



Universidade de Brasília
Faculdade de Ciências da Saúde

Influência de parâmetros na dose de ingrediente ativo de inseticida utilizado no controle de insetos vetores: uma abordagem prática para Saúde Pública

Estudante: Carlos Frederico Campelo de Albuquerque e Melo

Orientador: Marcos Takashi Obara

Brasília – DF
2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENTOMOLOGIA MÉDICA

CARLOS FREDERICO CAMPELO DE ALBUQUERQUE E MELO

Influência de parâmetros na dose de ingrediente ativo de inseticida utilizado no controle de insetos vetores: uma abordagem prática para Saúde Pública

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título de especialista em Entomologia Médica pela Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Takashi Obara

Brasília - DF

2022

"Um bom gestor salva mais vidas que um bom médico."

(Eric Martins)

AGRADECIMENTOS

A Deus por sua bondade.

A minha família, meus irmãos Ana, Dom, Tututu, Darlan e Nelson, minhas mães Maria do Carmo e Severina, minha esposa Alice e meu filho André por todo amor e suporte.

Ao Professor Dr. Marcos Takashi Obara pelo apoio e condução para a conclusão desta especialização.

Ao meu amigo e ex-chefe Dr. Enrique Vazquez por todos os ensinamentos e exemplo.

Aos membros da banca avaliadora, Dr. Rodrigo Gurgel Gonçalves e Dr. Fernando Ariel Genta pela disponibilidade, comentários e ensinamentos.

Aos professores, funcionários e colegas da Faculdade de Ciências da Saúde da UnB.

Aos colegas da Organização Pan-americana da Saúde, do Ministério da Saúde.

Muito obrigado!

RESUMO:

Objetivo: Identificar e descrever os parâmetros que influenciam na dose de ingrediente ativo dos inseticidas aplicados nas ações de controle químico de vetores de importância para saúde pública. **Método:** Estudo descritivo dos parâmetros de aplicação orientados pela Organização Mundial da Saúde. **Resultados:** A formulação e diluição dos inseticidas e o padrão de aplicação influenciam diretamente na dose de ingrediente ativo. Os parâmetros de concentração e quantidade de inseticida no preparo da calda, vazão e pressão da aplicação quando elevados favorecem a superdosagem de inseticidas. Distância do bico do pulverizador, velocidade de aplicação, volume de calda preparada e distância linear percorrida para cobrir 1 ha mantém relação inversamente proporcional com a dose aplicada, pois se aumentados podem influenciar na subdosagem. **Conclusão:** Nas atividades de tratamento focal, BRI e nebulização frio e quente atenção deve ser dada para o tipo de formulação, concentração e diluição dos inseticidas, assim como para a velocidade, cobertura, pressão, vazão e padrão de aplicação. Distância do bico também pode afetar a qualidade dos tratamentos residuais.

Palavras-chave: Controle de Vetores, Manejo de Pragas, Fumigação, Uso de Pesticidas.

ABSTRACT

Objective: To identify and describe the parameters that influence the dose of active ingredient of insecticides applied in chemical control actions of vectors of importance to public health. **Method:** Descriptive study of application parameters guided by the World Health Organization. **Results:** The formulation and dilution of insecticides and the application pattern directly influence the dose of active ingredient. The parameters of concentration and amount of insecticide in the preparation of the mixture, flow and pressure of the application when high favor the overdose of insecticides. Distance from the sprayer nozzle, application speed, volume of prepared mixture and linear distance traveled to cover 1 ha maintain an inversely proportional relationship with the applied dose, as if increased they can influence underdosing. **Conclusion:** In the activities of focal treatment, BRI and cold and hot spray, attention should be paid to the type of formulation, concentration and dilution of insecticides, as well as to speed, coverage, pressure, flow rate and application pattern. Nozzle distance can also affect the quality of residual treatments.

Keywords: Vector Control, Pest Management, Fumigation, Use of Pesticides.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da resposta global de controle de vetores da OMS 2017-2030

Figura 2 - Representação da seleção natural da resistência aos inseticidas com a diminuição da variabilidade genética em resposta à pressão do uso dos inseticidas

Figura 3 - Ilustração da técnica de pulverização em faixas de 75cm com sobreposição de 5 cm

Figura 4 - Ilustração da técnica de controle de foco. Fonte: Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue.

Figura 5 - Ilustração da técnica de nebulização a Ultra Baixo Volume veicular. Fonte: Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue.

Figura 6 - Ilustração da técnica de nebulização a Ultra Baixo Volume veicular. Fonte: Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue.

Figura 7: Determinação da vazão (ml/min) em relação a pressão (psi) dos pulverizadores de compressão previa.

Figura 8: Determinação da cobertura linear (cm) na parede em relação a distância do bico (cm) da parede.

Figura 9: Ilustração de um percurso de nebulizador com cobertura ocorrendo por uma aplicação linear de 400m.

Figura 10: Ilustração de um hectare com cobertura ocorrendo por uma aplicação linear de 200m.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MIV	Manejo Integrado de Vetores
OMS	Organização Mundial da Saúde
BRI	Borrifação Residual Intradomiciliar
IRS	<i>Indoor Residual Spraying</i>
UBV	Ultra Baixo Volume
Ha	Hectare

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	9
2- OBJETIVOS	18
3- MÉTODO.....	19
4- RESULTADOS/DISCUSSÃO	21
5- CONCLUSÃO	33
6- REFERÊNCIAS.....	34

1- INTRODUÇÃO

As doenças transmitidas por vetores são caracterizadas por necessitar da participação de um artrópode, principalmente insetos, na veiculação biológica de parasitos/micro-organismos a outros seres vivos, por exemplo, a dengue cujo o mosquito *Aedes* transmite o vírus de uma pessoa para outra. Neste caso, o paciente com dengue em sua fase viremica transmite o vírus para o vetor que após completar o seu ciclo de incubação extrínseca dentro do mosquito passa a transmiti-lo para outras pessoas. A malária, leishmanioses, doença de Chagas, febre amarela, zika e chikungunya são outros exemplos de doenças em que os insetos vetores transmitem agentes patogênicos. Essas doenças são de grande importância para saúde pública, pois estão entre as doenças negligenciadas e são amplamente distribuída no continente americano. Uma estratégia para interromper o ciclo transmissão destas doenças é o Manejo Integrado de Vetores (MIV)¹.

O MIV é a política adotada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para o controle vetorial. O MIV é definido por ser “o processo de tomada de decisão racional para o uso ótimo de recursos para o controle de vetores”. Neste contexto, o MIV compreende um amplo leque de estratégias de controle que envolve desde atividades educacionais e envolvimento da população até o controle genético de populações passando pelas técnicas de controle físico, jurídico e o controle químico de mosquitos adultos¹.

As formas de controle químico são caracterizadas pelo uso de inseticidas que matam o vetor. A depender do estágio de vida alvo do produto os inseticidas podem ser classificados em larvicidas, quando o estágio de vida larvário é o alvo

do inseticida e adulticida quando a forma de vida adulta (nos mosquitos a forma alada) é o alvo do inseticida^{2,1,19}.

