados.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela sublime oportunidade de vida, por vitórias conquistadas e principalmente pela Sua presença em todos os momentos da minha vida.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini, pela amizade, orientação, auxílio nas horas mais difíceis e dedicação dispensada durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Dagoberto Martins, pela amizade, aprendizado e confiança em mim depositada.

Ao Departamento de Produção Vegetal pelo aprendizado e oportunidade.

As secretárias Vera L. Rossi e Ilanir R. R. Bocetto do Departamento de Produção Vegetal – setor de Agricultura, pela amizade e auxílio na eliminação de problemas encontrados no decorrer do trabalho.

A CAPES pela bolsa concedida.

Ao Programa de Pós Graduação em Agronomia área de concentração em Proteção de Plantas, pela oportunidade e formação.

À Faculdade de Ciências Agronômicas / UNESP – Câmpus de Botucatu, pela oportunidade de especialização na área de Agronomia.

Aos amigos Eduardo Negrisoli, Marcelo Andreotti, Anderson L. Cavenaghi, Drolhe, Robson R.M. Barizon e Augusto G.F. Costa, pelas indispensáveis e valiosas colaborações nas várias etapas do trabalho.

Aos funcionários do laboratório de Matologia Sr. Armando, Beto e Dorival Pires, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho

A todos muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
5.1. Local.....	17
5.2. Equipamentos e material	17
5.3. Alvos.....	19
5.4. Pulverização disposição dos alvos.....	22
5.5. Coleta, lavagem e preparo das amostras.....	25
5.6. Leitura das amostras e análise dos dados.....	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
7. CONCLUSÕES.....	55
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
Lista de Quadros.....	V
Lista de Figuras.....	VI

LISTA DE QUADROS

QUADRO	Página
1 Condições ambientais no momento da aplicação.....	24
2 Resultados das análises de regressão entre os depósitos de K e Cu (em porcentagem da média) e as frequências acumuladas utilizando-se o modelo de Gompertz, nos diferentes tamanhos de alvo, para bico de jato plano (API 110- 02).....	32
3 Resultados das análises de regressão entre os depósitos de Ca e Zn (em porcentagem da média) e as frequências acumuladas utilizando-se o modelo de Gompertz, nos diferentes tamanhos de alvo, para bico de jato cônico (JA-1,5).....	33
4 Média, Mediana, Moda e Coeficiente de Variação dos depósitos dos traçantes (K, Cu e Ca, Zn) em porcentagem da média populacional para os diferentes tamanhos de alvo e para os bicos de jato plano (API 110-02) e cônico(JA-1,5).....	43
5 Percentis dos depósitos dos traçantes (K, Cu e Ca, Zn), expressos em porcentagem da média, para os diferentes tamanhos de alvo, e para bicos de jato plano e cônico.....	51
6 Fator de multiplicação da dose para que determinados níveis de escape sejam alcançados para supostos herbicidas com dinâmica de solo e processos de absorção representados por diferentes tamanhos de alvo.....	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1 Posicionamento de um alvo montado em superfície plana.....	21
2 Conjunto de placas em seqüência de montagem dos alvos.....	21
3 Posicionamento dos alvos no momento da aplicação.....	23
4 Posicionamento das placas de monitoramento da deriva entre os alvos.....	23
5 Momento da aplicação, início e final da pulverização.....	24
6 Freqüências acumuladas em função da deposição representada em porcentagem das médias dos depósitos. Dados originais obtidos para bico de jato plano (API 110-02).....	30
7 Freqüências acumuladas em função da deposição representada em porcentagem das médias dos depósitos. Dados originais obtidos para bico de jato cônico (JA - 1,5).....	30
8 Freqüência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 0,32 cm, com bico de jato plano.....	35
9 Freqüência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 0,63 cm, com bico de jato plano.....	35

10	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 1,27 cm, com bico de jato plano.....	36
11	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 2,54 cm, com bico de jato plano.....	36
12	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 5,08 cm, com bico de jato plano.....	37
13	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 10,16 cm, com bico de jato plano.....	37
14	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 13 x 13 cm, com bico de jato plano.....	38
15	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 0,32 cm, com bico de jato cônico.....	38
16	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos do traçante Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 0,63 cm, com bico de jato cônico.....	39

17	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos do traçante Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 1,27 cm, com bico de jato cônico.....	39
18	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos do traçante Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 2,54 cm, com bico de jato cônico.....	40
19	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos do traçante Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 5,08 cm, com bico de jato cônico.....	40
20	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos do traçante Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 10,16 cm, com bico de jato cônico.....	41
21	Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos do traçante Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 13 x 13 cm, com bico de jato cônico.....	41
22	Densidade de Probabilidade em porcentagem, dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, nos diferentes tamanhos de alvo para bico de jato plano.....	45
23	Densidade de Probabilidade em porcentagem, dos depósitos dos traçantes Ca e Zn em porcentagem da média, nos diferentes tamanhos de alvo para bico de jato cônico.....	45

24 Densidade de Probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 0,32 cm para bicos de jato plano e cônico.....	47
25 Densidade de Probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 0,63 cm para bicos de jato plano e cônico.....	47
26 Densidade de Probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 1,27 cm para bicos de jato plano e cônico.....	48
27 Densidade de Probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 2,54 cm para bicos de jato plano e cônico.....	48
28 Densidade de Probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 5,08 cm para bicos de jato plano e cônico.....	49
29 Densidade de Probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 10,16 cm para bicos de jato plano e cônico.....	49
30 Densidade de Probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 13 x 13 cm para bicos de jato plano e cônico.....	50

1. RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito do tamanho do alvo e condições operacionais sobre a uniformidade de deposição de pulverizações em pré-emergência. Duas barras pulverizadoras de mesmo modelo (12 m e espaçamento entre bicos de 0,5 m) sendo uma para cada tipo de bico. Dois tipos de bicos (jato cônico modelo JA- 1,5 e jato plano modelo API 110-02) testados com uma mesma velocidade de aplicação (4km/h). Para o preparo das caldas de pulverização foram utilizados: água, nitrato de potássio, nitrato de cálcio, sulfato de cobre e sulfato de zinco. Os alvos foram construídos de chapa de fórmica, que foram cortadas em placas quadradas com tamanho de 13 x 13 cm. Ao centro de 602 placas foram feitos orifícios de diversos tamanhos de diâmetro: 10,16 cm, 5,8 cm, 2,54 cm, 1,27 cm, 0,63 cm e 0,32 cm. Para cada tamanho de orifício foram feitas 117 repetições. Totalizando 702 placas. Os alvos foram posicionados no piso do terreno de maneira aleatória. Depois da pulverização, estes foram lavados com 25 ml de água deionizada, dando origem as amostras.

Estas, depois de filtradas, foram analisadas em espectrofotômetro de plasma. As leituras de concentrações foram transformadas em volume (μl), e este dividido pela área de cada círculo correspondente, resultando em dados de depósito em $\mu\text{l}/\text{cm}^2$. Os dados de depósitos foram transformados em % da média, e realizado os cálculos de frequências acumuladas para cada tamanho de alvo. O modelo de Gompertz ($y = e^{-(a-e^{-(b-cx)})}$) foi utilizado para ajustar os dados e efetuar as análises de regressão, obtendo os valores de R^2 (0,985 a 0,997) e um novo valor de frequência acumulada para cada curva. Calculou-se os valores de média, mediana, moda, os percentis 1, 2, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 95, 98 e 99 e os coeficientes de variação para todos os diferentes tamanhos de alvo para os respectivos bicos. O modelo de Gompertz representou adequadamente a distribuição ou densidade de probabilidade e frequência acumulada nos depósitos pontuais para todos os tamanhos de alvo e bicos utilizados. A média não é um bom parâmetro para se avaliar estudos de tecnologia de aplicação. As irregularidades na deposição da calda de pulverização podem levar a aumentos de 1,2 a 5,8 nas doses de defensivos (herbicidas em pré-emergência, por exemplo) para alcançar níveis de controle pré-estabelecidos de populações uniformes, sobrepujando varias vezes possíveis efeitos da deriva e demonstrando que o estudo das distribuições de frequências é fundamental para avaliação da qualidade de pulverização agrícolas. Dos bicos em teste, os depósitos obtidos com o bico de jato plano mostram-se mais homogêneos para os diferentes tamanhos de alvo.

2. SUMMARY

IRREGULARITY OF PESTICIDE SPRAY DEPOSITION AS AFFECTED BY NOZZLE TYPE AND TARGET SIZE. Botucatu, 2000. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: GUSTAVO RADOMILLE TOFOLI

Adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

It were studied two types of nozzles. The first one is a conic jet nozzle model JÁ 1,5. The second type is a flat fan nozzle model API 110-02. The application speed was 4km/h. It were used two similar sprayers set with boons 12 m wide and nozzles spaced by 0,5m. The spray solution for the fan jet nozzle was prepared with water, potassium

nitrate and copper sulfate. For the conic jet nozzle these salts were replaced by calcium nitrate and zinc sulfate. The targets were made of formica foils cut into square plates of 13 cm x 13 cm. One hundred of these plates were used to estimate the drift. In all the other 702 plates (117 replications for each type of target) it were made central circular holes of different diameters: 10,16 cm, 5,8 cm, 2,54 cm, 1,27 cm, 0,63 cm and 0,32 cm. The targets were randomly arranged on the ground. After spraying and drying the spray solution, each target was washed with 25 ml of de-ionized water. These water samples were filtered and analyzed in plasma spectrophotometer. The concentrations of the tracers in the final volume of 25 mL allowed to calculate the deposits of both spray solutions (in $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) in each target. These data were converted in to percent of the means for each nozzle type and target size. Frequency distribution curves were fitted to the data. The Gompertz ($y=e^{a-e^{-b-cx}}$) model provided the highest determination coefficients, ranging from 0,985 and 0,997. In addition to the Relative Standard Deviation (RSD%) it were estimated the values of the mean, the median, the mode and the 1, 2, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 95, 98 and 99 percents, using the frequency distribution curves. Among the central tendency measures, the mode, the median and the 1, 2, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 95, 98 and 99 percents allowed more precise comparisons of spray deposits of different nozzles in targets of several sizes; the mean is very sensitive to extreme values with low frequencies. For both nozzles, the uniformity of the deposits increased with the enlargement of the target size. For similar target sizes, the flat fan jet nozzle provided more uniform deposition. The irregularity of the spray deposition could lead to increases of 1,2 to 5,8 times in the pesticide rates (pre-emergence herbicides for instance) to achieve pre-established control rates of uniform populations, overcoming several times possible effects of the drift and showing that to study the frequency distribution of the deposits is essential to evaluate the quality of pesticide sprays.

3. INTRODUÇÃO

Planta daninha é toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada. Essa é uma definição bastante geral e bem aceita no meio científico. No entanto, Blanco (1974) propõe uma definição mais agronômica: “planta daninha é toda e qualquer planta que ocorre de modo espontâneo e prejudicial em locais relacionados com as atividades agropecuárias do homem”.

Existindo condições para o bom desenvolvimento das plantas cultivadas também existe meio propício para suas competidoras. Desse modo, todas as atividades agropecuárias estão sujeitas às interferências impostas pelas plantas daninhas. O controle destas plantas é uma das práticas mais importantes em sistemas agrícolas de alta produtividade, onde são consumidos vários recursos e horas de trabalho.

Para o controle das plantas daninhas, na maioria das culturas e regiões do país, são utilizados herbicidas de diferentes grupos químicos. O uso desses, aplicado em pré ou pós-emergência, tem despertado uma atenção cada vez maior no que diz respeito à tecnologia de aplicação, visando um aumento de eficácia dos produtos.

Condições edafoclimáticas desfavoráveis e imperfeições nas aplicações e principalmente na deposição da calda, têm sido apontadas como responsáveis por resultados falhos e indesejáveis de controle.

A condição ideal para o bom funcionamento dos herbicidas aplicados em pré-emergentes é, um solo bem preparado. Bem como, uma aplicação eficiente com velocidade adequada, condições climáticas (vento, chuva) desejáveis e pela boa deposição do produto ponto a ponto no solo.

A incerteza de controle é atribuída à movimentação vertical e horizontal da barra de pulverização, que interfere diretamente nos resultados de controle das aplicações de herbicidas.

Pode-se atribuir este controle insatisfatório à falta do produto em algum ponto específico no solo. Não existem informações na literatura que avaliem a deposição pontual de herbicidas no solo e nas plantas, nem o desempenho de vários tipos de bicos de pulverização, justificando a realização deste tipo de estudo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

O método predominante de controle de plantas daninhas em propriedades tecnificadas é o controle químico. Existem vários herbicidas eficazes no controle de plantas daninhas. Estes produtos podem ser aplicados em diferentes técnicas e em diversos momentos ou estágios da cultura e das plantas daninhas (Deuber, 1992).

Quanto à época de aplicação, os herbicidas podem ser de pré-plantio incorporado (PPI), no momento da aplicação, pré-emergência (PRÉ) e pós-emergência (PÓS).

Segundo Hislop et al. (1987) os principais objetivos em pesquisa com aplicação de defensivos são a definição do depósito em alvos biológicos e a identificação de métodos precisos de aplicação. Esses métodos são desenvolvidos para permitir a redução no volume de pulverização e ou dose do ingrediente ativo, sem perder a eficiência biológica. A

tecnologia de aplicação é um dos fatores limitantes à eficiência dos herbicidas, tornando necessário o constante aprimoramento das técnicas e equipamentos.

Em aplicações com barra de pulverização a deposição do produto é extremamente variável devido a movimentos verticais e horizontais da mesma. Para alcançar uma melhor performance na pulverização com barras longas, no campo, onde a superfície do solo é ondulada, Nation (1977), sugere mudanças nos modelos das barras e no seu acoplamento visando à diminuição dos movimentos verticais e horizontais.

Speelman & Jansen (1974) estudaram os efeitos da movimentação da barra na distribuição da calda de pulverizadores e concluíram que as vibrações da barra afetam de maneira negativa a distribuição da calda, principalmente nas pontas da barra.

Os possíveis efeitos, na uniformidade da aplicação, devido a movimentos verticais da barra em relação ao trator, servem como subsídios para se traçar estratégias para novos modelos de barra, onde o problema da sua movimentação seja atenuado (Mahalinga & Wills, 1978).

Baerdemaeker & Verdonck (1983) desenvolveram um modelo de pulverizador para simular o deslocamento da barra, e a distribuição da deposição no campo. O método permite testar com maior eficiência, novos modelos de barras.

Langenakens et al. (1994a) desenvolveram um modelo matemático, onde se quantifica deposições simuladas a partir da movimentação da barra. Este modelo permite testar com maior rapidez novos modelos de barra.

As vibrações da barra de pulverização, durante a aplicação de pesticidas foram simuladas, submetendo-se um modelo à uma pista de testes. Foi feita a distinção entre movimento de corpo rígido e movimentos flexíveis na barra de pulverização. A

movimentação rígida é causada por movimentações do trator onde a rugosidade do solo é apontada como a principal causa. Para os movimentos flexíveis da barra, são responsáveis a aceleração angular e a movimentação vertical do corpo do trator. (Langenakens et al., 1994b).

Langenakens et al. (1995) desenvolveram um modelo de barra de pulverização flexível, baseado em medidas experimentais e técnicas de análises, para investigar as variações horizontais da barra relacionada com uma pulverização padrão ou convencional. A barra flexível foi submetida à pista de testes, simulando as condições de campo. Registraram-se então, a distribuição da deposição em diferentes pressões de pulverização e velocidades do trator.

Clijmans & Ramon (1997) investigaram a dinâmica de pulverizadores, com uma de técnica experimental de análises. Observaram que produtos químicos utilizados em proteção de plantas são, geralmente, aplicados por barras de pulverização. Medidas de campo demonstraram que as coberturas das pulverizações com pesticidas são sempre irregulares, e as principais causas desta irregularidade são a disposição dos bicos e a movimentação da barra pulverizadora.

Porskamp & Van Zuydam (1992) verificaram que as movimentações verticais e horizontais de 20 cm aumentam o coeficiente de variação em 48% a mais no centro e 78% na ponta da barra. Verificou também, que o movimento horizontal da barra de pulverização é mais prejudicial que o movimento vertical.

Sinfort (1997) comparou os dados de movimentos de barra real com movimentos de barra simulado, utilizando um software. No trabalho são discutidas as ferramentas matemáticas utilizadas, onde se compara a medida de distribuição da deposição da calda.

Bondosson (1986) estudou os efeitos da movimentação da barra de pulverização e constatou quando se utilizam barras estáveis, altas velocidades e baixos volumes em aplicação, maior uniformidade na distribuição da deposição da calda.