- Tratamento focal, com a aplicação de larvicida diretamente nos depósitos de armazenamento de água, afim de controlar as formas imaturas;^{3,4}
- Pulverização de adulticidas, com a aplicação de uma camada de inseticida de ação residual, visando atingir mosquitos adultos no momento do seu repouso. Que pode ser chamado de tratamento perifocal, quando aplicado nas paredes externas dos depósitos, e de borrifação quando aplicado nas paredes das casas. Quando a pulverização de adulticida de ação residual for aplicado nas paredes internas das casas é chamado de Borrifação Residual Intradomiciliar (BRI) e no inglês de *Indoor Residual Spraying (IRS)*;
- Nebulização de adulticida que é chamada de termonebulização quando ocorre a quente e de ultra baixo volume (UBV) quando ocorre a frio. Podendo a nebulização ser realizada de forma veicular ou portátil. Esta forma de tratamento não tem efeito residual.

A melhoria nas capacidades e habilidades no controle de vetores é um dos fundamentos da estratégia global de controle de vetores (Fig. 1).

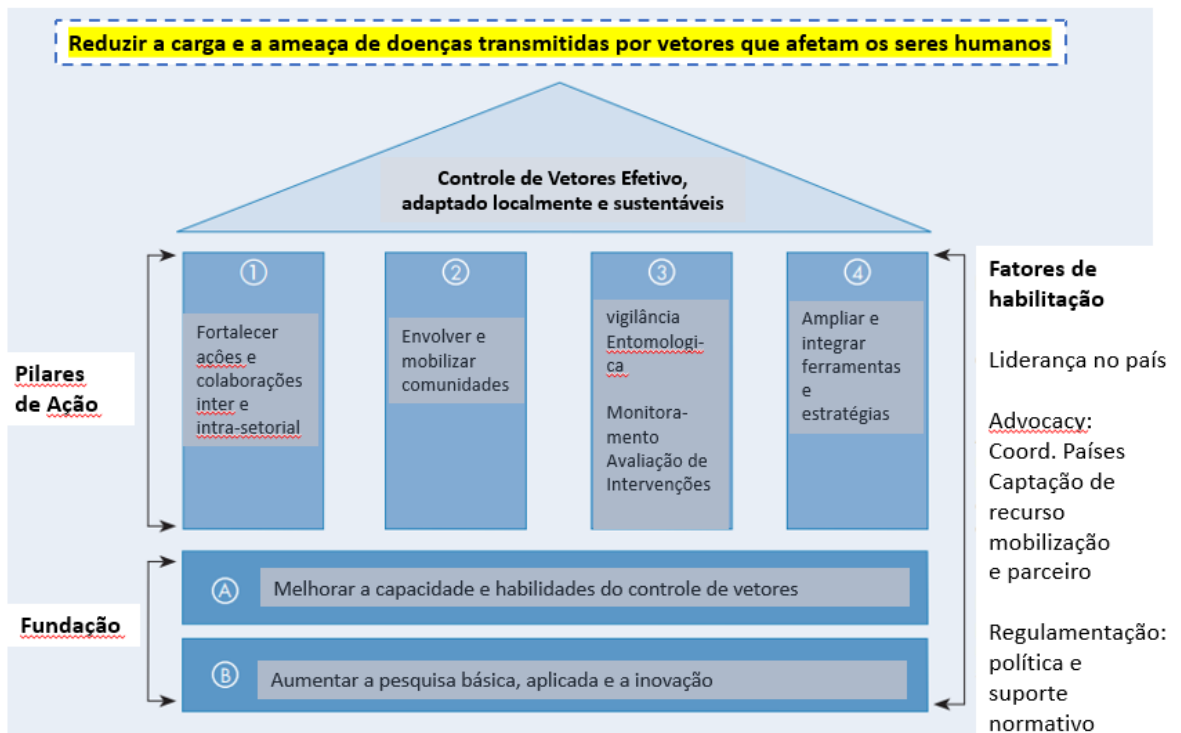


Figura 2 - Esquema da resposta global de controle de vetores da OMS 2017-2030 (Fonte: Global Vector Control Response 2017–2030). Adaptado e traduzido pelo autor.

O principal aspecto a ser considerado nas atividades de tratamento químico de vetores é a garantia da correta dosagem de ingrediente ativo por área de aplicação, afim de garantir eficiência para o controle do vetor evitando subdosagens e a conseqüente perda de efetividade e superdosagem que contribui significativamente na seleção de insetos resistentes aos pesticidas⁵.

Cabe ressaltar que toda aplicação de inseticida pode influenciar na seleção de indivíduos resistentes dentro de uma população de insetos vetores. O que mais contribui para o surgimento de resistência é o uso contínuo e descontrolado de inseticidas, pois o processo de seleção vai ocorrer em sucessivas gerações diminuindo a variabilidade genética da população, selecionando indivíduos cada

vez mais resistentes e dificultando a retorno de uma população a níveis suscetíveis⁶.

Tanto a aplicação de hiperdoses quanto subdoses de inseticidas promovem a seleção de insetos resistentes. Doses elevadas selecionam indivíduos mais tolerantes e mesmo a subdosagem pode diminuir a variabilidade genética, pois conseguem matar indivíduos extremamente suscetível dentro de uma população (Fig. 2).

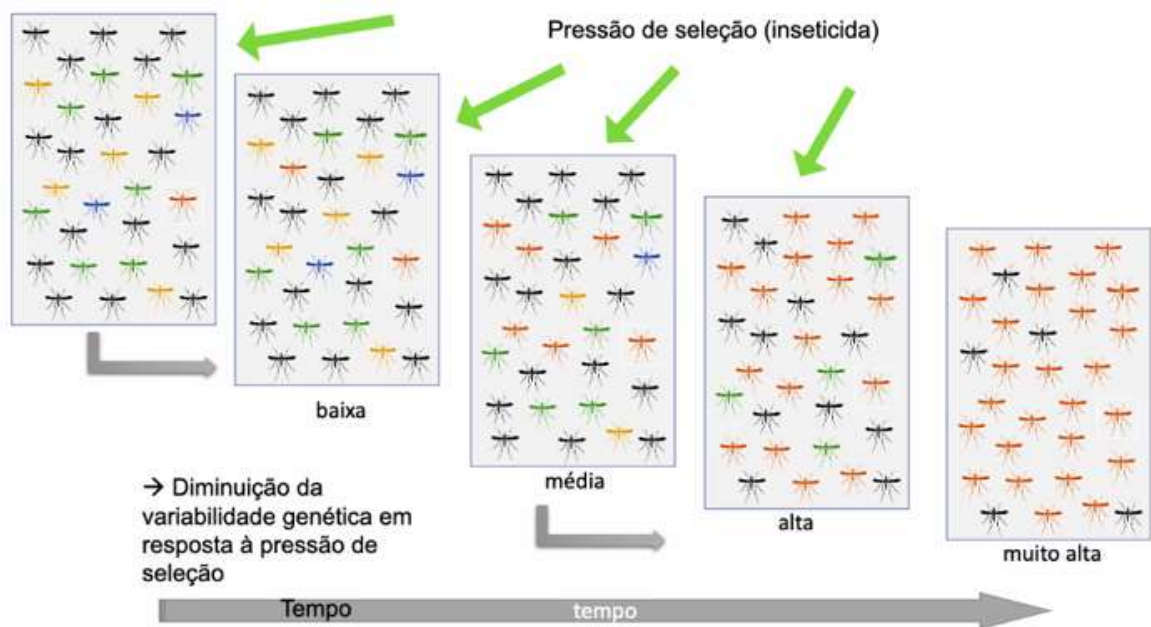


Figura 2 - Representação da seleção natural da resistência aos inseticidas com a diminuição da variabilidade genética em resposta à pressão do uso dos inseticidas. Fonte: Dengue: Teorias e Práticas