Wills & Combellack (1984) avaliaram a distribuição da deposição da barra de pulverização em diferentes velocidades e determinou que, em baixas velocidades, há uma grande variação na distribuição.

A eficácia dos herbicidas não depende apenas do desempenho das barras de pulverização. Os herbicidas quando relacionados com as pontas de pulverização podem alterar o volume de calda aplicado por área e tamanho das gotas, resultando assim, em melhor ou pior deposição e, conseqüentemente determinando sua eficiência.

A modificação do volume de aplicação pode ser realizada através da mudança do tipo de bico de pulverização. Na literatura, vários trabalhos mostram a influência dos tipos de bico como parâmetros de variação do volume de pulverização. Neal et al. (1990) testaram diferentes tipos de bicos de pulverização de jato plano defletido (FloodJet) e jato plano comum para aplicação de fenoxaprop sobre *Poa pratensis* e *Lolium perene* com volumes de calda de pulverização variando de 140 a 1120 L/ha. Concluíram que o FloodJet foi menos efetivo que o bico de jato plano quando trabalharam com maior volume de pulverização.

O tipo de bico, volume de aplicação, espaçamento entre bicos, velocidade e direção do vento, afetam a deposição e a uniformidade de aplicação dos defensivos, conforme relatos de Solie et al. (1986).

Western et al. (1989) utilizaram túnel de vento para avaliar gotas formadas por bicos com indução de ar (airtec e duplo-fluido). Para ambos, a deriva aumentou

linearmente com o aumento da velocidade do vento e com a diminuição do tamanho de gotas na pulverização.

O tamanho do orifício do bico e a pressão de trabalho são identificados como fatores chaves que influenciam o fluxo líquido e a dose aplicada com o uso de um determinado bico de pulverização (Orsmand, 1993). No entanto, Wang et al. (1995) em condições de laboratório, utilizando cinco volumes de aplicação e três pressões de trabalho, verificaram que a altura do bico em relação ao alvo possui efeito mais significativo sobre a uniformidade de distribuição da pulverização do que a pressão de trabalho.

Em casa de vegetação, Wolf et al. (1997) avaliaram o efeito de dois tipos de bico de pulverização hidráulicos de jato plano (80.01 VS e 80.01 EVS), quanto as suas pressões de trabalho e velocidades de movimentação de pulverização, com uso de herbicida e adjuvantes. Concluíram que todas as variáveis testadas alteraram significativamente a dinâmica da pulverização.

Tomazela (1997) avaliou os depósitos de traçantes no solo e em plantas de *Brachiaria plantaginea* (Link) Wicth. Para realizar esse experimento, o autor fixou a barra de pulverização e deslocou os alvos (plantas + solo) fazendo com que estes passassem sob o jato de pulverização. Utilizou, para o estudo da deposição, volumes de calda de 51,5; 111,4; 231,4; 321,6; 462,9; 602,3; 893,9 e 1148,5 L/ha, densidades populacionais de 300, 600, 900 e 1200 plantas/ha e também a variação no posicionamento dos bicos, quanto ao ângulo de aplicação. Os ângulos do jato de pulverização foram, 0°, 15° e 30° no mesmo sentido e em sentido contrário ao deslocamento do alvo sob a pulverização. O autor concluiu que, para uma densidade populacional de 600 plantas/ha e bicos de jato plano na vertical, quanto menor o volume de aplicação, maior a porcentagem da quantidade total do traçante depositada nas

plantas. Com os bicos ainda na vertical e fixando-se o volume de aplicação em 200 L/ha (bico XR 80.02 EVS a 34,3 psi), os depósitos do traçante por planta e a porcentagem do traçante depositado nas plantas foram tanto maiores quanto maior a densidade populacional da planta daninha. A inclinação do jato de pulverização em 15° ou 30° em relação a vertical, em qualquer sentido, aumentou os depósitos nas plantas de *Brachiaria plantaginea*.

Palladini (2000), afirma que para se escolher um método para avaliar a deposição em pulverizações deve-se ter precisão e exatidão, sensibilidade, reprodutividade e rapidez para permitir a realização do número de amostras necessárias nos estudos.

Leite (1998) define precisão e exatidão como sendo a concordância entre os vários valores experimentais obtidos. Quanto menor for a amplitude das medidas, maior a precisão e exatidão. Define também, sensibilidade como sendo uma grandeza para definir em quanto o método é capaz de discriminar entre amostras de teores de analito semelhante; e reprodutividade como a máxima diferença aceitável entre dois resultados individuais em diferentes laboratórios.

A determinação precisa da quantidade de produto depositado no alvo sempre gerou discussões e preocupações, principalmente no que se diz respeito à ampla variabilidade da quantidade depositada. Para tanto, foram desenvolvidas várias metodologias de avaliação de deposição, as quais apresentam diferentes características quanto à precisão, sensibilidade e reprodutividade. A escolha da metodologia mais adequada a um determinado ensaio dependerá dos objetivos do trabalho, se quantitativo ou qualitativo de deposição. É possível que nenhuma das metodologias já descritas sejam adequadas ao objetivo do trabalho, neste caso há necessidade de se elaborar uma nova metodologia de avaliação de deposição.

Carlton et al. (1981), para determinar a quantidade e a distribuição nas pulverizações, com o auxílio de um fluorímetro Turner Fluorometer Model 111, utilizaram o pigmento fluorescente “blaze orange” diretamente sobre as folhas. Não houve restrições no uso do método nas avaliações de depósitos pesados, porém encontraram quantidades extremamente pequenas, abaixo do limite de detecção do método. Embora estes traços contribuam muito pouco na cobertura, podem ser muito importantes biologicamente.

Matuo (1988), para determinar a deposição com diferentes equipamentos de pulverização, fez uso de um espectrofotômetro para quantificar o inseticida fenitrothion em folhas de citros e em papel.

Hayden et al. (1990), também com o objetivo de comparar duas condições de trabalho em alvo natural utilizando a mesma solução para determinar a quantidade depositada em cada teste, escolheram dois corantes alimentícios solúveis em água, FD&C nº 6 e FD&C nº 1, em duas faixas distintas de leitura 482 e 630 nanômetros, respectivamente, e concluíram como sendo um método preciso e barato para as pesquisas de avaliações de depósitos em plantas.

Segundo Smelt et al. (1993) as pesquisas envolvendo pulverizações sempre são realizadas para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicações dos produtos fitossanitários, através das avaliações de depósitos e das perdas por deriva. Porém, quando estas determinações são realizadas utilizando os próprios produtos fitossanitários, os custos são altos e necessitam de equipamentos sofisticados para as análises e pessoas treinadas para o trabalho. Deste modo, o uso de corantes como traçadores é muito atrativo pela facilidade de remoção utilizando somente a água, diretamente das folhas ou dos alvos.

Um método bastante utilizado para quantificar depósitos em pulverizações foi descrito por Velini et al. (1995), que utiliza a condutividade elétrica da solução para quantificar o depósito. Neste método utilizaram NaCl e KCl, sais com alta capacidade de modificar a condutividade elétrica da solução. O equipamento utilizado foi o condutivímetro. Para o KCl, o método possibilita leituras de concentrações da ordem de 0,0001%, com erro máximo de 2%.

Posteriormente, a metodologia desenvolvida por Velini et al. (1995) foi utilizada em vários trabalhos, tais como: Antuniassi et al. (1996) que avaliou depósitos e deriva em folhas de pessegueiro; Raetano (1996) quantificou depósitos em folhas de citros, utilizando diferentes equipamentos e condições operacionais; Abi Saab & Antuniassi (1997) avaliaram o depósito de calda sobre as folhas de uva; Tomazela (1997), já anteriormente citado e Cavenaghi (1999), que avaliou as curvas de aplicação de um pulverizador logarítmico.

Em avaliações de pulverizações, um fator importante é a definição do alvo de coleta. O alvo de coleta pode ser natural ou artificial. Alvos naturais podem ser as plantas ou o solo, no caso de herbicidas. Alvos artificiais podem ser placas de diversos materiais, papeis sensíveis, lâminas e etc. A definição, de qual alvo deve ser usado depende do objetivo do trabalho.

Cooke & Hislop (1993) resumiram as vantagens e desvantagens de trabalhar com alvo natural ou artificial para avaliar a pulverização, afirmaram que depende das circunstâncias do uso e das prioridades da pesquisa. As superfícies naturais devem ser preferidas, mas sua complexidade e variabilidade natural afetam a retenção e o espalhamento da pulverização. Um dos exemplos é a retenção e o espalhamento sempre menores em folhas

jovens quando comparadas aos obtidos nas folhas velhas. Os alvos artificiais são uniformes e podem ser localizados precisamente em posições predeterminadas, mas não reproduzem, os alvos naturais.

A avaliação de depósitos pontuais é uma metodologia nova em que os pesquisadores estão preocupados com o depósito do produto ponto a ponto no alvo. E existe um número pequeno de trabalhos nesta linha.

Negrisoni et al. (2000) estudaram a quantidade dos depósitos unitários quando aplicado corante FD&C nº 1, com e sem espalhante em plantas de *Salvinia (Salvinia molesta)*. Concluíram que, em termos médios a adição de aterbanc reduziu em 1,13% os depósitos do FD&C nº 1, contudo, o espalhante melhorou em 76, 41, e 29% a deposição em 1, 5 e 10% da população de plantas com menores depósitos de corante.

Souza et al. (2000 a) avaliaram os depósitos unitários da calda de pulverização em plantas daninhas da cultura da soja, *Sida rhombifolia* e *Acanthospermum hispidum*. E concluíram que para *S. rhombifolia* a relação entre os valores máximos e mínimos para a matéria seca e área foliar foi de 1,5 vezes superior para as plantas menores, o mesmo não ocorrendo para *A. hispidum*, cujos depósitos foram semelhantes entre as maiores e menores plantas.

Souza et al. (2000 b), também estudaram os depósitos unitários da calda de pulverização em reboleiras de plantas daninhas em aplicações de manejo. Para avaliação foram separados os conjuntos de plantas alvo amostradas, dividindo-se em 50% das plantas maiores e os outros 50% menores. Concluíram que, em ambas as situações, o depósito médio encontrado na bordadura foi próximo ao dobro do encontrado internamente à reboleira,

em relação a $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ e $\mu\text{L}/\text{g}$ de matéria seca. As plantas da população menor receberam maiores depósitos unitários nas duas posições avaliadas.

É importante ressaltar que nesta revisão de literatura encontrou-se um pequeno número de informações sobre trabalhos envolvendo simultaneamente efeitos de movimentação de barra de pulverização e metodologias de avaliação de deposição de calda de pulverização, e menor ainda, de deposição pontual ou unitária da calda de pulverização, justificando a realização deste trabalho que tem como objetivo estudar a deposição da calda de pulverização, quando aplicada com barra equipada com pontas de jato plano e cônico.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local

O presente trabalho de pesquisa foi instalado na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu – SP.

As amostras coletadas no campo foram processadas e analisadas no NUPAM (Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal, setor de Agricultura da FCA/UNESP - Câmpus de Botucatu – SP.

5.2 Equipamentos e material

Para este trabalho foram utilizados dois tipos de bicos testados com mesma velocidade de aplicação (4 km/h). Um dos bicos utilizados foi o bico de jato cônico

modelo JA – 1,5; com vazão de 420 ml / min na pressão de 60 psi condicionando um volume de aplicação de 129 L/ha. O outro foi um bico de jato plano modelo API 110-02, com vazão de 700 ml / min na pressão de 30 psi condicionando um volume de aplicação de 210 L/ha.

Dois pulverizadores de mesmo modelo foram utilizados, sendo um para cada tipo de bico em teste e equipados com barra de pulverização de 12 m de comprimento, com 24 bicos, espaçados de 0,5 m, de modelo condor de fabricação da Jacto.

Para o preparo das caldas de pulverização foram utilizados: água, nitrato de potássio (KNO_3), nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), sulfato de cobre (CuSO_4) e sulfato de zinco (ZnSO_4).

A quantidade de cada sal adicionado à água foi determinada em função das áreas dos alvos e da sensibilidade do equipamento de leitura, levando-se em consideração as porcentagens de cada elemento em suas respectivas fontes.

O primeiro pulverizador foi equipado com bicos de jato plano preparando-se a calda com 40 L de água, mais 4.880 g de CuSO_4 e 241 g de KNO_3 . O segundo pulverizador foi equipado com bicos do tipo cônico preparando-se a calda com 40 L de água, mais 9.523,8 g de ZnSO_4 e 631,5 g de CaNO_3 .

Para cada conjunto trator + pulverizador, foi feita uma aferição prévia de velocidade, pressão de trabalho e vazão dos bicos, garantindo a reprodução das condições previamente selecionadas.

As caldas foram preparadas imediatamente antes da aplicação. Adicionaram-se os sais à água que já se encontrava em agitação no tanque. Os sais foram diluídos prévia e separadamente em um balde.

Após a aplicação e secagem dos alvos, os mesmos foram lavados com água deionizada, ou seja, isenta de Cálcio, Potássio, Cobre e Zinco eliminando possíveis interferências nos resultados.

A quantificação dos traçantes na água de lavagem dos alvos foi feita utilizando-se um espectrofotômetro de plasma fabricado pela Thermo Jarrel Ash modelo trace scan. Foram estabelecidas curvas de calibração para os vários traçantes. Os coeficientes de determinação oscilararam entre 0,9943899 a 0,9997879.

5.3 Alvos

Os alvos foram construídos especialmente para este trabalho. Chapas de fórmica, impermeabilizada nas duas faces, foram cortadas em placas quadradas com tamanho de 13 x 13 cm, totalizando uma área de 169,0 cm². Desse conjunto foram separadas 150 placas, para serem utilizadas no monitoramento da deriva. No centro das demais placas de fórmica foram feitos orifícios de diversos tamanhos. Os tamanhos desses orifícios foram em diâmetro: 10,16 cm (4 polegadas); 5,08 cm (2 polegadas); 2,54 cm (1 polegada); 1,27 cm (0,5 polegadas); 0,63 cm (0,25 polegadas) e 0,32 cm (0,125 polegadas). Para cada tamanho de orifício foram feitas 150 repetições. Portanto, obteve-se 6 conjuntos de tamanhos distintos com 150 placas cada. Totalizando 1050 placas. Ventos fortes após aplicação causaram o tombamento ou contaminação com solo de vários alvos. Como consequência foram utilizados apenas 100 alvos quadrados de 13 x 13 cm e 117 conjuntos de alvos circulares.

As placas foram separadas e montadas uma em cima da outra, de tal forma que os 6 tamanhos de orifícios estavam presentes no mesmo conjunto. Para tanto, foram montadas placas seguindo a orientação do menor orifício para o maior. Obteve-se assim, 150

conjuntos de alvos com todos os tamanhos requeridos pelo trabalho, mais 150 placas de monitoramento da deriva.

Alguns cuidados foram devidamente tomados na montagem dos alvos. Existiam duas preocupações com o alvo montado, pronto para a aplicação. Uma delas era a possível contaminação que pudesse ocorrer com as gotas, que entrassem nos espaços entre as placas. Para solucionar este problema vedou-se estes espaços com fita adesiva (fita crepe). A outra preocupação foi uma possível contaminação dos alvos localizados na parte inferior dos conjuntos. A solução encontrada foi suspender os alvos do chão, utilizando-se prendedores de roupa, que serviram para fixação e como base para que os alvos não entrassem em contato com o piso. O posicionamento e a seqüência da montagem dos alvos são apresentados nas Figuras 1 e 2.

Depois de montados, os alvos formaram conjuntos de setores circulares, de tal forma que para análise dos dados, esses setores foram somados um a um, resultando na quantidade em μL que se depositou em cada área. Exemplificando, quando for citado que a quantidade depositada no alvo de 1 polegada é de 10 μL , por exemplo, significa que somou-se as quantidades em μL do alvo de 0,125 polegadas mais o setor do alvo de 0,25 polegadas, mais o setor do alvo de 0,5 polegadas mais o setor proveniente do alvo de 1 polegada.