A determinação da dose de ingrediente ativo de inseticida aplicada por área de aplicação ideal é determinada pela Organização Mundial de Saúde e considera um modelo padronizado de aplicação para Borrifação Residual de Inseticidas (BRI). Esse modelo considera os equipamentos utilizados, a técnica de aplicação e os parâmetros técnicos^{4, 7,8}.

Os equipamentos utilizados para realização de atividades de BRI são os pulverizadores de compressão prévia com capacidade útil de 10 litros equipados com um bico E8002, com a recomendação de trabalhar com uma pressão variando de 55psi a 25psi. O bico E8002 significa que será aplicado um jato plano uniforme com ângulo de saída do bico de 80 graus e uma vazão nominal de 0,2 galões/min ou 757 ml/min a uma pressão de 40 psi⁹. Sabendo que a vazão varia com a pressão, temos que a vazão inicial do pulverizador a 55psi é de 888 ml/min e a vazão final a 25psi é de 598 ml/min⁷.

A técnica de aplicação consiste na pulverização em faixas verticais a uma distância de 45 cm das paredes a uma velocidade de 0,45 metros por segundo. As faixas de aplicação devem ter 75 cm de largura e devem ser sobrepostas em 5 cm, conforme orienta o Manual para borrifação de inseticida de efeito residual para controle de vetores¹⁰ (Fig. 3).

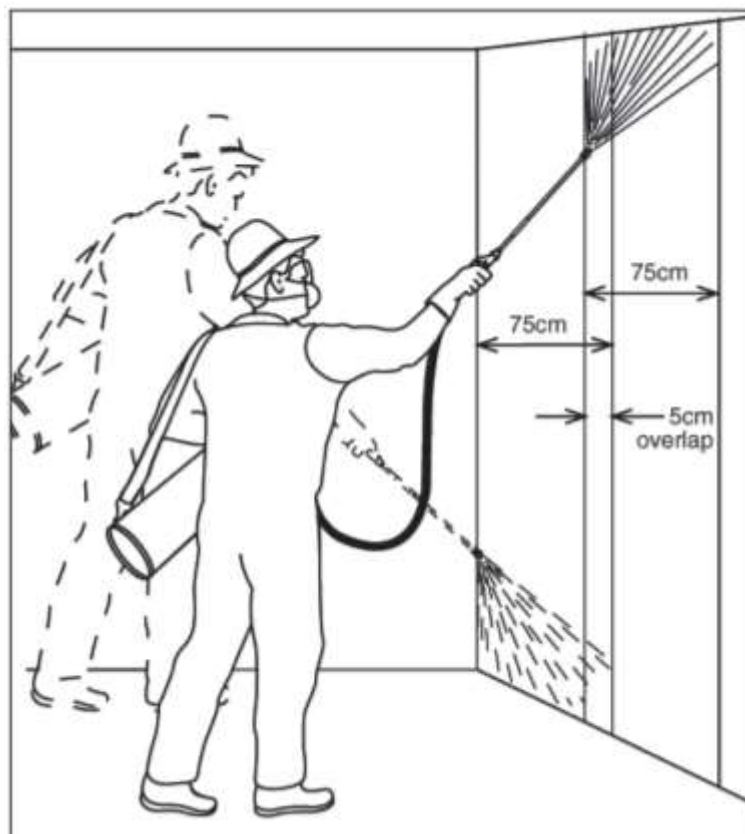


Figura 3 - Ilustração da técnica de pulverização em faixas de 75cm com sobreposição de 5 cm. Fonte: Manual para borrifação de inseticida de efeito residual para controle de vetores.

Nessas condições temos uma cobertura de aproximadamente $19\text{m}^2/\text{min}$. A diluição dos inseticidas é realizada com base na concentração do ingrediente ativo visando alcançar a dose determinada pela OMS considerando a cobertura de aplicação de $19\text{m}^2/\text{min}$.

Dentre as técnicas de aplicação de inseticida a mais eficiente e utilizada no controle de diversos vetores é BRI. Sua eficácia está relacionada ao seu amplo poder residual, variando de 2 a 6 meses, com diminuição da expectativa de vida dos vetores e conseqüente impacto positivo no controle de doenças. Esta técnica é amplamente recomendada no controle da malária^{4,13}, chagas, leishmanioses¹² e as arboviroses transmitidas pelo *Aedes*².

Outra técnica de controle químico de vetores de grande importância é o controle focal, caracterizado pela aplicação de larvicida diretamente no reservatório ou manancial de água. Para se garantir uma correta aplicação do larvicida é necessário saber o volume de água a ser tratado e a partir do conhecimento do volume a ser tratado deve-se aplicar o quantitativo de inseticida correspondente a dose recomendada. O controle focal é amplamente utilizado nos programas de controle de arboviroses transmitidas pelo *Aedes sp*² (Fig. 4).



Figura 4 - Ilustração da técnica de controle de foco. Fonte: Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue.

Em situações de surtos/epidemias a principal técnica de aplicação de inseticidas para o controle de vetores adultos é a nebulização, que consiste na quebra de um líquido em pequenas gotículas. Em saúde pública utiliza-se diâmetros de gota inferiores a 50 micras. No campo da saúde a nebulização é chamada de termonebulização, quando ocorre a quente e de ultra baixo volume (UBV) quando ocorre a frio. A nebulização pode ser realizada de forma veicular ou costal (Fig. 5). Quando a nebulização é realizada a frio por equipamento portátil também é chamada de UBV Costal¹⁴.



Figura 5 - Ilustração da técnica de nebulização a Ultra Baixo Volume veicular. Fonte: Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue.

A nebulização no controle da malária é realizada principalmente com termonebulizador portátil (Fig. 6) a uma velocidade de 3km/h, com uma vazão em torno de 120ml/min. Supõe-se um alcance de 50m. As aplicações são realizadas em ciclos de 3 dias e repetidos por até 3 vezes com intervalos entre os ciclos de 5 a 7 dias. Na aplicação com termonebulizadores, os canhões são direcionados para baixo e com nebulizadores a frio os canhões são apontados a 45° para cima¹⁴.

De um modo geral, os guias e notas técnicas de aplicação de inseticida para controle das doenças transmitidas por vetores se restringem a informar somente os parâmetros de aplicação, equipamentos e técnicas e não apresentam os fatores que influenciam cada parâmetro que podem resultar em falha de aplicação^{2,15,16}.

Deste modo, o conhecimento detalhado das aplicações de UBV^{17,18} não são refletidos nos guias da área de controle de vetores da saúde pública.



Figura 6 - Ilustração da técnica de nebulização a Ultra Baixo Volume veicular. Fonte: Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue.

Os fatores determinantes que influenciam na dose de ingrediente ativo de inseticidas aplicados em campo são: i) concentração do inseticida; ii) preparo da calda; iii) distância do bico do pulverizador; iv) vazão e pressão da aplicação, v) velocidade de aplicação e vi) distância linear percorrida para cobrir um hectare. A variação desses parâmetros poderá prejudicar as ações de controle vetorial, ou seja, a transmissão de patógenos poderá se manter, ocasionando uma falsa sensação de sucesso no controle.

Nesta perspectiva este trabalho se justifica por dar visibilidade a esta lacuna no setor saúde, uma vez que a determinação de derivas (produto aplicado fora do alvo determinado) está bem definido no setor agrícola, porém negligenciado no

setor saúde. Os resultados deste trabalho fornecerão parâmetros para apoiar as capacitações e formação dos aplicadores de inseticidas no setor saúde, além de qualificar os profissionais para a melhor execução das atividades e com isso aprimorar o controle dos vetores e conseqüentemente, promovendo uma melhor qualidade de vida para população. Ressaltando que os resultados deste trabalho vão favorecer a aplicação correta de inseticidas, minimizando os erros de aplicação e favorecendo sua finalidade de controlar doenças. Os resultados também apoiaram os gestores da saúde no entendimento da complexidade das ações de controle de vetores e no planejamento de insumos, demandas de capacitação e supervisão das ações de campo. Por fim, contribui também para uma aplicação correta de inseticidas, visando garantir parâmetros seguros para população, para os aplicadores e para o meio ambiente.

2- OBJETIVO:

Identificar e descrever os fatores determinantes que influenciam na dose de ingrediente ativo dos inseticidas aplicados nas ações de controle químico de vetores de importância para saúde pública pela técnica de pulverização (Borrifação Residual Intradomiciliar), tratamento de foco (larvicidas) e nebulização (Ultra Baixo Volume e Termonebulização).

3 - METODOLOGIA:

Trata-se de um estudo descritivo da relação dos determinantes da dose de ingrediente ativo de inseticida nas aplicações de controle de vetores com base nos padrões de aplicação orientados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em relação a formulação e diluição dos inseticidas e ao padrão de aplicação. A citar os determinantes:

Fatores inerentes da formulação e diluição dos inseticidas:

C = Concentração do pesticida na sua formulação comercial (%);

c = total de pesticida na sua formulação comercial utilizado no preparo da calda, expresso em mililitro (ml) ou gramas (g);

s = total da solução (ml);

Fatores relacionados ao padrão de aplicação:

v = vazão do equipamento (ml/min)

p = pressão da aplicação (psi), que afeta a vazão da aplicação (ml/min) nas atividades de BRI;

V = velocidade de aplicação (m/seg ou Km/h))

d = distância do bico do pulverizador em relação a parede (cm);

M = distância linear percorrida para cobrir um hectare (m)

Para construção do cálculo foi utilizado um modelo matemático teórico entre vazão e pressão: $v_1/v_2 = \sqrt{P_1/P_2}$, onde, "v" indica vazão e "P" indica a pressão em dois momentos. Foi construída uma equação com correlação perfeita, $R^2 = 1$ utilizando o *software* Microsoft Excel® a partir de uma vazão, v1 de 757ml/min e uma pressão P1 de 40psi conforme especificação do Bico 8002.

Em relação a cobertura linear em relação a distância do bico do pulverizador foi calculada uma correlação linear de $R^2 = 1$ utilizando o *software* Microsoft Excel®

considerando a saída de jato plano de 80 graus de abertura conforme especificação do Bico 8002.

4 – RESULTADOS/DISCUSSÃO

Para um melhor entendimento do leitor, os resultados dos fatores que podem influenciar na dose de ingrediente ativo de inseticidas aplicados em campo serão apresentados nos seguintes tópicos: i) concentração do inseticida; ii) preparo da calda; iii) distância do bico do pulverizador; iv) pressão da aplicação, v) velocidade de aplicação e vi) distância linear percorrida para cobrir um hectare.

Ressalta-se que os parâmetros acima citados influenciam na qualidade da aplicação, podendo gerar superdosagem ou subdosagem de inseticidas. A superdosagem pode ocorrer quando temos um aumento na concentração do inseticida utilizado, assim como na vazão e pressão da aplicação. Por outro lado, a subdosagem ocorre quando há um aumento nos parâmetros distância do bico do pulverizador, velocidade de aplicação e quantidade de calda.

Para os larvicidas de tratamento focal a dose de ingrediente ativo dos inseticidas aplicados é medida em gramas ingrediente ativo por litro tratado. A dose de ingrediente ativo dos larvicidas podem ser influenciados pelos seguintes fatores determinantes: i) concentração do inseticida na sua formulação comercial, ii) total de inseticida na sua formulação comercial utilizado no preparo da calda, no caso dos larvicidas total de inseticida na sua formulação comercial utilizado no depósito a ser tratado e iii) total da solução, sendo no caso de tratamento focal o quantitativo de água tratada.

Para a técnica de nebulização, aplicação espacial de inseticida, tanto Ultra Baixo Volume quanto termonebulização, a dose de ingrediente ativo dos inseticidas aplicados é medida em gramas de ingrediente ativo por hectare (g i.a/ha). A dose de ingrediente ativo aplicados por nebulização podem ser influenciados pelo padrão de aplicação, sendo que os parâmetros são: i) vazão da aplicação (ml/min), ii) velocidade de aplicação (m/seg) e iii) distância linear percorrida para cobrir um hectare. Na formulação e diluição dos inseticidas os parâmetros consistem em: i) concentração do inseticida na sua formulação comercial, ii) total de inseticida na sua formulação comercial utilizado no preparo da calda e iii) total da solução. A seguir serão detalhados os fatores que influenciam diretamente na dose de inseticida em condições de campo. Cita-se também exemplos práticos para uma melhor compreensão do leitor, em relação aos efeitos superdosagem e subdosagem ocasionados por erros do aplicador.

4.1 Preparo da calda

O preparo da calda é uma etapa importante na garantia da dose de ingrediente ativo aplicado, sendo que tanto o quantitativo de inseticida na sua formulação comercial utilizado no preparo da calda quanto no total de solvente/diluente (água) utilizado. Desta forma, para se garantir uma correta aplicação deve se atentar a diluição do inseticida, garantindo que a calda seja preparada com quantidade correta do inseticida em relação ao volume de água. Os parâmetros de diluição são determinados considerando uma calda de 10 litros.