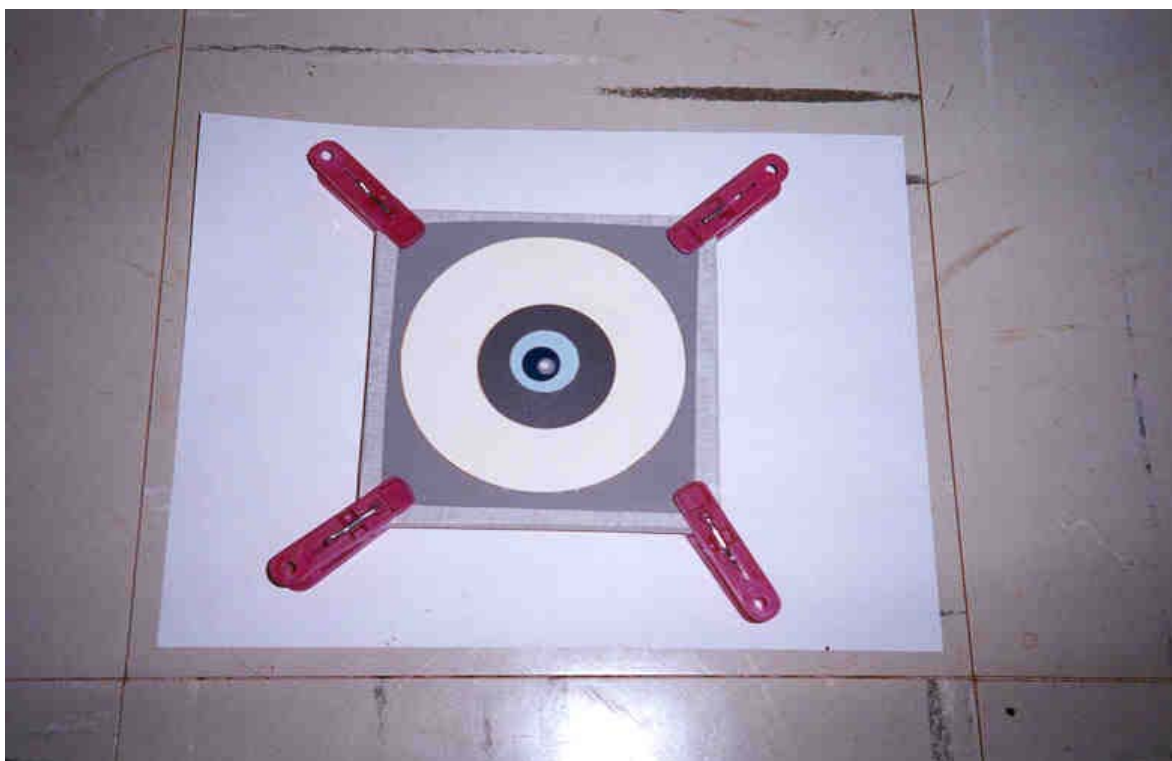


Figura 1 – Posicionamento do alvo montado em superfície plana.



Figura 2 – Conjunto de placas em seqüência de montagem dos alvos.

5.4 Pulverização e disposição dos alvos

Em relação aos alvos, estes foram posicionados no piso do terreiro de café da FCA/UNESP, de maneira aleatória. Deste modo, foram colocados 50% dos alvos de um lado da barra e o restante do outro lado, ou seja, 75 alvos do lado esquerdo da barra e os outros 75 do lado direito da barra de pulverização. Entre os alvos da direita e os da esquerda foi deixado um espaço livre. A função deste espaço livre foi deixar um caminho por onde os tratores passassem, de forma que metade da barra atingisse os alvos da direita e a outra metade os da esquerda. A disposição dos alvos e o caminho deixado para a passagem dos tratores podem ser vistos nas Figura 3 e 4.

Aferidas as calibrações, os tratores se posicionaram um atrás do outro, em frente ao espaço livre deixado para sua passagem. O primeiro estava equipada com o conjunto 1 (bico de jato plano), e o segundo (bico de jato cônico), se posicionou logo atrás.

Antes da aplicação os tratores e os pulverizadores foram acionados ajustando-se as rotações de trabalho. Depois disto, acionou-se as barras de pulverização. Os conjuntos um e dois foram posicionados alguns metros antes dos alvos, para atingirem a velocidade de 4 km/h antes de chegar aos mesmos. Tal cuidado foi tomado que as duas aplicações foram feitas com as mesmas condições ambientais. Detalhes da aplicação podem ser observados na Figura 5.



Figura 3 – Posicionamento dos alvos no momento da aplicação.



Figura 4 – Posicionamento dos alvos de 13 x 13 cm entre os alvos.



Figura 5 – Momento da aplicação, início e final da pulverização.

Ao final da pulverização foi feita uma nova checagem de vazão, para se ter certeza do volume em L/ha, que realmente chegou nos alvos. Os valores de vazão ao final da aplicação para o bico de jato plano e o de jato cônico, foram de 666 ml / min e 400 ml / min; respectivamente.

A pulverização foi feita no dia 11 de julho de 2000. No Quadro 1 são apresentados os valores de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento no momento da aplicação.

Quadro 1 – Condições ambientais no momento da aplicação

Condições ambientais	Valores
Umidade Relativa do ar (UR)	46%
Temperatura	25°C
Velocidade do Vento	0 m/s

5.5 Coleta lavagem e preparo das amostras

Os alvos permaneceram no campo por alguns minutos, até a secagem da calda depositada, tornando possível o transporte e sem perdas de traçante até o laboratório. Após a secagem os sais não se desprendem facilmente dos alvos.

No laboratório, os alvos foram separados, voltando à forma original de placas de fórmicas. Posteriormente foram lavados com 25 ml de água deionizada, para cada unidade, resultando em 702 soluções que a partir de agora chamaremos de amostra.

5.6 Leitura das Amostras e análise dos dados

Todas as amostras foram filtradas, com o auxílio de filtros de membrana de celulose (0,20 μm) e de seringas descartáveis. Para tanto, foram feitos testes com diversos papéis filtro e método de filtração, para garantir que as amostras não se contaminariam com a filtração. O método utilizado de filtração não apresentou contaminação de Cu, Zn, Ca, e K. Portanto, as amostras não sofreram alterações nas concentrações dos elementos.

Depois de filtradas as amostras foram analisadas em espectrofotômetro de plasma. As leituras fornecidas pelo aparelho foram de concentração de Zn, Cu, Ca e K nos diferentes tamanhos de alvo.

As leituras das concentrações foram transformadas em volume pela expressão matemática $C_1.V_1 = C_2.V_2$ onde:

C_1 = Concentração da calda no momento da aplicação.

V_1 = Quantidade em ml que depositou nos diferentes setores dos alvos.

C_2 = Leitura de concentração da amostra.

V_2 = 25 ml de água deionizada (lavagem).

O produto desta expressão matemática foi multiplicado por 1000, para que se obtenha o volume em μl . Com os dados em μl , dividiu-se cada valor de volume pela área de cada setor correspondente, resultando assim, na quantidade em $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ nos diferentes setores.

Para obter a quantidade que depositou nos diferentes tamanhos de círculos, somou-se o setor correspondente para cada tamanho de alvo e dividiu-se pela área de cada círculo, o que resultou na quantidade média em $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ nos diferentes tamanhos de alvo.

Para este trabalho os dados de depósitos foram transformados em % da média. Para tanto, utilizou-se do seguinte cálculo matemático:

$$\% \text{ da média} = \text{dado em } \mu\text{l}/\text{cm}^2 \text{ (de cada tamanho de alvo). } 100 / \text{média.}$$

Esta expressão matemática foi utilizada para os diferentes tamanhos de alvo e para os dois tipos de bico.

Quando se faz um levantamento visando determinar o padrão de distribuição dos depósitos pontuais de uma pulverização agrícola, é fundamental que este proporcione estimativas precisas das medidas de dispersão dos dados de depósito, mas o ideal seria que o levantamento permitisse a determinação precisa das frequências de pontos de amostragem. Conhecendo-se estes dados, todas as demais características poderiam ser calculadas sem dificuldades.

Para se avaliar a frequência acumulada em cada deposição, foi efetuado o seguinte cálculo: n° de ordem do alvo. $100/117$, que resulta na frequência acumulada de cada alvo.

Os dados dos depósitos em porcentagem da média foram ajustados pelo modelo de Gompertz, $y = e^{a - e^{-(b - c \cdot x)}}$, onde:

y = frequência acumulada dos dados (%)

x = depósitos em porcentagem da média

$a = 4,605170$

b = valor estimado pelo modelo

c = valor estimado pelo modelo

Como a máxima frequência acumulada corresponde a 100%, considerou-se o valor do parâmetro (a) como sendo 4,605170, para todos os ajustes feitos. Desta forma tem-se $e^a = 100$.

O modelo de Gompertz apresenta-se assimétrico, por consequência a primeira derivada deste modelo apresenta-se também assimétrica e representa as curvas de frequência não acumulada ou densidade de probabilidade dos dados de depósito em porcentagem da média. Foram calculados os valores de “F” e “R²” (Coeficiente de determinação) para cada equação obtida.

Através do modelo de Gompertz, foram calculados os valores de mediana e moda, para todos os diferentes tamanhos de alvo e respectivos bicos. A mediana pode ser calculada igualando-se a própria expressão que representa as frequências acumuladas a 50. A moda corresponde ao ponto de máximo da primeira derivada (ocorre quando a segunda derivada é igual a zero).

Com o mesmo modelo foram calculados os percentis 1, 2, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 95, 98 e 99. Os percentis foram calculados igualando-se a expressão de frequência acumulada a cada um destes valores.

Os coeficientes de variação foram determinados pela expressão:

$$C.V. = \text{Desvio padrão} \cdot 100 / \text{média, onde:}$$

C.V. = Coeficiente de Variação.

Desvio padrão = (dados em porcentagem da média)

Média = 100

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 6 e 7 são apresentadas as linhas que correspondem às frequências acumuladas em função da deposição representada em porcentagem das médias dos dados. Tais gráficos, relativos ao bico de jato plano (API 110-02) e ao bico de jato cônico (JA – 1,5), respectivamente, foram confeccionados utilizando-se os dados originais. Curvas menos inclinadas indicam maior dispersão dos dados e maiores variações dos depósitos unitários.

De modo geral, curvas mais planas podem ser associadas a alvos de menores dimensões. Uma clara exceção a esta regra refere-se aos dados obtidos para o alvo de 5,08 cm de diâmetro (2 polegadas) quando a aplicação foi feita com bico de jato cônico. Isso se deve a problemas na aplicação do experimento. Para a aplicação com o conjunto 2, preparou-se a calda com Sulfato de Zinco (ZnSO_4) mais Nitrato de Cálcio (CaNO_3)

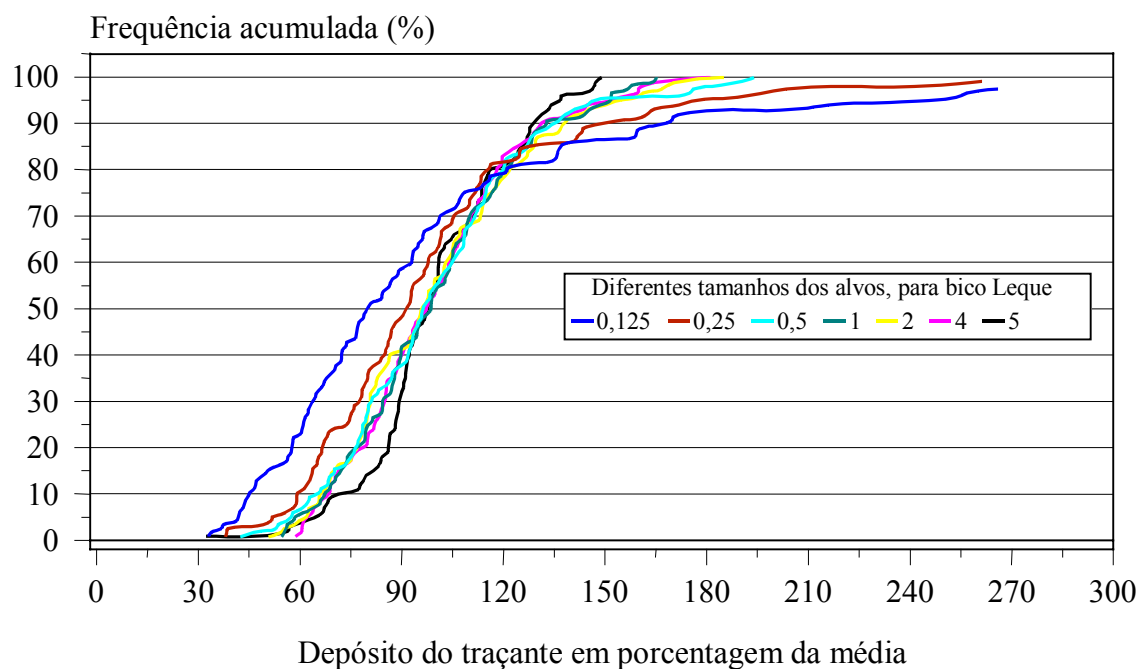


Figura 6 – Frequências acumuladas em função da deposição representada em porcentagem das médias dos depósitos. Dados originais obtidos para bico de jato plano (API 110-02)

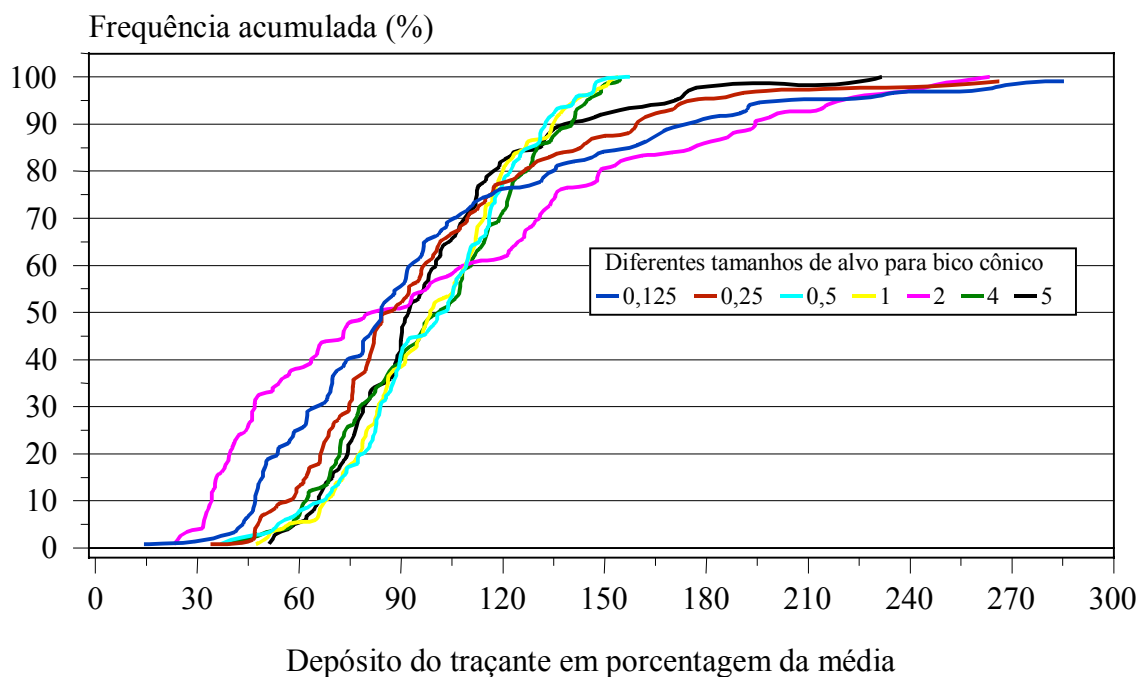


Figura 7 - Frequências acumuladas em função da deposição representada em porcentagem das médias dos depósitos. Dados originais obtidos para bico de jato cônico (JA – 1,5)

o que proporcionou a formação de gesso (CaSO_4) no tanque. Com isso, perdeu-se cálcio e a concentração inicial da calda diminuiu sensivelmente. Este fato só foi detectado quando da realização da leitura nas amostras e da calda inicial. A concentração encontrada na leitura da calda inicial foi de 1.173,60 ppm, sendo aproximadamente três vezes menor do que o planejado (3.000 ppm).

As leituras das amostras foram prejudicadas, pois as concentrações das mesmas ficaram maiores que o maior limite estabelecido pelo aparelho para a leitura do concentração do elemento Zinco e de mesmo modo ficaram com concentrações baixas para serem lidas com o Cálcio, ficando assim, num patamar onde o espectrofotômetro não permitiu obter leituras precisas.

Embora os resultados para alvos de 5,08 cm e 10,16 cm de diâmetro sejam apresentados no trabalho para que se possa avaliar a importância do problema descrito, foram desconsiderados em termos de discussão e elaboração de conclusões. É importante esclarecer que em função da metodologia utilizada, compondo-se os alvos maiores, a partir dos alvos menores e setores (anéis) adicionais, o problema verificado com o alvo de 5,08 cm, inutilizou, também, os resultados obtidos para o alvo de 10,16 cm.

Os alvos quadrados de 13 x 13 cm não tiveram qualquer limitação metodológica, pois foram construídos e posicionados de modo independente dos alvos circulares. A área elevada permitiu obter concentrações de cálcio suficientemente altas para obtenção de leituras confiáveis.

Os dados originais foram submetidos aos ajustes feitos pelo modelo de Gompertz. A partir destes ajustes, foram confeccionadas as curvas de frequência acumulada

onde foram acertados os dados de depósito do traçante em porcentagem da média, para os diferentes tamanhos de alvo, para os dois tipos de bico (leque e cônico).

Os resultados da análise de regressão, os coeficientes de determinação, os valores de F de regressão ao nível de 1% de probabilidade, bem como os parâmetros utilizados pelo modelo, para os depósitos em porcentagem da média nos diferentes tamanhos de alvo na aplicação com bico de jato plano e cônico, podem ser visto nos quadros 2 e 3.

Os gráficos destes dados foram confeccionados a partir da frequência acumulada dada pelo modelo. As curvas de frequência não acumulada ou densidade de probabilidade, correspondem a derivada primeira da curva de frequência acumulada.

Para a confecção das curvas, de frequência acumulada e não acumulada para cada tamanho de alvo e tipo de bico, foram utilizados os dados originais da variável independente (x ou porcentagem da média). Para facilitar a comparação das curvas, utilizou-se as mesmas escalas vertical e horizontal em todos os gráficos.

A representação gráfica dos modelos de frequência acumulada e a primeira derivada (Densidade de probabilidade), para os depósitos do traçante em porcentagem da média, para cada tamanho de alvo e para os dois tipos de bico, podem ser vistos nas Figuras de 8 a 21.

No Quadro 4, estão apresentados os valores da média, mediana, moda e coeficiente de variação do depósito do traçante em porcentagem da média, para os diferentes tamanhos de alvo, comparados em cada bico de aplicação.

A mediana foi determinada calculando-se o valor do depósito (% da média) que condiciona a frequência acumulada ser igual a 50.

Quadro 2 – Resultados das análises de regressão entre os depósitos de K e Cu (em porcentagem da média) e as frequências utilizando-se o modelo de Gompertz, nos diferentes tamanhos de alvo, para bico de jato plano (API 110-02).

Modelo de Gompertz	Tamanhos dos alvos (centímetros)						
$Y = e^{**}(A - e^{**}(-B - C * X))$	0,32	0,63	1,27	2,54	5,08	10,16	12,7
Estimativas dos parâmetros	A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019
	B=-2,21930922	B=-3,13589417	B=-3,69957150	B=-3,88851628	B=-3,59136323	B=-4,06765860	B=-5,50459069
	C=0,03148323	C=0,0388163	C=0,042415915	C=0,04408993	C=0,041538493	C=0,046130888	C=0,060064452
SQ Total	395.014,24502	395.014,24502	395.014,24502	395.014,24502	395.014,24502	395.014,24502	338.350,00000
SQ Regressão	394.339,71495	394.628,34064	394.509,15629	394.664,80599	394.717,25021	394.679,77365	337.584,53870
SQ Resíduo	674,53007	385,90437	505,08873	349,43902	296,99480	334,47136	765,46130
F Regressão	197.169,85 **	197.314,17 **	197.254,57 **	197.332,40 **	197.358,62 **	197.339,88 **	168.792,26 **
R ²	0,99308124	0,996041717	0,994819224	0,99641575	0,99695377	0,996569274	0,990813546

Y= porcentagem da frequência acumulada, x = depósito do traçante em porcentagem da média, A, B e C são estimativas dos parâmetros dos modelos

** significativo a nível de 1% de probabilidade.

Quadro 3 – Resultados das análises de regressão entre os depósitos de Ca e Zn (em porcentagem da média) e as frequências acumuladas utilizando-se o modelo de Gompertz, nos diferentes tamanhos de alvo, para bico de jato cônico(JA -1,5).

Modelo de Gompertz		Tamanhos dos alvos (centímetros)						
Y= e**(A-e**(-B-C*X))		0,32	0,63	1,27	2,54	5,08	10,16	12,7
Estimativas dos parâmetros		A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019	A=4,60517019
		B=-2,01334064	B=-2,66398060	B=-3,72887281	B=-3,74747831	B=-1,18301947	B=-3,02309486	B=-3,64469037
		C=0,02799611	C=0,03394763	C=0,04167878	C=0,042176027	C=0,017804565	C=0,034878708	C=0,043084437
SQ Total		395.014,24502	395.014,24502	395.014,24502	395.014,24502	395.014,24502	395.014,24502	338.350,00000
SQ Regressão		394.057,29482	394.465,81633	393.521,68290	393.931,72331	392.586,10638	393.383,628	338.097,57562
SQ Resíduo		956,95019	548,42868	1492,56212	1082,52170	2428,13864	1630,61622	252,42438
F Regressão		197,028,64 **	197.232,90 **	196.760,84 **	196.965,86 **	196.293,05 **	196.691,81 **	169.048,78 **
R ²		0,990184409	0,99437468	0,984690552	0,988896402	0,975094195	0,983274509	0,996970605

Y= porcentagem da frequência acumulada, x = depósito do traçante em porcentagem da média, A, B e C são estimativas dos parâmetros dos modelos

** significativo a nível de 1% de probabilidade.

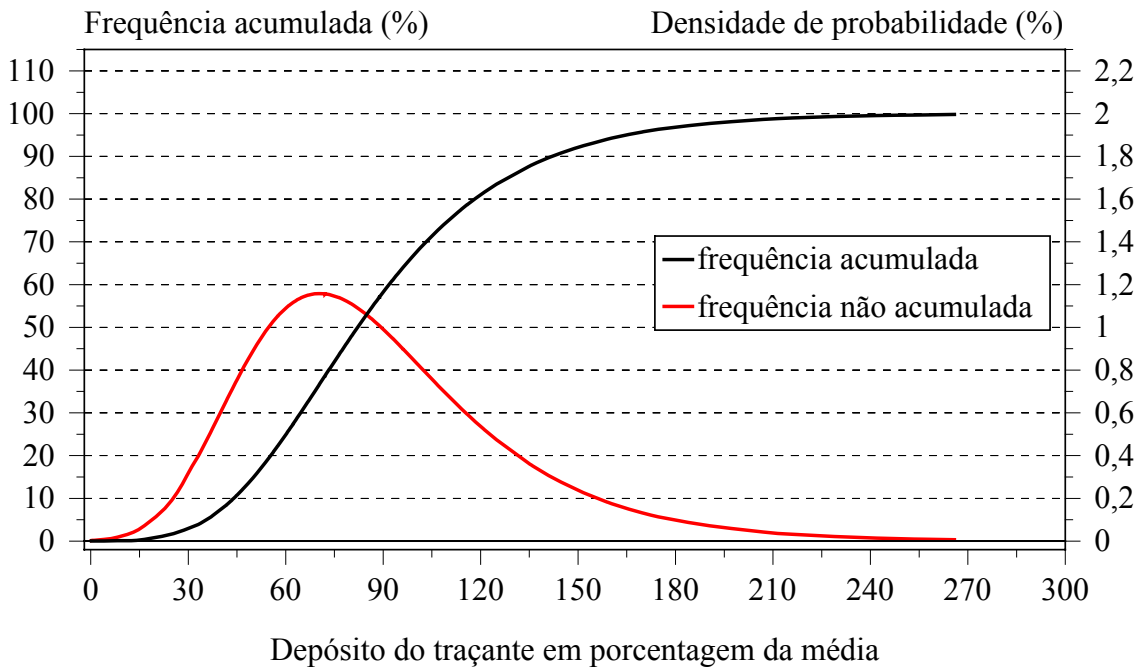


Figura 8 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 0,32 cm, com bico de jato plano.

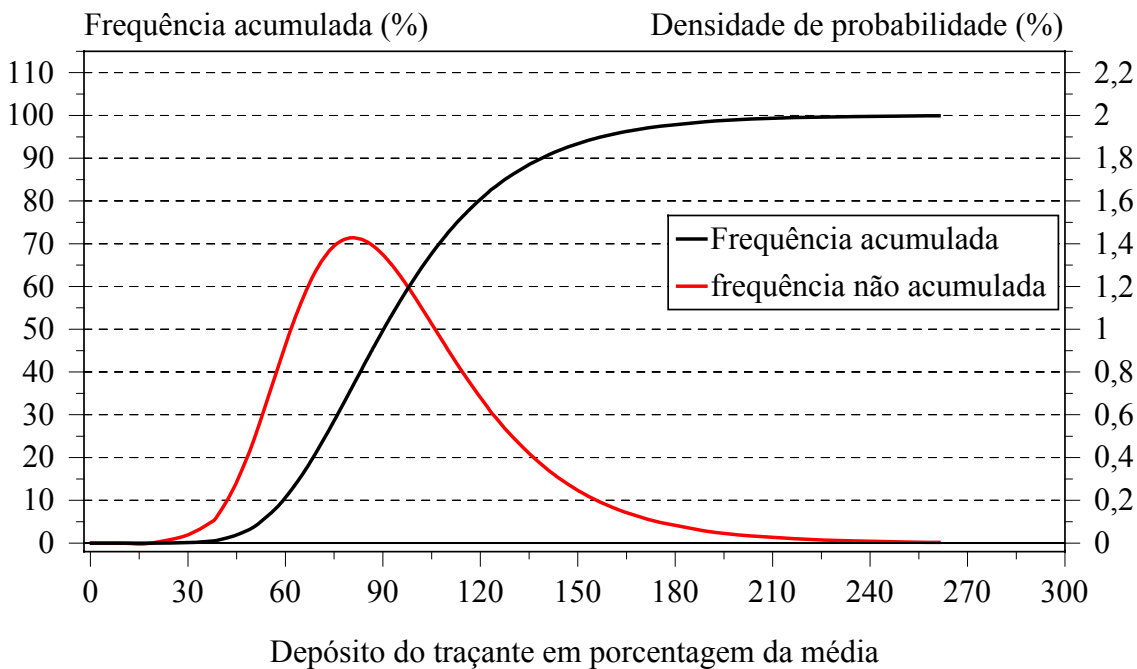


Figura 9 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 0,63 cm, com bico de jato plano.

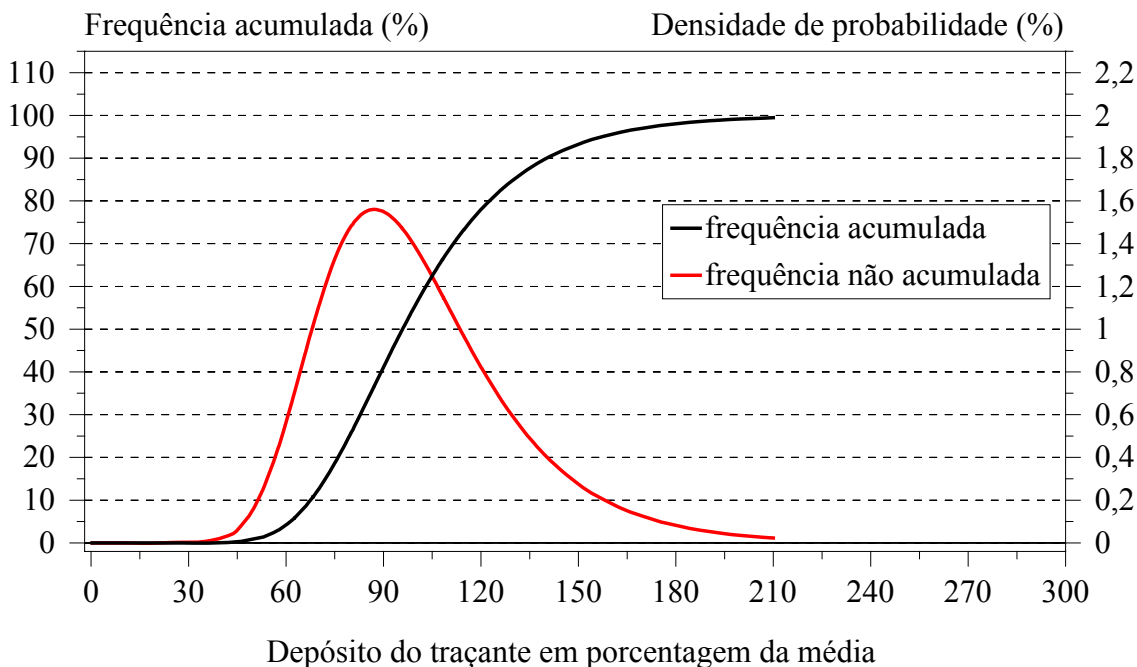


Figura 10 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 1,27 cm, com bico de jato plano.

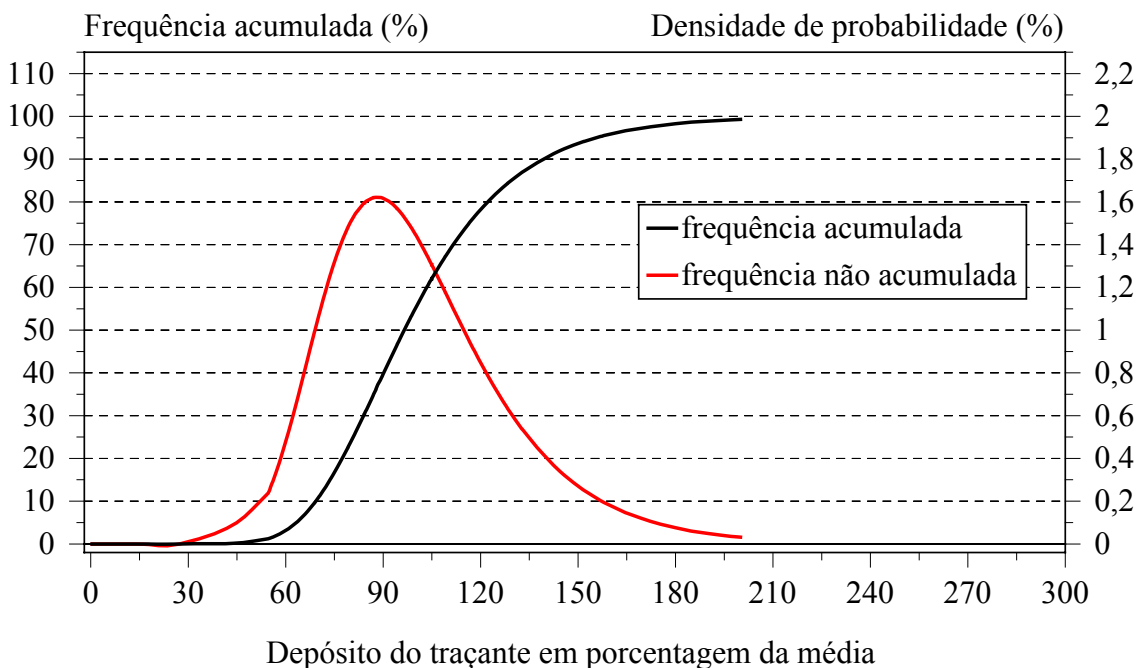


Figura 11 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 2,54 cm, com bico de jato plano.

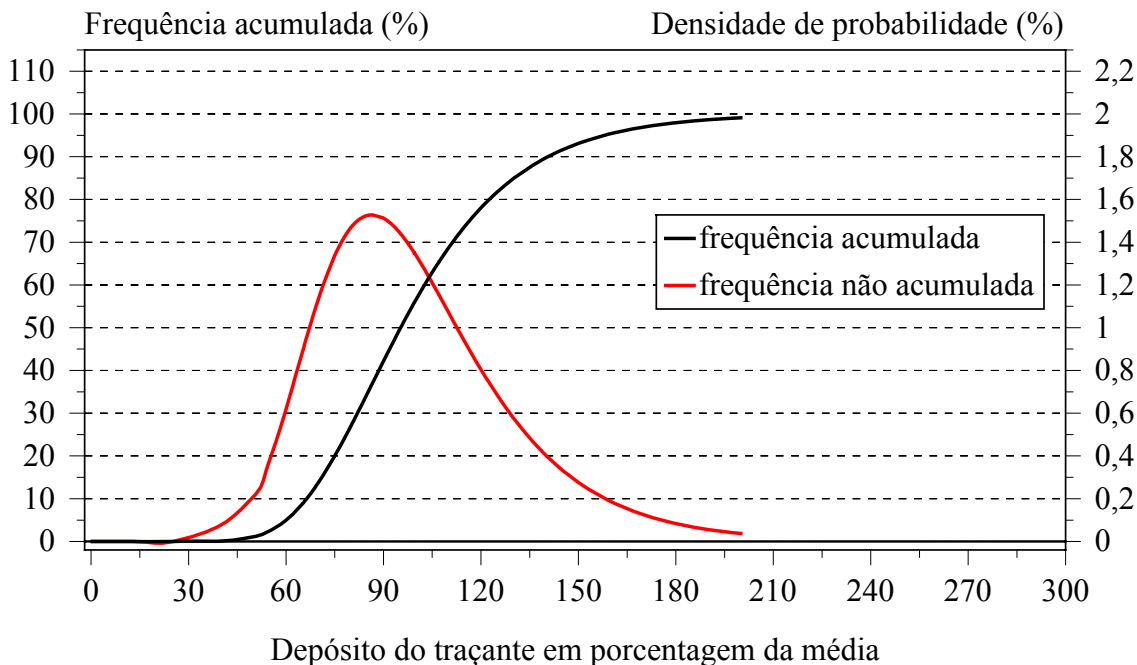


Figura 12 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 5,08 cm, com bico de jato plano.