Dessa forma, o total de inseticida na sua formulação comercial utilizado no preparo da calda, expresso em mililitro (ml) ou gramas (g) afeta diretamente a Dose

de Ingrediente Ativo aplicado (D) considerando a etapa de diluição em 10 litros de calda. Este fator afeta de forma linear e direta D, ou seja, quanto maior a quantidade de inseticida utilizada na diluição maior será D. Neste caso teremos uma função do tipo:

$$\frac{D1}{c1} = \frac{D2}{c2}$$

Onde:

D = Dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/m²);

c = Total de pesticida na sua formulação comercial utilizado no preparo da calda, expresso em mililitro (ml) ou gramas (g);

Por exemplo: A dose de ingrediente recomendada de Lambda-Cialotrina para as atividades de termonebulização é de 2 g i.a/ha, isso seria o D1. O total de pesticida na sua formulação comercial utilizado no preparo da calda é de 40 ml, representado por c1. Caso seja utilizado o dobro de inseticida na sua formulação comercial, c2 = 80 ml, teríamos uma dose de ingrediente ativo por área também dobrada, D2 = 4 g i.a/ha.

Atenção deve ser merecida para não colocar um quantitativo de inseticida diferente do recomendado, principalmente em formulações líquidas, onde o quantitativo utilizado pode ser facilmente alterado quando comparado as inseticidas de formulação pó molhável, cuja cargas vem predeterminadas em embalagens com porções fixas.

O total da calda “s” em ml preparada se relaciona de forma inversa a D, quanto menos calda é preparada, considerando o uso de mesma quantia de inseticida, teremos uma maior concentração e conseqüente maior D. Neste caso teremos uma função do tipo:

$$D1 \times s1 = D2 \times s2$$

Onde:

D = Dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/m² ou g i.a/ha);

s = Total da calda (ml);

Por exemplo: A dose de ingrediente ativo recomendada de temephos nas atividades de controle de foco é de 0,001 g i.a/l, isso seria o D1. E o total de água tratada seria de 10 litros, nesse caso seria s1. Caso seja utilizado a mesmas quantidades de larvicida para tratar o dobro de quantidade de água, s2 = 20 litros, teríamos uma dose de ingrediente ativo por litro reduzido pela metade, D2 = 0,0005 g i.a/l.

Como já mencionado acima, as diluições para BRI são recomendadas para caldas de 10 litros. Cabe ressaltar que em condições de campo prepara-se a diluição diretamente no tanque do pulverizador. Nesse caso, pode-se direcionar a duas situações de desconformidade na aplicação do produto. A primeira que é a utilização de equipamentos que possuem uma capacidade inferior a 10 litros, ou seja, utiliza menos água gera a necessidade de utilizar menos inseticida. No caso das formulações pó molhável a preparação da calda deve ser realizada em outro recipiente. A segunda é que as bombas com capacidade nominal de 10 litros permitem alcançar até 14 litros de água devido o espaço interno do tanque que será pressurizado. Nessa situação, o aplicador deve se atentar para não exceder a quantidade de 10 litros de água e conseqüentemente diluir demais o produto e promover uma baixa dose de ingrediente ativo aplicada.

4.2 Concentração do pesticida

A concentração do inseticida na sua formulação comercial (%) também afeta de forma direta e linear a D, de forma que quanto mais concentrada for a formulação maior será D. Neste caso teremos uma função do tipo:

$$\frac{D1}{C1} = \frac{D2}{C2}$$

Onde:

D = Dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/m²);

C = Concentração do pesticida na sua formulação comercial (%);

Por exemplo: A dose de ingrediente recomendada de Malathion para as atividades de UBV é de 200 g i.a/ha, isso seria o D1. O inseticida na sua formulação comercial tem uma concentração de 44%, isso seria o C1. Caso seja utilizado um Malathion com concentração de Grau Técnico de pureza 97%, ou seja, 2,2 vezes mais concentrado que a formulação anterior, C2 = 97%, teríamos uma dose de ingrediente ativo por área também de 2,2 vezes, D2 = 440 g i.a/ha. Considerando que foi diluído na mesma quantidade de solvente que a primeira calda.

As recomendações de diluição são realizadas para concentrações específicas e se deve atentar para possíveis erros de diluição, devido a aquisição de inseticidas com concentração diferentes, em relação as utilizadas em campo. Esse erro na diluição pode ocorrer principalmente com formulações líquidas. As formulações de pó molhável, em sua maioria já vêm repartidas nas quantidades determinadas para diluição em 10 litros de água.

A comercialização de pulverizadores com tanques de capacidade inferior a 10 litros é comum e frequente. Portanto, é importante atentar-se a possibilidade de

superdosagem, devido a diluição muito concentradas do inseticida, bem como não exceder os 10 litros de capacidade útil para evitar diluição em excesso, conseqüentemente uma subdosagem na aplicação do produto.

4.3 Vazão e Pressão da aplicação

A vazão dos pulverizadores e dos nebulizadores afeta de forma linear e direta a dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/m² ou g i.a/ha), quanto maior a vazão maior será D. Neste caso teremos uma função do tipo:

$$\frac{D1}{v1} = \frac{D2}{v2}$$

Onde:

D = Dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/m²);

v = vazão do equipamento (ml/min);

Nas atividades de BRI, o desgaste dos bicos leva a um desregulamento da vazão, enquanto que nos equipamentos de UBV a regulação da vazão é realizada diretamente na bomba de gerenciamento de vazão (no inglês FMI) quando veicular. Nesse caso, o controle é realizado pela seleção de um giclê em equipamentos de termonebulização. Para regular a UBV costal o operador tem acesso a uma chave de controle de vazão que permite fácil alteração após calibração. Com isso se deve manter uma rotina de aferição dos equipamentos para garantir a vazão esperada de aplicação.

Na BRI, a pressão de aplicação quando aumentada eleva a vazão e, conseqüentemente maior quantidade de produto é depositado. Considerando o uso

de um bico 8002E nas atividades de BRI, temos que a vazão é 757ml/min a uma pressão padronizada de 40 psi (Fig. 7).

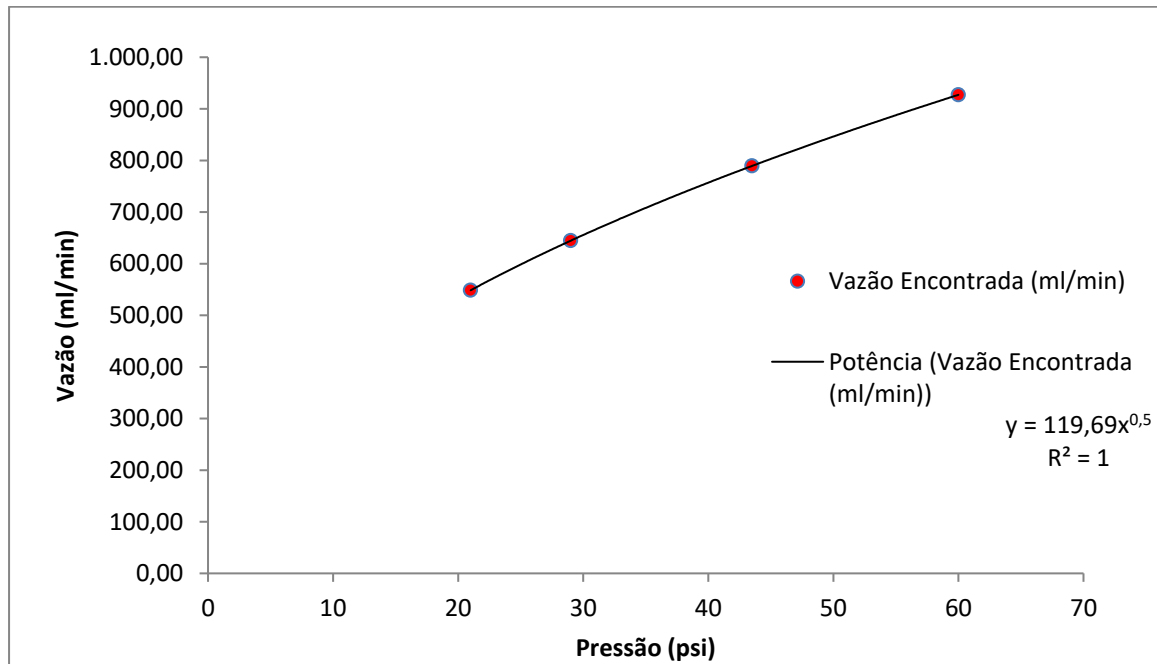


Figura 7: Determinação da vazão (ml/min) em relação a pressão (psi) dos pulverizadores de compressão previa.

A pressão da aplicação (psi) se relaciona em uma função direta potencial a D, com $D = 119.69p^{0.5}$. Neste caso teremos uma função do tipo:

$$\frac{D1}{\sqrt{p1}} = \frac{D2}{\sqrt{p2}}$$

Onde:

D = Dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/m²);

p = pressão da aplicação (psi);

Por exemplo: A dose de ingrediente recomendada de Etofenprox para as atividades de BRI de 0,30 g i.a/m², isso seria o D1. Considerando um valor de pressão de aplicação padrão de p1 = 40psi. No caso da BRI, inicialmente sua aplicação ocorre a 50 psi, isso seria p2. Nesta condição teríamos que D2 seria de

$(0,2 \times \sqrt{50})/\sqrt{40}$, isso seria um $D2 = 0,34 \text{ g i.a/m}^2$. Teríamos uma superdosagem de 1,12 vezes o recomendado.

Desta forma, deve-se levar em consideração que no início de uma aplicação a dose de ingrediente ativo aplicada será maior que no final da aplicação e que o processo de compressão dos equipamentos influencia diretamente na dose aplicada. Para evitar este efeito, o ideal é o uso de válvulas controladoras de pressão que mantêm a pressão e conseqüentemente a vazão constante, neste sentido seria recomendada a válvula de 21 psi (1,5 bar). Como não é comum o acesso a estas válvulas nas equipes de controle de vetores deve se atentar para não colocar pressão superior a 55 psi nas bombas para evitar hiperdosagem, bem como atentar para não realizar aplicação com menos de 25 psi para evitar subdosagem. Outro ponto importante é que os inseticidas utilizados devem ter uma faixa de dose recomendada, de forma que possibilitem ser aplicados com diferente faixa de pressão. Caso a recomendação da dose de ingrediente ativo por área de aplicação seja um valor fixo é obrigatório o uso de válvulas controladoras de pressão.

4.4 Distância do bico do pulverizador

A distância do bico do pulverizador em relação a parede (cm) afeta D de forma inversa. Neste caso teremos uma função do tipo:

$$D1 \times d1 = D2 \times d2$$

Onde:

D = Dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/m^2);

d = Distância do bico do pulverizador em relação a parede (cm);

Por exemplo: A dose de ingrediente recomendada de Alfa-cipermetrina para as atividades de BRI de $0,03 \text{ g i.a/m}^2$, isso seria o D1. Considerando um valor de distância do bico do pulverizador em relação a parede padrão de $d_1 = 45\text{cm}$. Caso o aplicador afastasse da parede e mantivesse uma distância do bico em relação a parede de $d_2 = 90 \text{ cm}$, teríamos uma sudosagem, com $D_2 = 0,015 \text{ g i.a/m}^2$.

Desse modo, quanto menor a distância do bico da parede maior D . A figura 8 mostra a relação entre a distância e a cobertura linear de aplicação. É possível observar uma relação direta, onde quanto maior a distância do bico maior a faixa de aplicação. Como resultado há maior espalhamento da mesma quantidade de inseticida em uma maior área de superfície, conseqüentemente reduzindo a dose de ingrediente ativo aplicado.

Neste sentido, os Agentes de Combate as Endemias responsáveis pela aplicação devem ser bem capacitados para manter a distância recomendada do bico do pulverizador, em relação a parede constante em 45 cm durante toda a faixa de aplicação, evitando variações na dose aplicada.