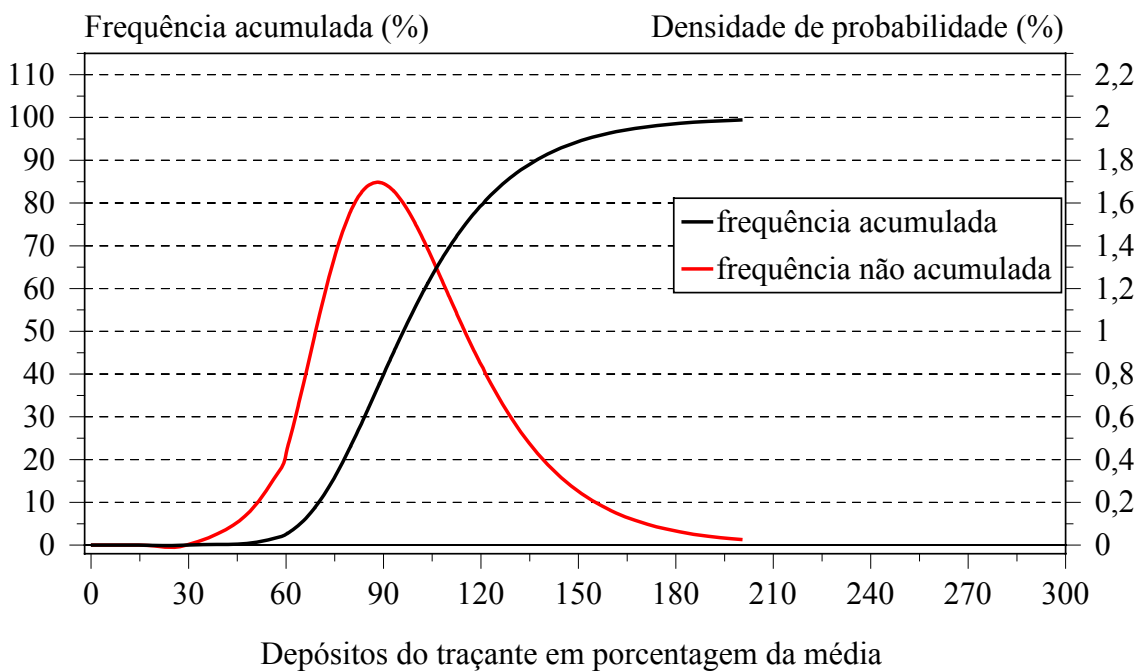


Figura 13 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 10,16 cm, com bico de jato plano.

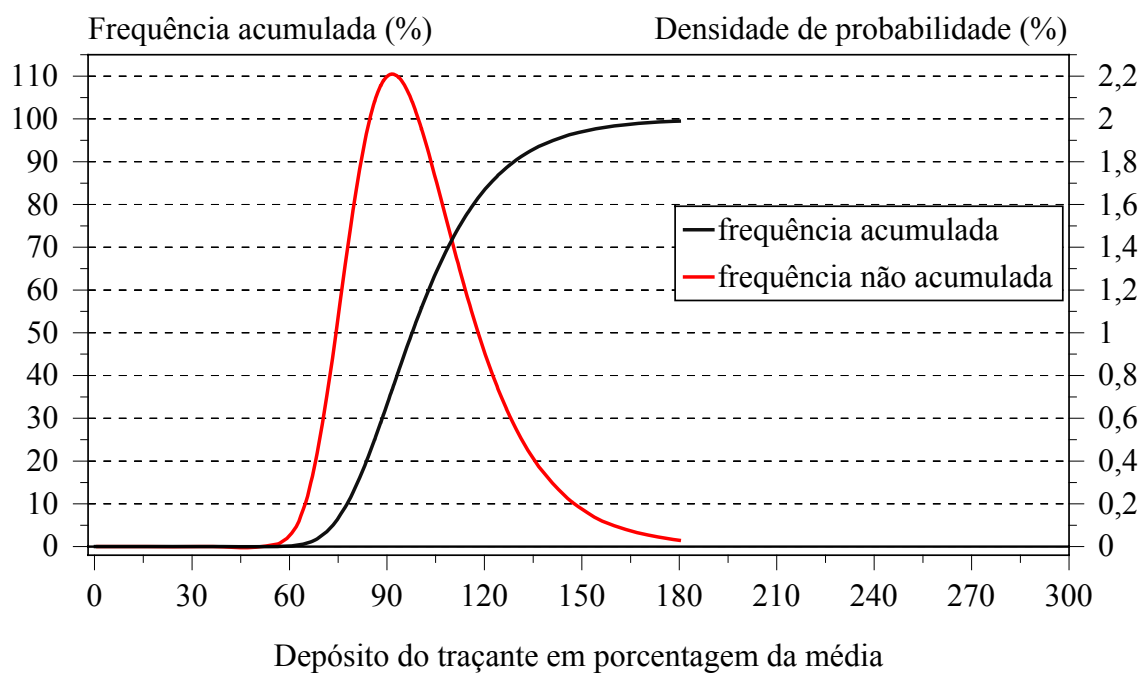


Figura 14 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes K e Cu em porcentagem da média, para alvo de 13 x 13 cm, com bico de jato plano.

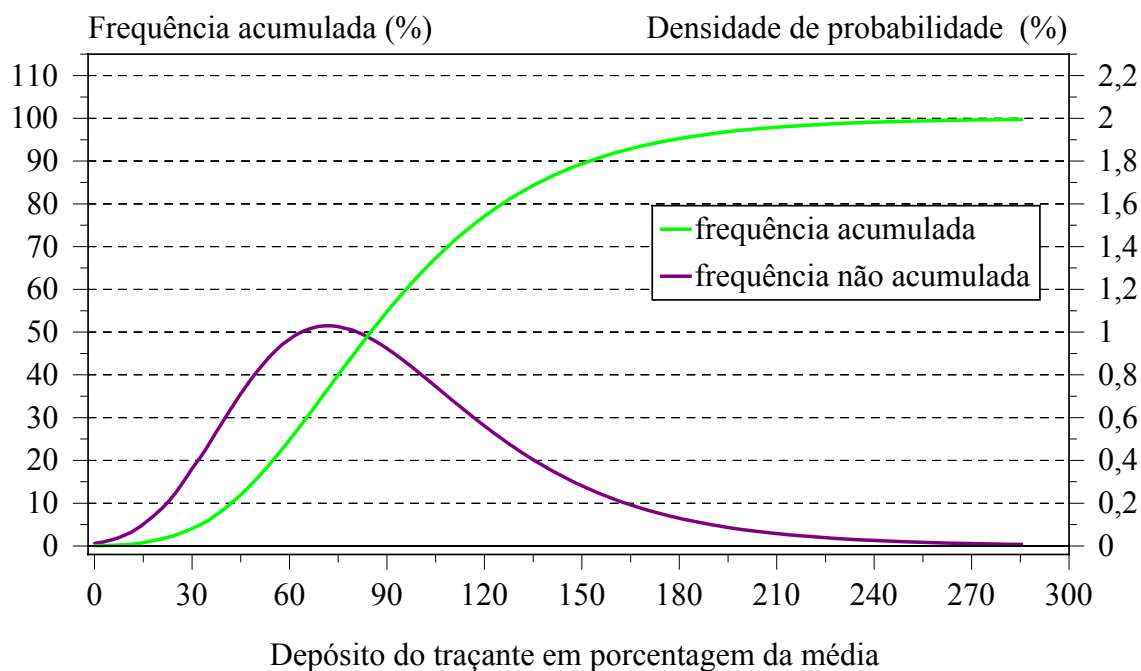


Figura 15 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 0,32 cm, com bico de jato cônico

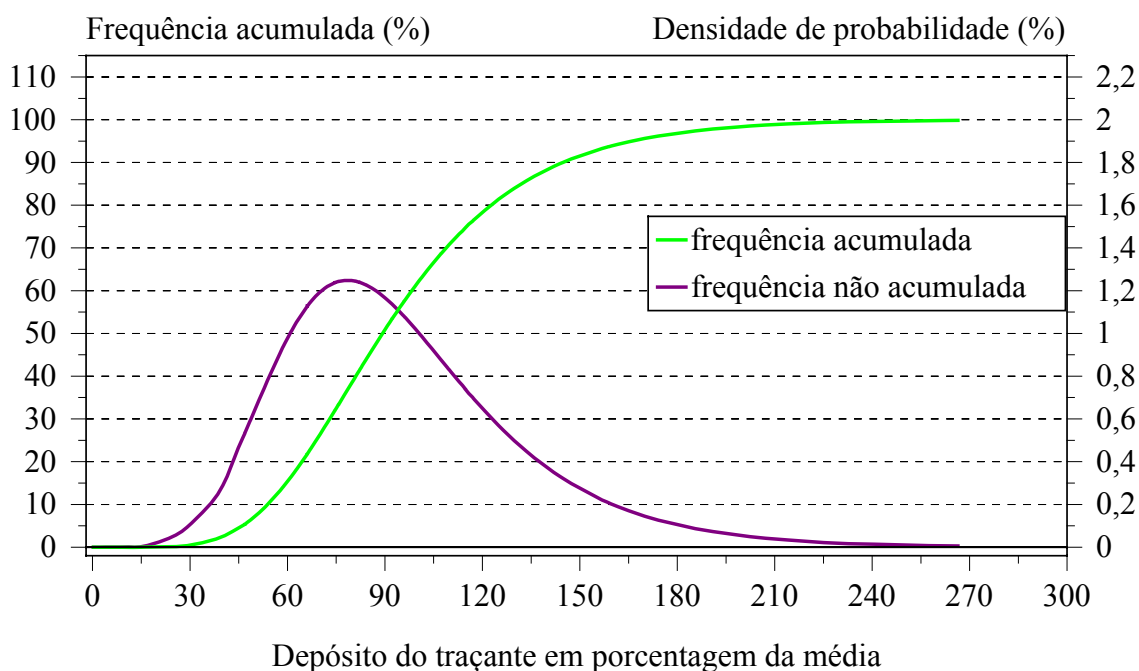


Figura 16 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 0,63 cm, com bico de jato cônico.

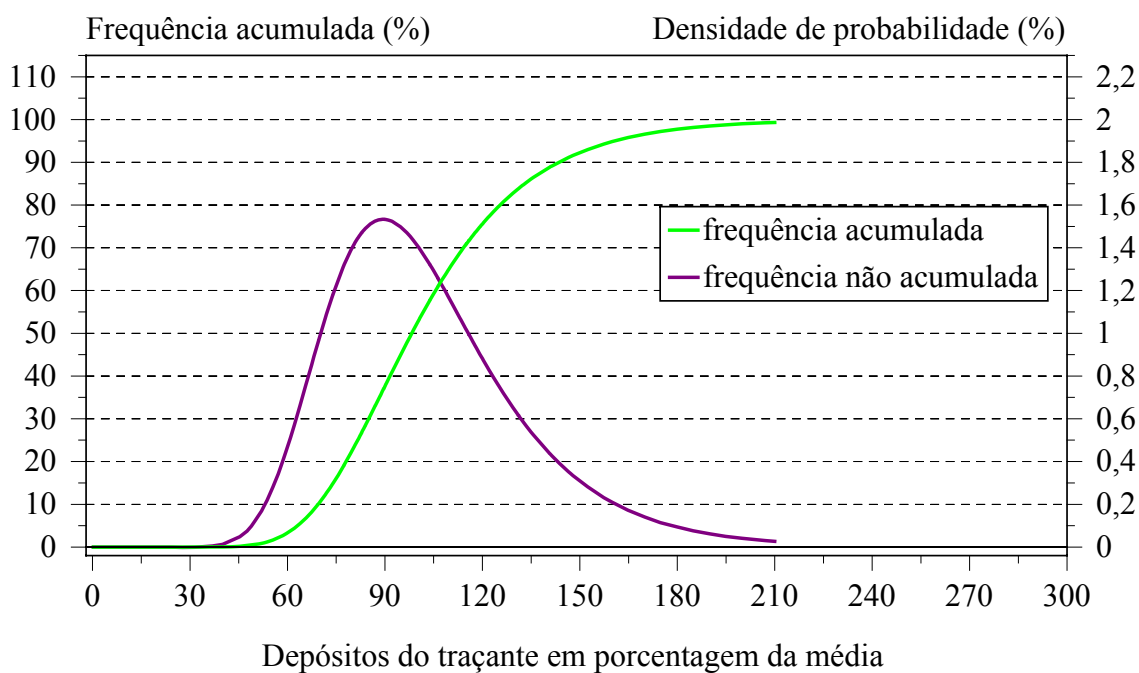


Figura 17 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 1,27 cm, com bico de jato cônico.

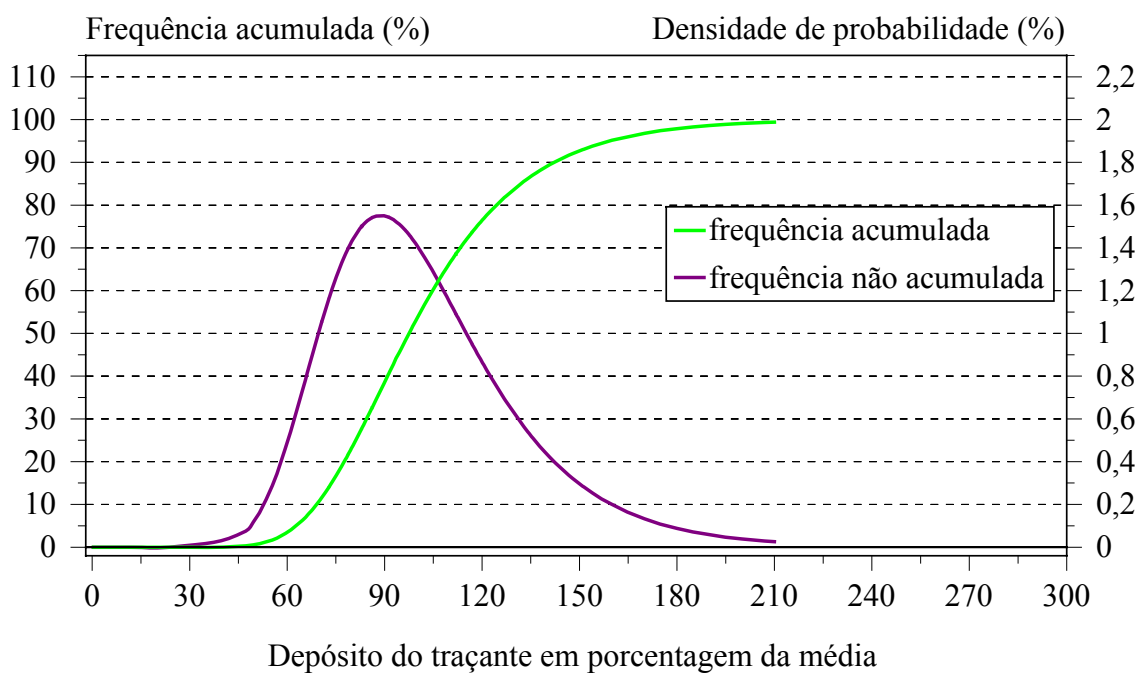


Figura 18 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 2,54 cm, com bico de jato cônico.

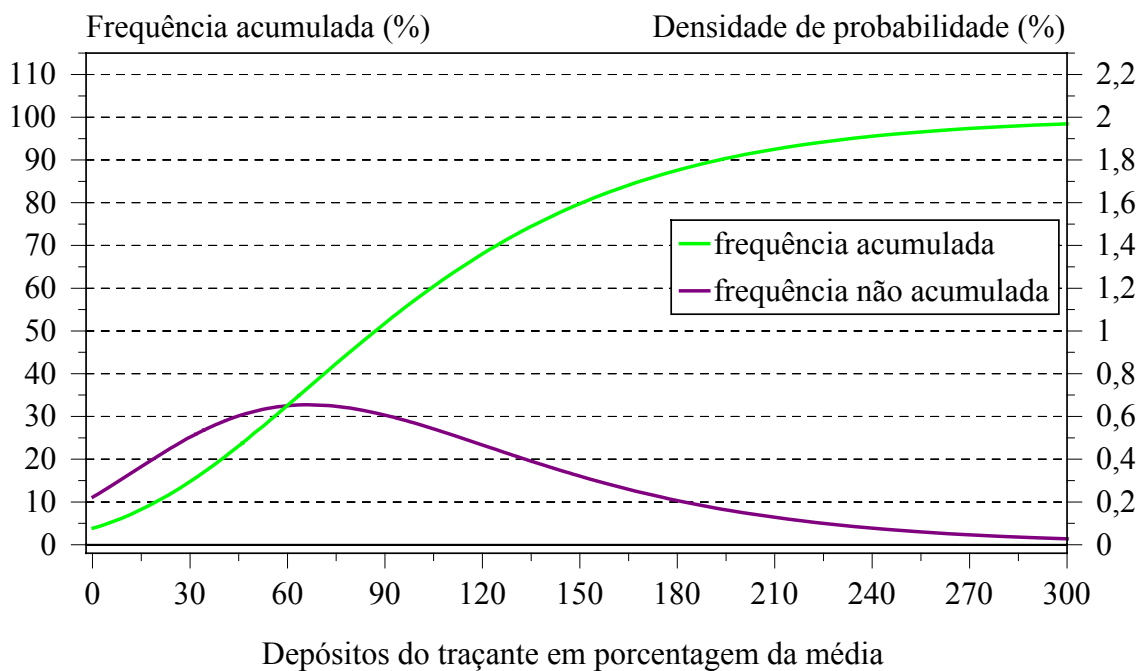


Figura 19 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 5,08 cm, com bico de jato cônico.

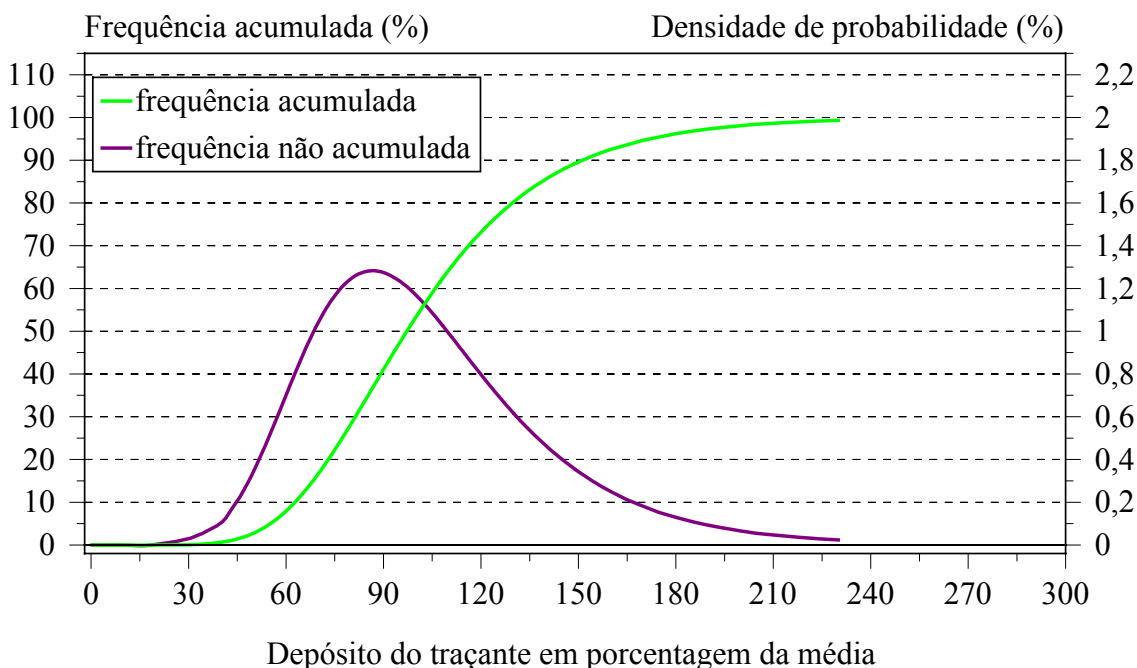


Figura 20 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 10,16 cm, com bico de jato cônico.

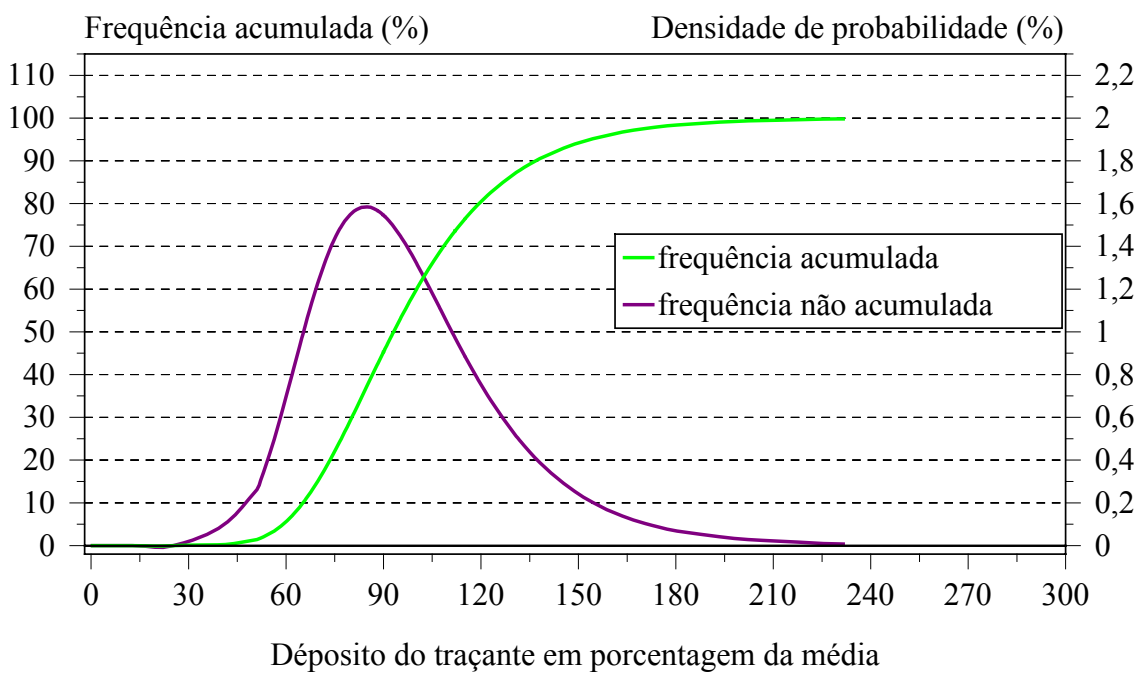


Figura 21 – Frequência acumulada e densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes Ca e Zn em porcentagem da média, para alvo de 13 x 13 cm, com bico de jato cônico.

Os valores dos depósitos encontrados para os diferentes tamanhos de alvo, quando aplicados com bico de jato plano e cônico, estão entre 82 a 98 % da media dos depósitos do traçante (Quadro 4)

A moda é o valor mais freqüente do conjunto de dados, e é determinada pelo ponto de máximo da derivada primeira dos dados de freqüência acumulada (Densidade de probabilidade). Os valores apresentados no Quadro 4 são os mais freqüentes do conjunto de dados, nota-se que estes valores estão entre 71 a 92 % da média dos depósitos do traçante.

As médias apresentadas no Quadro 4 são iguais a 100%, pois os dados foram ajustados pela expressão matemática, leitura $\times 100 / \text{média}$, portanto se o valor é a própria média, então assume o valor 100%.

Os coeficientes de variação dos depósitos do traçante, para o bico de jato plano, diminuem a medida que se aumentam os tamanhos de alvo para este tipo de bico. Os valores oscilaram entre 68,1 e 21,8, para o menor e maior alvo, respectivamente. Para o bico de jato cônico os valores encontrados estiveram entre 59,3 e 33,7 para o menor e maior alvo, respectivamente.

Observa-se que os valores das médias, medianas e modas estão sempre em ordem decrescente para todos os bicos e tamanhos de alvo, indicando a assimetria negativa das curvas de densidade de probabilidade. Deve ser discutida a utilidade da média para indicar a deposição em pulverizações agrícolas. Exemplificando, aplicando-se uma

Quadro 4 – Média, Mediana, Moda e Coeficiente de Variação dos depósitos dos traçantes (Ca, Zn e K, Cu) em porcentagem da média populacional para os diferentes tamanhos de alvo e para os bicos de jato plano (API 110-02) e cônico (JA 1,5).

Tamanho dos alvos (cm) / tipos de bico	Depósito do traçante em porcentagem da média			
	Média	Mediana	Moda	Coef. Var. %
0,32 / jato plano	100	82	71	68,1
0,32 / jato cônico	100	85	72	59,3
0,63 / jato plano	100	90	80	45,1
0,63 / jato cônico	100	89	77	45,9
1,27 / jato plano	100	96	87	29,5
1,27 / jato cônico	100	98	89	25,9
2,54 / jato plano	100	97	88	26,0
2,54 / jato cônico	100	97	90	25,1
5,08 / jato plano	100	95	87	28,33
5,08 / jato cônico	(100)	(87)	(66)	(63,1)
10,16 / jato plano	100	96	88	25,8
10,16 / jato cônico	(100)	(97)	(87)	(28,6)
13 x 13 / jato plano	100	98	92	21,8
13 x 13 / jato cônico	100	93	84	33,7

determinada dose de um suposto herbicida, a dose pontual mais freqüente (moda) na área pode ser bastante inferior à dose média.

As freqüências não acumuladas dos diferentes tamanhos de alvo para o bico de jato plano, apresentam dados coerentes em relação às curvas apresentadas, como mostra a Figura 22. As curvas representam as densidades de probabilidade em porcentagem dos depósitos dos traçantes (K e Cu) em porcentagem da média, nos diferentes tamanhos de alvo, para o bico de jato plano. Os picos das curvas aumentam a medida em que se aumenta o tamanho de alvo, mostrando uma homogeneização dos dados. Isto significa que para alvos maiores há uma menor dispersão dos dados. Deve-se salientar, que para os dois menores tamanhos de alvo, os picos destas duas curvas estão deslocados levemente para esquerda, indicando maior assimetria da distribuição.

As freqüências não acumuladas dos diferentes tamanhos de alvo para o bico de jato cônico, também apresentaram dados coerentes, como mostra a Figura 23. As densidades de probabilidade em porcentagem dos depósitos dos traçantes (Ca e Zn) em porcentagem da média, nos diferentes tamanhos de alvo, comportaram-se de maneira semelhante às curvas da Figura 22. Sendo que para os dois menores tamanhos de alvo, as curvas também deslocam-se levemente para esquerda, indicando maior assimetria da distribuição.

Nas Figuras de 24 a 30 estão apresentados os gráficos de Densidade de probabilidade, dos depósitos do traçante em porcentagem da média. Analisando-se as curvas destes gráficos, observa-se que para os dados de freqüência não acumulada, comparada por tamanho de alvo e bico de aplicação, as curvas de bico de jato plano apresentam-se mais pontiagudas quando comparados com os de jato cônico, para todos os tamanhos de alvo.

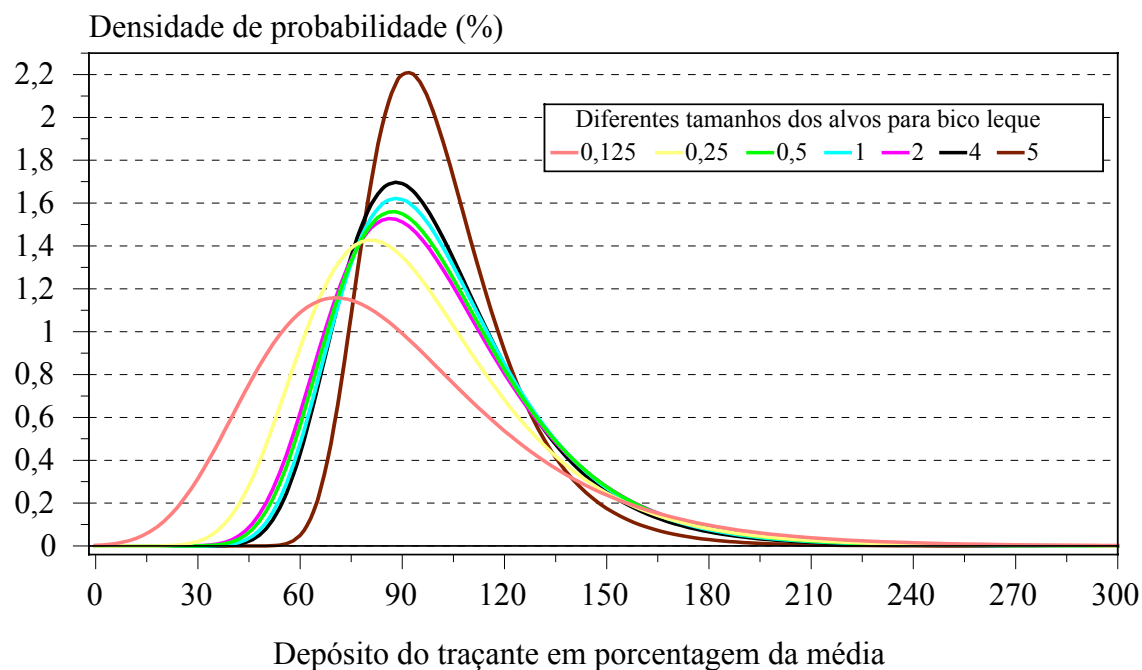


Figura 22–Densidade de probabilidade em porcentagem, dos depósitos dos traçantes (K e Cu) em porcentagem da média, nos diferentes tamanhos de alvo para bico de jato plano

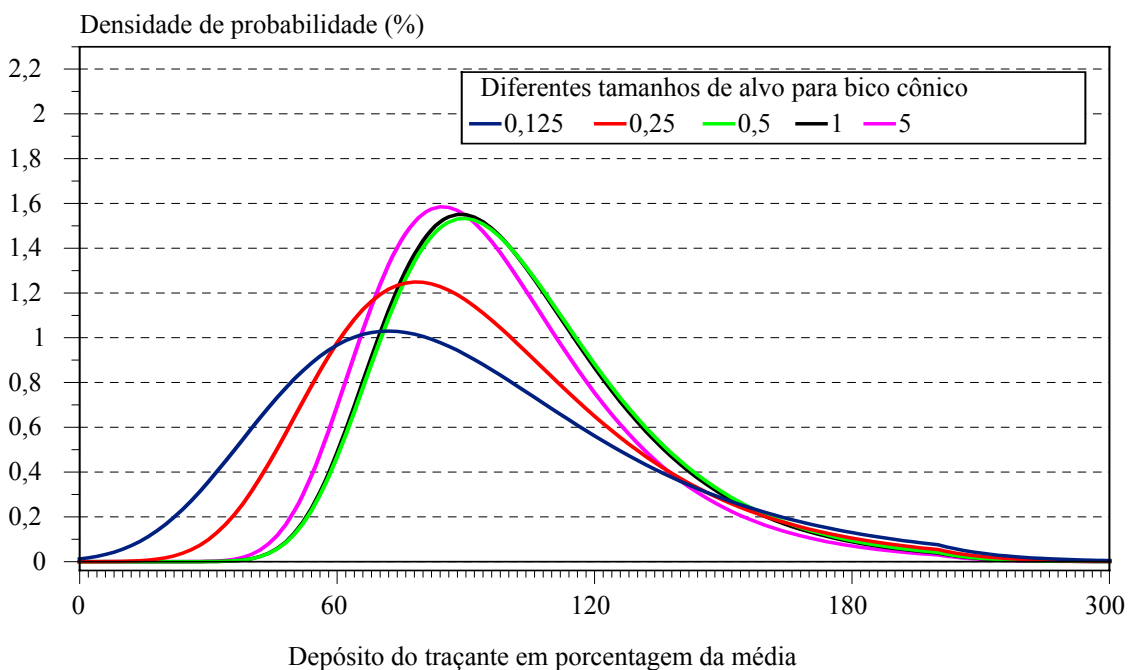


Figura 23–Densidade de probabilidade em porcentagem, dos depósitos dos traçantes (Ca e Zn) em porcentagem da média, nos diferentes tamanhos de alvo para bico de jato cônico.

Portanto a aplicação com bicos de jato plano conferem maior uniformidade de depósitos.

Os tamanhos de alvo interferem também na uniformidade dos dados. Para os alvos menores (0,32 e 0,63 cm de diâmetro) para os dois tipos de bico, as curvas apresentadas são menos pontiagudas, indicando maior dispersão de dados. Para estes tamanhos de alvo, a dispersão dos dados foi maior para o bico de jato cônico.