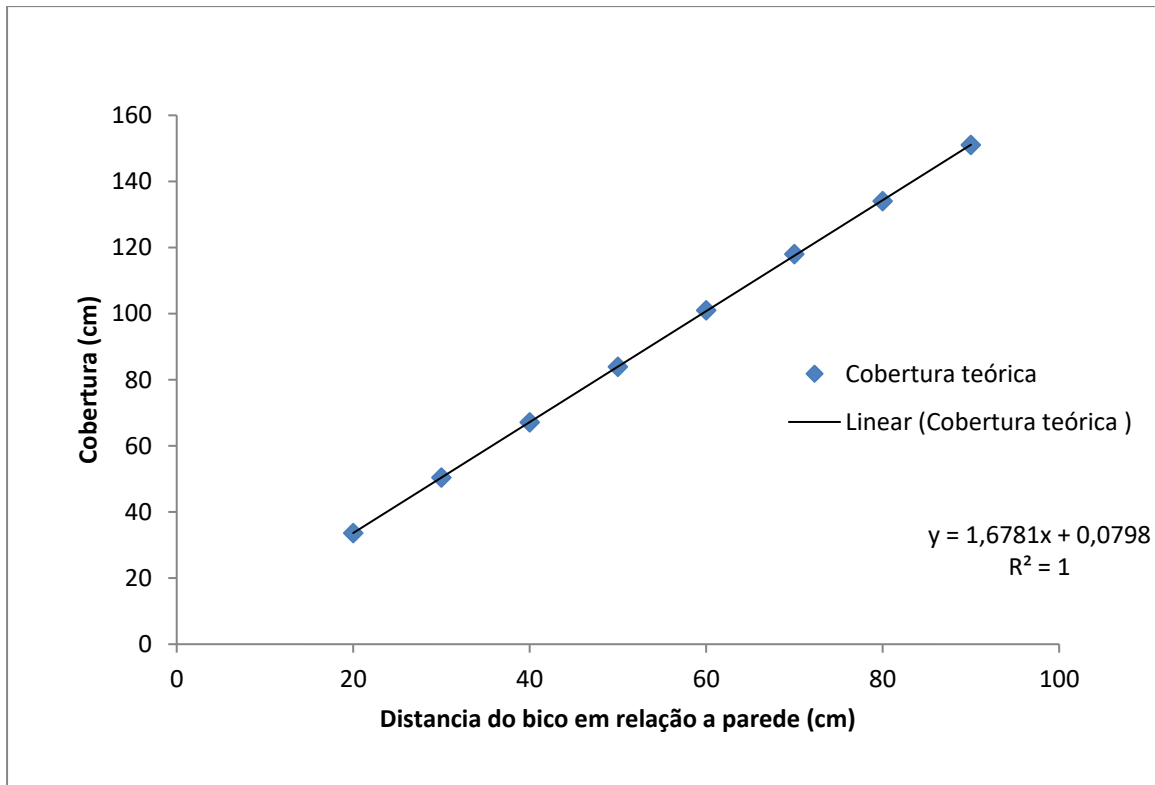


Figura 8: Determinação da cobertura linear (cm) na parede em relação a distância do bico (cm) da parede.

4.5 Velocidade de aplicação

A velocidade de aplicação atua de forma linear e inversa em relação a D, isto é, quanto maior for a velocidade de aplicação menor vai ser a quantidade de inseticida aplicada. Neste caso, assim como na distância do bico em relação a parede é importante que os Agentes de Combate as Endemias responsáveis pela aplicação sejam bem capacitados para manter nas atividades de BRI a velocidade recomendada de 0,4 m/seg, bem como no caso da nebulização padronizar as velocidades estabelecidas (UBV portátil = 3 Km/h e UBV veicular 10 ou 15 Km/h).

Neste caso teremos uma função do tipo:

$$D1 \times V1 = D2 \times V2$$

Onde:

D = Dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/m²);

V = velocidade de aplicação (m/seg ou Km/h).

Por exemplo: A dose de ingrediente recomendada de Deltametrina para as atividades de UBV é de 1 g i.a/ha, isso seria o D1. A velocidade de aplicação da UBV veicular é padronizada de 10 Km/h, isso seria o V1. Caso a aplicação ocorra a uma velocidade de 20 Km/h, ou seja, o dobro da velocidade inicial, V2 = 20 Km/h, teríamos uma dose de ingrediente ativo reduzido à metade da dose recomendada, D2 = 0,5 g i.a/ha.

4.6 Distância linear percorrida para cobrir um hectare

Nas atividades de nebulização veicular existem duas formas de realizar a cobertura de 1 ha. Na primeira, à distância linear de aplicação é de 400m, equivalente ao percurso de 4 lados de 100m que circundam um hectare, cujo padrão é de 100m x 100m (Fig. 9). Na segunda, a forma de aplicação considera o carregamento das micropartículas de inseticida por 50m com a cobertura de 1ha ocorrendo por uma aplicação linear de 200m (Fig. 10).

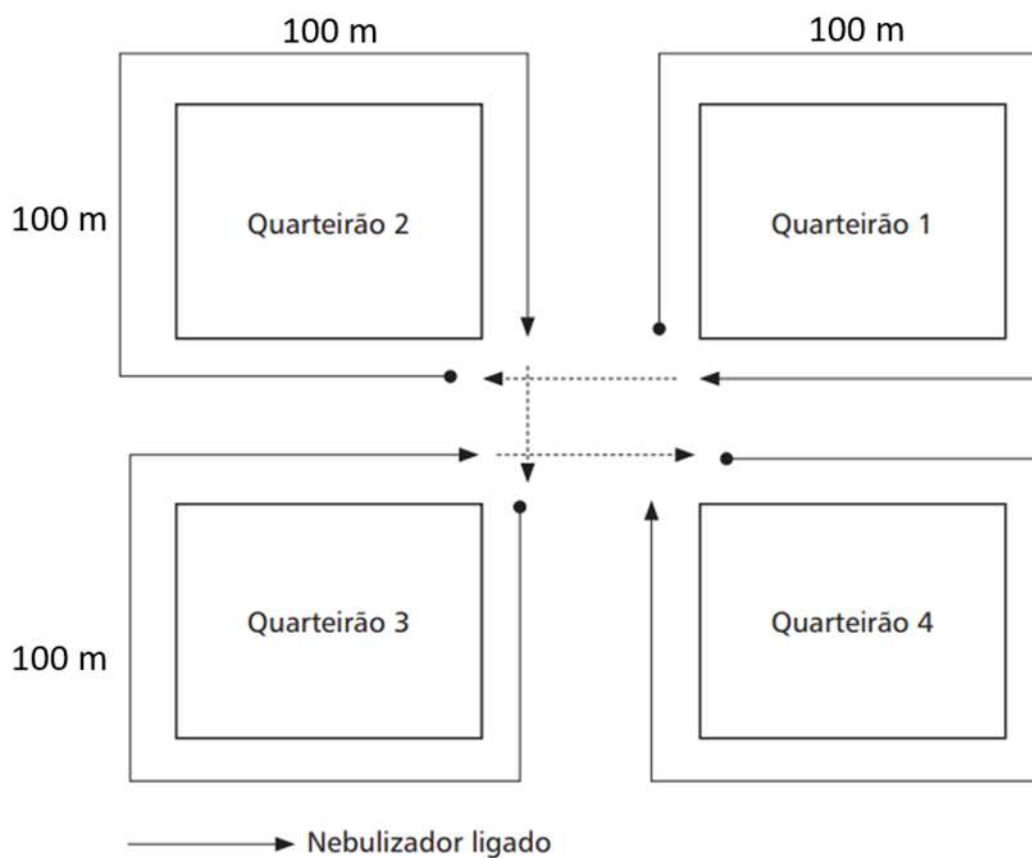


Figura 9: Ilustração de um percurso de nebulizador com cobertura ocorrendo por uma aplicação linear de 400m. Fonte: Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue.