Para os alvos de (13 x 13 cm), as curvas confeccionadas, mostram-se mais pontiagudas, caracterizando os dados como sendo mais homogêneos quando comparados com as demais curvas da Figura 30. Quando se compara a curva de bico do jato plano com a curva de bico de jato cônico nota-se uma maior uniformidade dos resultados para o primeiro.

Para os dados dos alvos intermediários (1,27 e 2,54 cm – Figuras 26 e 27), as curvas dos diferentes bicos, são similares indicando que os bicos proporcionaram, para estes tamanhos, níveis de precisão dos depósitos bastante próximos.

Para os alvos de 5,08 e 10,16 cm não é possível estabelecer comparações entre os dois tipos de bico, em função da necessidade de descartar os dados referentes ao bico de jato cônico.

No Quadro 5. estão apresentados os valores dos percentis dos depósitos do traçante em porcentagem da média, para os diferentes tamanhos de alvo e para os bicos de jato plano e jato cônico. Foram considerados percentis entre 1 a 99%.

Os menores percentis apresentam a tendência de aumentar os valores dos depósitos em porcentagem da média, em função do tamanho de alvo. Se tomarmos como referencia 1% dos dados, estes correspondem a aproximadamente 20% da média para os bicos

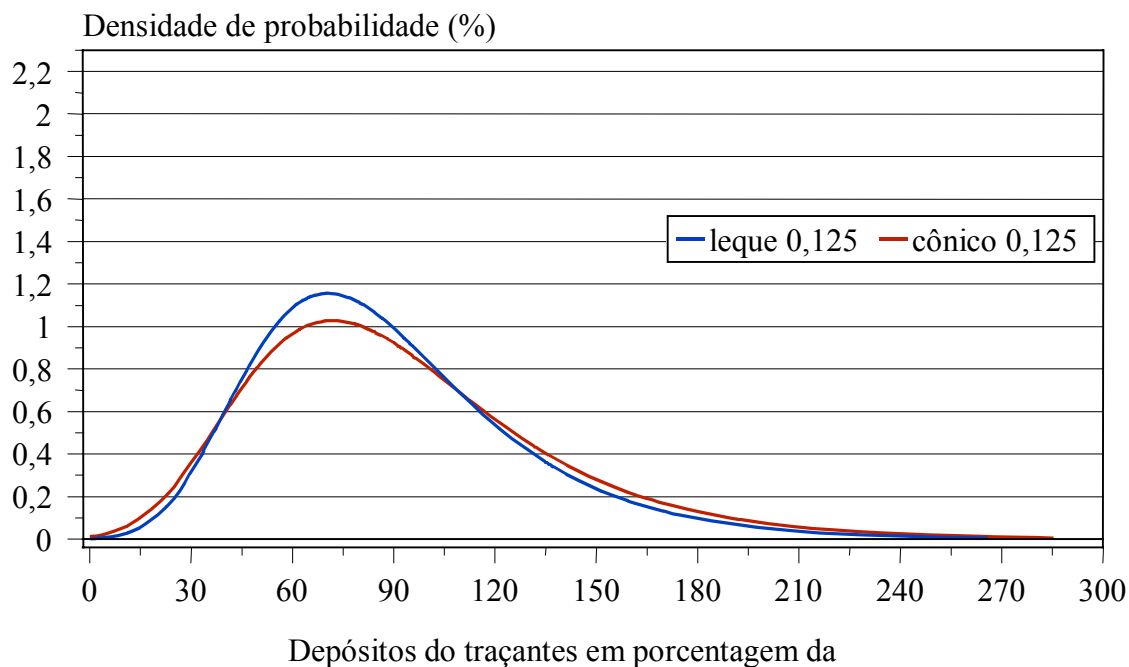


Figura 24 - Densidade de probabilidade em função dos depósito dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 0,32 cm, para bicos de jato plano e cônico.

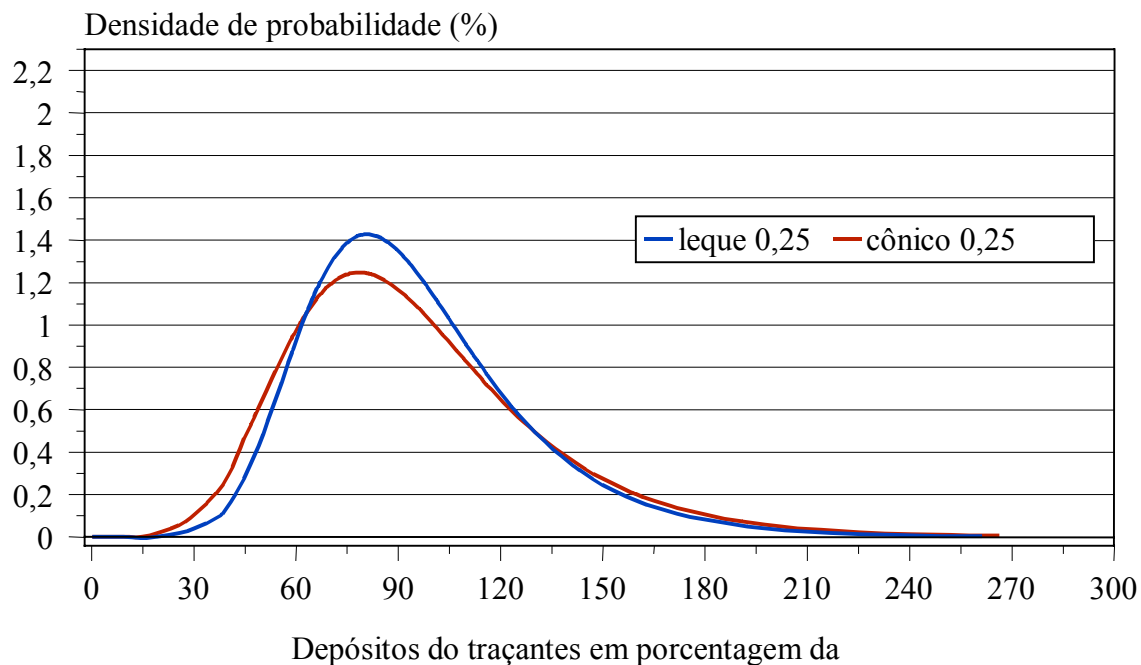


Figura 25 - Densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 0,63 cm, para bicos de jato plano e cônico.

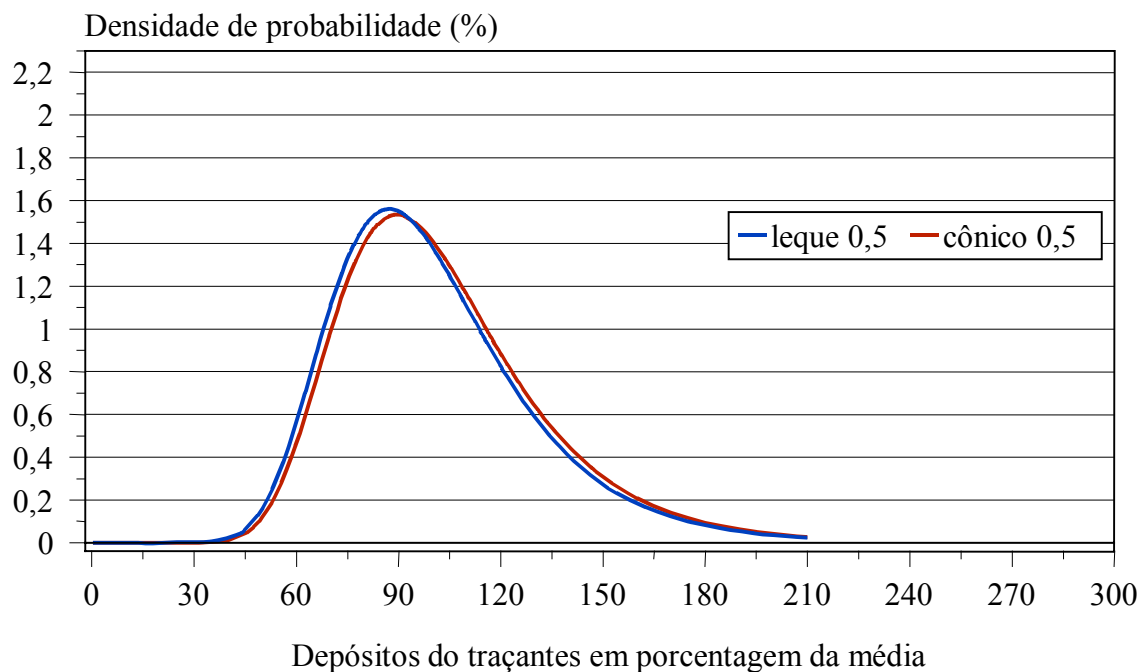


Figura 26 –Densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 1,27 cm, para bicos de jato plano e cônico.

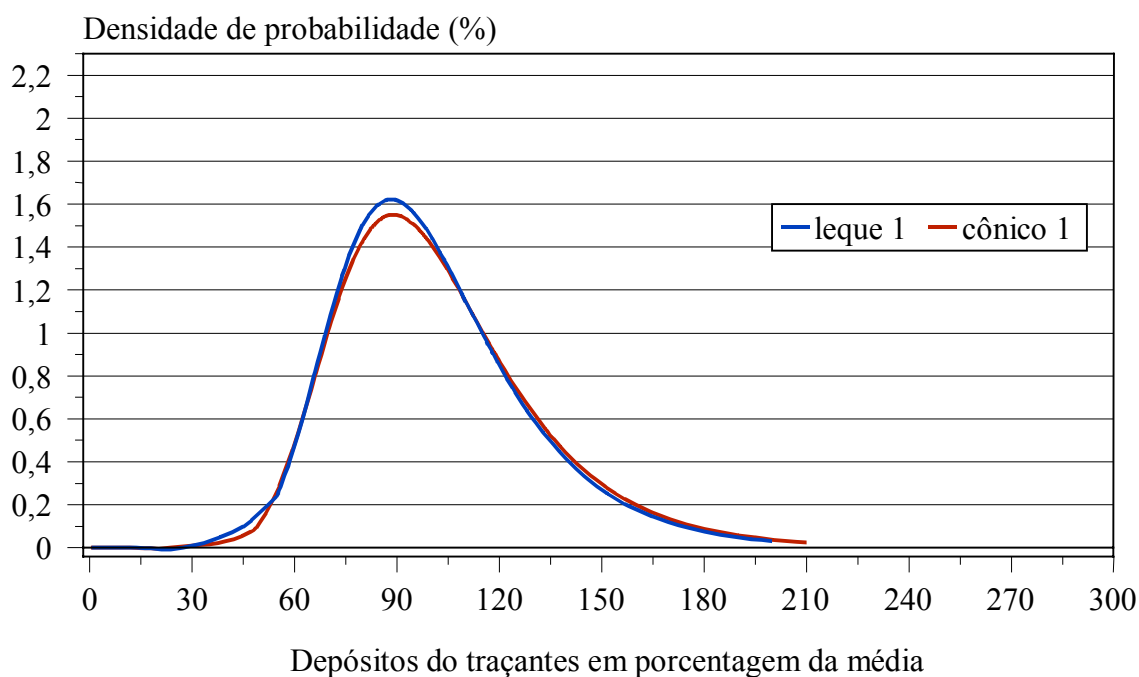


Figura 27 - Densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 2,54 cm, para bicos de jato plano e cônico.

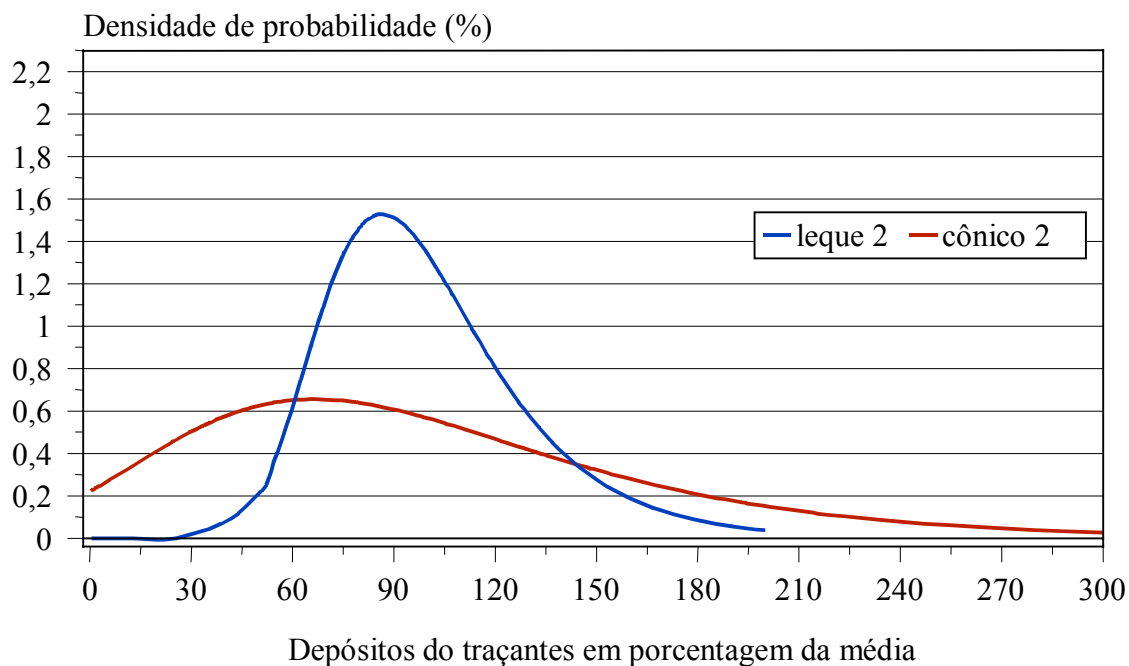


Figura 28 - Densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 5,08 cm, para bicos de jato plano e cônico.

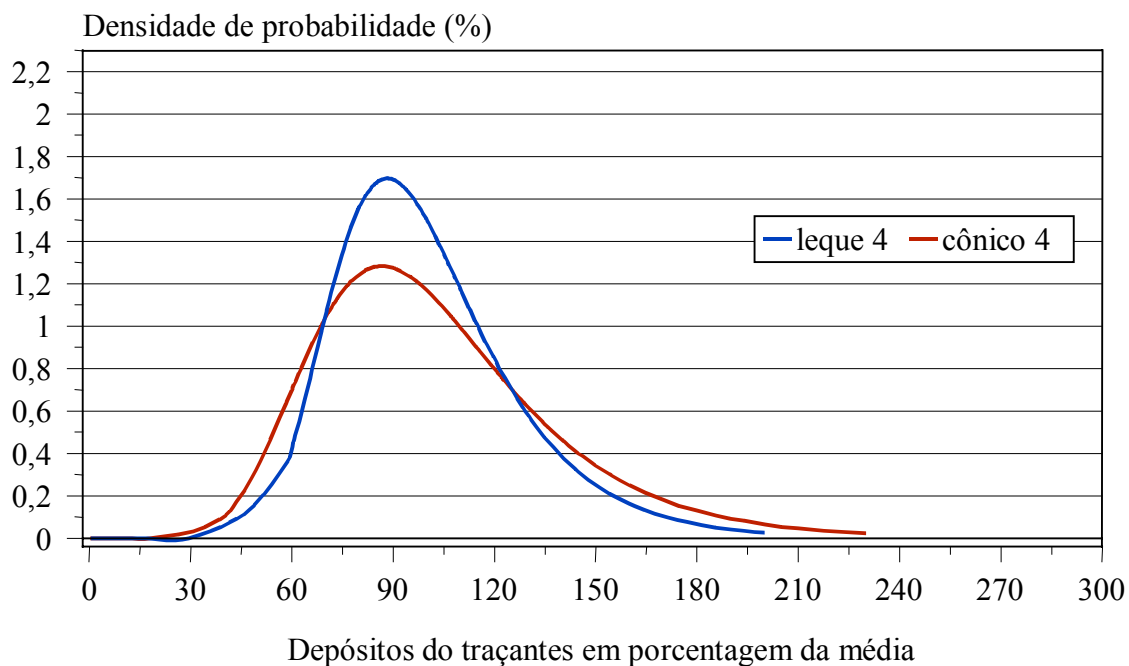


Figura 29 - Densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 10,16 cm, para bicos de jato plano e cônico.

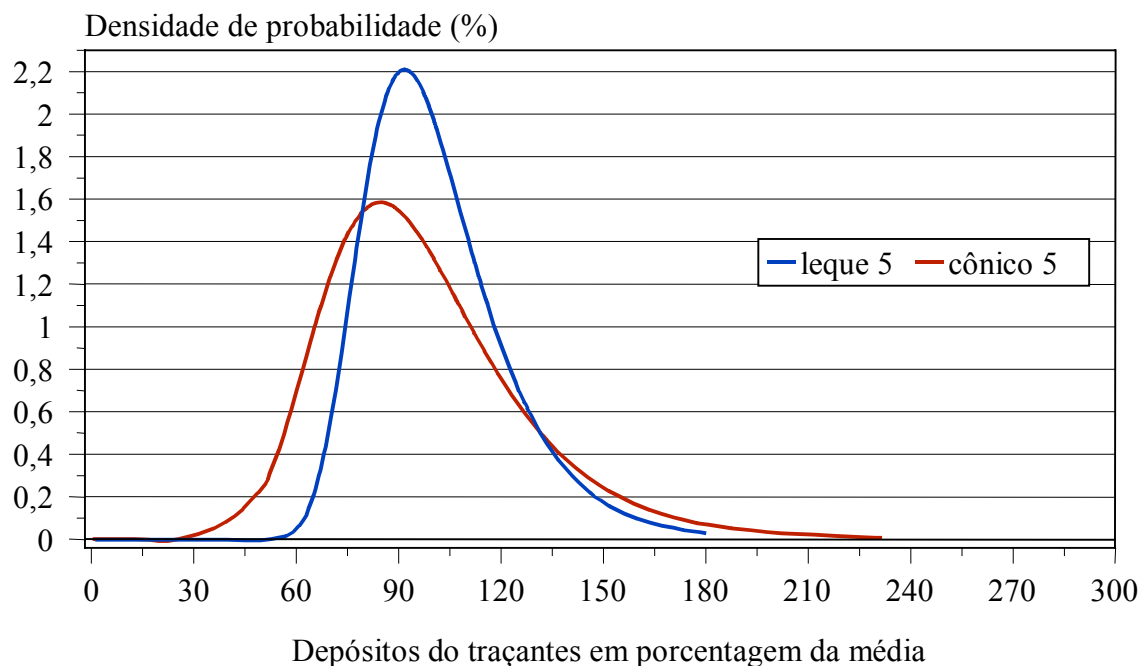


Figura 30 – Densidade de probabilidade em função dos depósitos dos traçantes em porcentagem da média, para o alvo de 13 x 13 cm, para bicos de jato plano e cônico.

de jato plano e cônico, no alvo de 0,32 cm (menor alvo). Analisando-se os mesmos 1%, para o alvo de 13 x 13 cm (alvo maior) encontra-se valores próximos a 50% da média dos depósitos, comprovando a tendência de uniformização dos dados de depósito com o aumento do tamanho dos alvos. Esta tendência não foi observada para os maiores percentis.

No Quadro 6, os dados apresentados demonstram o fator de multiplicação necessário para que a dose de um suposto herbicida, alcance as porcentagens de escape estabelecidas. Na aplicação de um herbicida em pré-emergência, esse fator representa quantas vezes é necessário acrescentar à dose, para que se tenha o nível de controle desejado, em diferentes alvos.

Quadro 5 – Percentis dos depósitos dos traçantes (Ca, Zn e K,Cu), expressos em percentagem da média, para os diferentes tamanhos de alvo, e para bicos de jato plano e jato cônico.

Tamanho dos alvos (cm) / tipos de bico	Depósito do Traçante em percentagem da media												
	Percentis (%)												
	1	2	5	10	20	40	50	60	80	90	95	98	99
0,32 / jato plano	21	27	36	44	55	73	82	91	118	141	164	194	216
0,32 / jato cônico	17	23	33	42	55	75	85	96	125	152	178	211	236
0,63 / jato plano	41	45	52	59	68	83	90	98	119	138	157	181	199
0,63 / jato cônico	33	38	46	54	64	81	89	98	122	145	166	193	214
1,27 / jato plano	51	55	61	67	76	89	95	103	122	140	157	179	195
1,27 / jato cônico	52	56	63	69	78	92	98	106	125	143	161	183	200
2,54 / jato plano	53	57	63	69	77	90	96	103	122	139	155	176	192
2,54 / jato cônico	52	56	63	69	78	91	97	105	124	142	159	181	198
5,08 / jato plano	49	53	60	66	75	88	95	102	122	140	157	180	197
5,08 / jato cônico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,16 / jato plano	55	58	64	70	77	90	96	102	120	136	152	172	187
10,16 / jato cônico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13 x 13 / jato plano	66	68	73	77	83	93	97	102	116	129	141	156	168
13 x 13 / jato cônico	49	52	65	73	86	93	93	100	119	136	153	175	191

A partir das curvas de frequências acumuladas e das informações sobre os percentis, calculou-se os fatores de elevação das doses de supostos herbicidas aplicados ao solo para que determinados níveis de controle e não controle (escape) sejam alcançados. Os diferentes alvos simulam herbicidas com diferentes modos de absorção e diferentes níveis de mobilidade lateral. Exemplificando, o herbicida oxyfluorfen de baixa solubilidade, alta sorção e pequena movimentação no solo, imobilidade na planta e absorção pelo caulículo durante a transposição das camadas mais superficiais do solo (Almeida e Rodrigues, 1998) possivelmente é melhor representado pelos alvos de menores dimensões. No outro extremo, melhor representado por alvos maiores estão herbicidas como o tebuthiuron que segundo Almeida e Rodrigues, 1998, tem absorção radicular, alta solubilidade, baixa sorção e elevada mobilidade no solo. É provável que vários outros herbicidas apresentem comportamento intermediário.

Admitindo-se a existência de uma determinada dose que aplicada uniformemente sobre toda a área teria condições de matar todas as plantas, o fator de elevação da dose representa em quantas vezes esta dose letal a todas as plantas teria que ser elevada para que determinados níveis de controle e não controle fossem alcançados. Esta elevação refere-se exclusivamente a irregularidade nos depósitos em função da imperfeição das tecnologias de aplicação fundamentadas em bicos de energia hidráulica e desconsidera diferenças genéticas e fisiológicas entre indivíduos da população em estudo.

Tomando-se como referencial o menor alvo, seguramente representativos para alguns herbicidas, haveria a necessidade de aplicar entre 1,2 a 5,8 vezes a referida dose letal para alcançar porcentagens de controle entre 80 e 99%, respectivamente.

A análise de todos os dados do Quadro 6 indica que a irregularidade dos depósitos pode levar à necessidade de aumentos na dose aplicada que podem sobrelevar em varias vezes os incrementos de doses necessários para compensar perdas por deriva. Apesar disto, estudos procurando estabelecer a dispersão de depósitos no solo ou em populações de plantas daninhas são praticamente inexistentes. Exceções são os trabalhos de Souza et. al. (2000 a), Souza et. al. (2000 b) e Negrisoni et al (2000).

Quadro 6 – Fator de multiplicação da dose para que determinados níveis de escape sejam alcançados para supostos herbicidas com dinâmica de solo e processo de absorção representados por diferentes tamanhos de alvo.

Tamanho dos alvos (cm) / tipos de bico	Quantidade da dose necessária				
	% de escape / % controle				
	1 / 99	2 / 98	5 / 95	10 / 90	20 / 80
0,32 / jato plano	4,6	3,7	2,8	2,3	1,8
0,32 / jato cônico	5,8	4,3	3,0	2,4	1,8
0,63 / jato plano	2,4	2,2	1,9	1,7	1,5
0,63 / jato cônico	3,0	2,6	2,2	1,8	1,6
1,27 / jato plano	1,9	1,8	1,6	1,5	1,3
1,27 / jato cônico	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3
2,54 / jato plano	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3
2,54 / jato cônico	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3
5,08 / jato plano	2,0	1,9	1,7	1,5	1,3
5,08 / jato cônico	-	-	-	-	-
10,16 / jato plano	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3
10,16 / jato cônico	-	-	-	-	-
13 x 13 / jato plano	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2
13 x 13 / jato cônico	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4

7. CONCLUSÕES

O estudo da distribuição dos depósitos pontuais é fundamental para avaliação da qualidade da pulverização em pré-emergência.

Para os dois tipos de bicos utilizados, a regularidade da distribuição da pulverização aumenta com o aumento dos tamanhos dos alvos.

As irregularidades de depósitos provenientes da pulverização, pode levar a necessidade de aumentos na dose aplicada, que podem variar de 1,2 a 5,8 vezes da dose, para manter a mesma % de controle ou não controle (escape), dependendo do bico e tamanho de alvo.

O modelo de Gompertz representou adequadamente a distribuição ou densidade de probabilidade e frequência acumulada nos depósitos pontuais para todos os tamanhos de alvo e bicos utilizados, pois somente a média não é um bom parametro para este tipo de avaliação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI SAAB, O. J. G., ANTUNIASSI, U. R. Avaliação do depósito de calda em um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras. *Energ. Agric. (Botucatu)*, v.12, p.1-11, 1997.

ALMEIDA, F.S., RODRIGUES, B. N. *Guia de herbicidas*. 4 ed. Londrina, 1998. 647p.

ANTUNIASSI, U. R., VELINI, E. D., MARTINS, D. Spray deposition and drift evaluation of air-carrier peach orchard sprayers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 1996. Madrid, *Paper...* Madrid: AgEng, v.1, p.1-7, september, 1996.

BAERDEMAEKER, J., VERDONCK, E. Modelling the dynamic behavior of sprayer booms. *Pap, Am. Soc. Agric. Eng.*, n. 83, 15p, 1983.

- BLANCO, H.G. Catálogo das espécies de mato infestantes de áreas cultivadas no Brasil – família do amendoim do campo (Leguminosae). *O Biológico*, v.19, n.2/3, p.33-68, 1974.
- BONDOSSON, A. Movements of the sprayer boom-effect, reasons and reductions. Weeds and weed control. In: SWEDISH WEED CONFERENCE, 27, Uppsala, v.1, p.184-6, 1986.
- CARLTON, J. B., BOUSE, L. F., O'NEAL, H. P., WALLA, W. J. "Measuring spray coverage on soybean leaves". *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, v.24, p.1108-10, 1981.
- CAVENAGHI, A. L. *Ávaliação e calibração de pulverizadores logarítmicos*. Botucatu, 1999. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- CLIJMANS, L., RAMON, H. The experimental modal analysis technique to study the dynamic behavior of sprayers. *Asp. Appl. Biol.*, n.38, p.9-16, 1997.
- DEUBER, R. *Ciência das plantas daninhas: fundamentos*. Jaboticabal, Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia (FUNEP), v.1, 1992, p.175-8.
- HAYDEN, J., AYERS, G., GRAFIUS, E., HAYDEN, N. Two water-soluble optically resolvable dyes for comparing pesticide spray distribution. *J. Econ. Entomol.*, v.83, p.2411-3, 1990.
- HISLOP, E. C., COOKE, B. K., HERRINGTON, P. M., WESTERN, N. M., WOODLEY, E. E. Efficient use of agrochemicals. Dep. Agric. Sci., Long Ashton Res Sta. *Annu. Rep.*, p.48-9, 1987.
- LANGENAKENS, J., RAMON, H., BAERDEMAEKER, J. The effect of boom movements on spray distribution. In: INTERNATIONAL CONGRESS FOR COMPUTER

- TECHNOLOGY IN AGRICULTURE, 5, 1994, Warwickshire, *Proceedings...* p.93-6, 1994a.
- LANGENAKENS, J., RAMON, H., BAERDEMAEKER, J. The impact of vertical and rolling movements of sprayer booms on the spray distribution. WORLD CONGRESS ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 12, *Proceedings....V.2*, p.1321-9, 1994b.
- LANGENAKENS, J., RAMON, H., BAERDEMAEKER, J. A model for measuring the effect of tire pressure and driving speed on horizontal sprayer boom movements and spray pattern. *Trans.ASAE(Am. J. Agric. Eng.)*, 38, p.65-2, 1995.
- LEITE, F. *Validação em análise química*. 3 ed. Campinas: Átomo, 1998, 224p.
- MAHALINGA, I.R., WILLS B.M.D. Factors determining the design of tractor-mounted sprayer booms - sprayer nozzle characteristics. *J. Agric. Eng. Res.* v.23, p.37-3, 1978.
- MATTHEWS, G. A., HISLOP, E. C. (Ed.) Application technology for crop protection. Wallingford: CABINTERNACIONAL, 1993, 395p.
- MATUO, T. *Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citros*. Jaboticabal, 1988. 167p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- NATION, H.J. Boom design and sprayer use. *N.I.A.E.*, Spraying Department. 27p. 1977.
- NEAL, J. C., BHOWMIK, P. C., SENESAC, A. F. Factors influencing fenoxaprop efficacy in cool season Turfgrass. *Weed Technol.*, v.4, n.2, p.272-8, 1990.
- NEGRISOLI, E, TOFOLI, G. R., VELINI, E. D., MARTINS, D., PALLADINI, L. A. Depósitos unitários de calda de pulverização com e sem aterbane em plantas de *Salvinia* (*Salvinia molesta*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS

- DANINHAS, 22, 2000, Foz do Igauçu. *Anais...* Foz do Igauçu : Sociedade Brasileira da Ciências de Plantas Daninhas, 2000, p.471.
- ORMAND, L. New nozzles desings improve spraying efficiency. *South Afr Sugar J.*, v.77, n.2, p. 56, 1993.
- PALLADINI, L.A. *Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações*. Botucatu, 2000. 111p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- PORSKAMP, H. A. J., VAN ZUYDAM, R. P. Spray booms must not sway. *Landbouw Mechan.*, v.43, n.8, p.16-17, 1992.
- RAETANO, C. G. *Condições operacionais de turbo atomizadores na distribuição e deposição da pulverização em citrus*. Piracicaba, 1996. 93p. Tese (Doutorado em Ciências/Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SINFORT, C. Comparison between measurements and predictions of spray pattern from a moving boom sprayer. *Asp. Appl. Biol.*, n.48, p.1-8, 1997.
- SMELT, J. H., SMIDT, R. A., HUIJSMANS, J. F. M. Comparison of spray deposition on apple leaves of captan and the dye brilliant sulfoflavine. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LES TECHNIQUES D’APPLICATION DES PRODUITS PHYTOSSANITAIRES, 2, 1993, Strasbourg: British Crop Protection Council, p. 191-7, 1993.
- SOLIE, J. B., SELF, K. P., SUMMERS, J. D. Factores affecting low volume spray patterns using a floatation sprayer. *Am. Soc. Agric. Eng.*, Oklaroma State Univ., 9p, 1986.

- SOUZA, R. T., MACIEL, C. D. G., VELINI, E. D. Avaliação dos depósitos unitários de calda de pulverização em plantas daninhas da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Igauçu. *Anais...* Foz do Igauçu : Sociedade Brasileira da Ciências de Plantas Daninhas, 2000, p.473 a.
- SOUZA, R. T., MACIEL, C. D. G., ALVES, E., MENDONÇA, C. G., CORREA, M. R., VELINI, E. D. Depósitos unitários de calda de pulverização em reboleiras de plantas daninhas em aplicações de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Igauçu. *Anais...* Foz do Igauçu : Sociedade Brasileira da Ciências de Plantas Daninhas, 2000, p.474 b.
- SPEELMAN, L, JANSEN, J.W. The effect of spray-boom movement on the liquid distribution of field crop sprayers. *J. Agric. Eng. Res.* v.19, p.117-29, 1974.
- TOMAZELA, M. S. *Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da densidade populacional de Brachiaria plantaginea (Link) Wicth, volume e ângulo de aplicação.* Botucatu, 1997. 78p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- VELINI, E. D., ANTUNIASSI, U. R., MARTINS, D., TRINDADE, M. L. B., SILVA, M. A. S. Utilização da condutividade elétrica para avaliação do depósito da calda de pulverização em alvos ou folhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20, 1995, Florianópolis. *Anais...* p. 427-9, 1995”.
- WANG, L., ZHANG, N., SLOCOMBE, J. W., THIERSTEIN, G. E., KUHLMAN, D. K. Experimental analysis of spray distribution pattern uniformity for agricultural nozzles. *Appl. Eng. Agric.*, v. 11, n.1, p. 51-5, 1995.

- WESTERN, N. M., HISLOP, E. C., HERRINGTON, P. J., JONES, E. I. Comparative drift measurements for BCPD reference hydraulic nozzles and for na Airtec twin fluid nozzle under controled conditions. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE WEEDS, 1989. *Proceeding...* Bristol, v. 2, p.641-8, 1989.
- WILLS, B. G., COMBELLACK, J. H. Performance characteristics of a ground driven metered boom sprayer. CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 1984. Bundaberg, Queensland, *Papers.....*p. 132-136.
- WOLF, T. M., SHU, H., CALDWELL, B. C., HSIAO, A. I., SHU, H. L. Calibration of greenhouse spray chambers the importance of dynamic nozzle patteration. *Weed Technol.*, v.11, p.428-35, 1997.