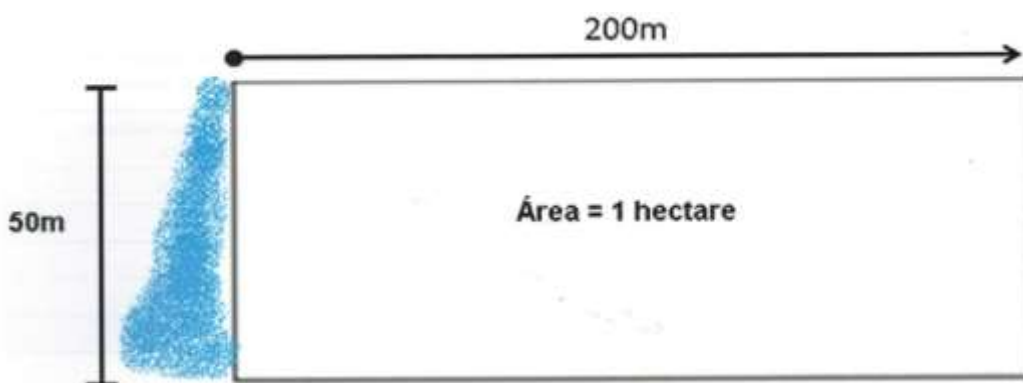


Figura 10: Ilustração de um hectare com cobertura ocorrendo por uma aplicação linear de 200m. Fonte: Nota Técnica 003/2014 – CGPNM/DEVEP/SVS/ MS, “Ajustes do preparo de calda nas atividades de nebulização para o controle da malária em áreas não circundáveis”.

Desta forma, a determinação da cobertura linear percorrida para cobrir 1 ha deve ser corretamente executada em campo. O risco de subdosagem pode ocorrer quando a aplicação executada em campo ocorre em apenas uma face do hectare, com uma cobertura linear de 200m (Fig.10), porém o preparo de calda considerou uma aplicação padrão de circulação do hectare com cobertura linear de 400m (Fig. 9). Por outro lado, caso seja preparada uma calda para ser aplicada com cobertura linear de 1ha de 400m (Fig. 9) e ocorra uma aplicação em campo com cobertura linear de 1ha de 200m (Fig. 10) ocorrerá uma superdosagem. Também se deve considerar o equipamento suficiente para a dispersão do inseticida por 50m.

De forma genérica poderia se interpretar este parâmetro como uma relação inversa com a Dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/ha), uma vez que caso se aumente a cobertura linear para 400m em uma aplicação com cobertura linear de 1ha de 200m estaria subdosando a área numa proporção de 50%.

Neste caso teremos uma função do tipo:

$$D1 \times M1 = D2 \times M2$$

Onde:

D = Dose de ingrediente ativo aplicado por área (g i.a/ha);

M = Distância linear percorrida para cobrir um hectare (m).

Para garantir uma boa aplicação e correta dose de ingrediente ativo em relação os fatores de distância do bico, velocidade aplicação e correta sobreposição das faixas é necessário que os aplicadores estejam devidamente capacitados e de preferência certificados para tal função.

CONCLUSÃO

Conclui-se que os parâmetros de concentração e quantidade de inseticida no preparo da calda, vazão e pressão da aplicação quando elevados apresentam relação direta com a dose aplicada, evidenciando fenômenos de superdosagem durante as atividades de controle vetorial. Por outro lado, os parâmetros de distância do bico do pulverizador, velocidade de aplicação, volume de calda preparada e distância linear percorrida para cobrir um hectare mantém uma relação inversamente proporcional com a dose aplicada, ou seja, reduz a quantidade de ingrediente ativo quando ocorre um aumento dos parâmetros acima citados.

Na prática, no tratamento focal atenção deve ser dada ao tipo de formulação e diluição dos inseticidas, especificamente nos parâmetros de concentração e total do inseticida na sua formulação comercial e o total da água tratada. As atividades de nebulização sofrem influência dos fatores relacionados ao padrão de aplicação, tais como vazão do equipamento (ml/min), velocidade de aplicação e cobertura linear para cobrir 1ha. Para as ações de BRI, além dos fatores mencionados acima, também são afetadas pelos parâmetros de pressão da aplicação e distância do bico do pulverizador em relação a parede.

Para evitar perda de efetividade das ações de controle e riscos saúde do aplicador, da população e do meio ambiente recomenda-se capacitações periódicas dos profissionais que atuam diretamente no controle de vetores, nas esferas municipais e estaduais do país. Outra recomendação é a realização de aquisição de inseticidas que facilitem o preparo de calda.

Como perspectivas deste trabalho está a incorporação dos parâmetros apresentados nas futuras notas técnicas do Programa Nacional de Vigilância das

Arboviroses e produção de uma planilha de cálculo, inicialmente no *software* Excel que facilite o entendimento da variação da dose aplicada devido a alteração nos parâmetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. WHO. *Respuesta mundial para el control de vectores 2017–2030*. (2017).
2. Brasil. Ministério da Saúde. *Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue*.
3. Wilson, A. L. *et al.* The importance of vector control for the control and elimination of vector-borne diseases. *PLoS Neglected Tropical Diseases* **14**, 1–31 (2020).
4. Beier, J. C. *et al.* Integrated vector management for malaria control. *Malar. JournalS4 Malar. J.* **7**, (2008).
5. Baesso, M. M., Teixeira, M. M., Ruas, R. A. A. & Baesso, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. *Rev. Ceres* **61**, 780–785 (2014).
6. Valle, D., Pimenta, D. N. & Cunha, R. V. da. *Dengue: teorias e práticas*. *Dengue: teorias e práticas* (Editora FIOCRUZ, 2015).
doi:10.7476/9788575415528
7. Health Organization, W. *Indoor Residual Spraying - An operational manual for indoor residual spraying (IRS) for malaria transmission control and elimination*. (2014).

8. Organização Pan-Americana da Saúde. *Manual para aplicação de borrifação residual em áreas urbanas para o controle do Aedes aegypti | RETS - Rede Internacional de Educação de Técnicos em Saúde*. (2019).
9. Antuniassi, U. R. & Boller, W. *Tecnologia de aplicação culturas anuais*. (2011, 2011).
10. Organização Mundial da Saúde. *Manual para borrifação de inseticida de efeito residual para controle de vetores — Português (Brasil)*. (2002).
11. Costa, Z. G. A., Romano, A. P. M., Elkhoury, A. N. M. & Flannery, B. Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil. *Rev. Pan-Amazônica Saúde* **2**, 11–26 (2011).
12. Ministério da Saúde. *Manual de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral*. (2014).
13. Mabaso, M. L. H., Sharp, B. & Lengeler, C. Historical review of malarial control in southern African with emphasis on the use of indoor residual house-spraying. *Tropical Medicine and International Health* (2004). doi:10.1111/j.1365-3156.2004.01263.x
14. Melo, C. F. C. de A. Tecnologia de aplicação de inseticidas: nebulização de pesticidas em saúde pública. *Rev. Vetores Pragas* **41**, 14–16 (2015).
15. Brasil, M. da S. *Manual de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral*. (2014).
16. Brasil. Ministério da Saúde. *Guia para Gestão Local do Controle da Malária*. (2008).

17. Bonds J. A. S. Ultra-low-volume space sprays in mosquito control: a critical review. *Medical and Veterinary Entomology* 26, 121–130 (2012).
18. Aragão M.B. et al. Aplicação especial de inseticidas em saúde pública. *Cadernos de Saúde Pública* 4 (2), (1988).
19. Achee N.L. et al. A Critical Assessment of Vector Control for Dengue Prevention. *PLoS Negl Trop Dis* 9(5) (2015).