

Tecnologia de Aplicação de **Defensivos Agrícolas**



FACULDADE
Rehagro 

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

A tecnologia de aplicação é um conjunto de conhecimentos que integram informações sobre os defensivos agrícolas, suas formulações e adjuvantes, o processo de pulverização, os alvos e o ambiente, visando uma aplicação correta, segura e responsável.

Sendo assim, a tecnologia de aplicação visa a colocação do produto no alvo, no “timing” adequado, na quantidade requerida, de forma econômica e com o mínimo de contaminação humana e ambiental.

O principal objetivo de uma pulverização é garantir a lucratividade e rentabilidade da cultura, de modo que não se podem reduzir os custos ao ponto de comprometer significativamente a produtividade final e, conseqüentemente, a lucratividade esperada.



1. INSPEÇÃO PERIÓDICA DE PULVERIZADORES

A Inspeção Periódica de Pulverizadores (IPP), visa avaliar a condição de pulverizadores agrícolas com base no estado de conservação e operacionalidade que pode nortear a orientação de uso e manutenção, além da redução do impacto ambiental.

Devem ser examinados os componentes do circuito hidráulico do pulverizador (tanque, bomba, manômetro, filtros, mangueiras, bicos, dentre outros) a fim de verificar se esses componentes se encontram em boas condições. Caso o pulverizador seja equipado com controlador automático de taxa de aplicação e pressão, suas configurações e programação devem ser conhecidas do operador.



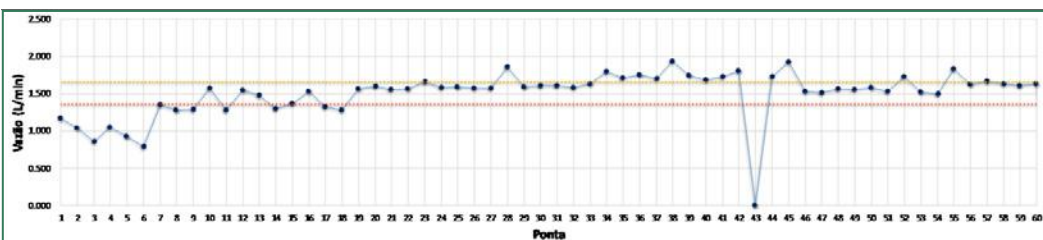


Figura 1. Dessecação com baixa eficiência devido à presença de pontas entupidas



Figura 2. Avaliação da variação na vazão das pontas de pulverização.



Figura 3.
**Teste de vazão de pontas
de pulverização**

EQUIPAMENTO

Tipo de máquina: ☐ Autopropelido ☐ Arrasto ☐ Hidráulico (montado)
Idade aproximada: ☐ Até 2 anos ☐ De 2 a 5 anos ☐ Mais de 5 anos

PULVERIZADOR DESLIGADO

Elementos filtrantes

Peneira do tanque: ☐ Sim ☐ Não

Filtro principal: ☐ Furos
☐ Entupimento por sujeira
☐ Rasgos
☐ Ausência de filtro
☐ Vazamento

Filtro de linha: ☐ Furos
☐ Entupimento por sujeira
☐ Rasgos
☐ Ausência de filtro
☐ Vazamento

PULVERIZADOR LIGADO

Manômetro

Pressão de trabalho:

Adequação: ☐ Sim ☐ Não
☐ Conforme ☐ Desconforme

CALIBRAÇÃO

Bicos

Espaçamento entre bicos:

Bicos: ☐ Conforme ☐ Desconforme

Quantos modelos de bico na barra:

Necessita de substituição: ☐ Sim ☐ Não

Quantidade a serem substituídos:

PULVERIZADOR DESLIGADO

Sistema de defensivos

Funcionamento de válvulas antigotejo: ☐ Sim ☐ Não

Vazamentos: ☐ Sim ☐ Não

Figura 4. Modelo de Check List para realizar a IPP.

2. QUALIDADE DA ÁGUA PARA PULVERIZAÇÃO

Dentre os fatores que podem influenciar a qualidade química da água e tem grande interferência sobre a eficácia dos defensivos agrícolas é a “dureza”. O fator esta está relacionada aos teores de carbonatos, de sulfatos, de cloretos e de nitratos de vários cátions. Íons livres (Al^{+3} , Zn^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO_3^- , NO_3^-) podem combinar com moléculas orgânicas como a reação dos íons de 2,4-D com Ca^{+2} e Mg^{+2} e da quelação desses íons pelo glifosato. Isso reduz a quantidade de ingrediente ativo disponível e, por consequência, diminui a eficiência biológica do herbicida. Além disso, esse fator minimiza o entupimento das pontas de pulverização em função da aglutinação e precipitação das partículas. Neste sentido, níveis de até 320 ppm de $CaCO_3$ apresentam boa compatibilidade.



Classe	PPM de CaCO_3	Graus de Dureza (°d)
Muito branda	< 71,2	< 4
Branda	71,2 – 142,4	4 – 8
Semi-dura	142,4 – 320,4	8 – 18
Dura	320,4 – 534,0	18 – 30
Muito dura	> 534,0	> 30

Tabela 1. Formas de classificação da dureza da água.

Além da qualidade química, a qualidade física da água é de extrema importância, principalmente quanto a quantidade de sedimentos em suspensão. Sedimentos como argila e matéria orgânica, além de obstruírem filtros e pontas, reduzem a vida útil dos equipamentos (bombas e pontas), sendo que também podem se associar aos produtos químicos adicionados ao tanque, inativando ou reduzindo sua eficiência.

Um exemplo clássico é a inativação do glifosato pela argila presente na solução de aplicação. A adsorção do herbicida as partículas de argila ocorrem devido à atração entre as cargas da superfície do coloide do solo com as moléculas do herbicida.

Queiroz et al. (2008).

3. ADJUVANTES

As superfícies das plantas apresentam uma barreira para a penetração de líquidos, denominada cutícula, cujas características variam de espécie para espécie e dependem da idade dos órgãos vegetais e das condições climáticas. Para vencer essas barreiras das plantas à penetração dos defensivos agrícolas, são utilizadas substâncias inertes, denominadas aditivos ou adjuvantes, capazes de modificar a atividade dos produtos aplicados e as características da pulverização, aumentando a eficiência da aplicação. Estes produtos podem ser acrescentados à formulação dos defensivos agrícolas pelas empresas fabricantes, ou serem adicionados à calda no momento da pulverização.





Figura 5. Gota sem uso de adjuvante (esquerda) e com uso de adjuvante (direita).

A cutícula da folha é a primeira barreira que o defensivo agrícola precisa passar. A adição de adjuvante pode influenciar nesse processo. A utilização de óleos tem como função melhorar a penetração e adesão dos defensivos agrícolas nas folhas e da camada de quitina dos insetos. Os três principais modos de ação dos adjuvantes para melhorar a penetração dos produtos são:

- I. alteração no depósito do ingrediente ativo na superfície foliar;
- II. efeito na difusão transcuticular;
- III. permeabilidade da membrana plasmática.

Dentre os efeitos dos adjuvantes, se destaca a redução da tensão superficial das gotas pulverizadas, causando o seu achatamento, o que aumenta a sua superfície de contato com o alvo biológico e melhora a cobertura deste.

Classificação	Tipo	Função
Reforço Biológico	Surfactantes	Facilitam/aumentam absorção da emulsificação Dispersão Espalhamento Molhamento
	Óleos emulsionáveis (vegetais ou minerais) Agentes espalhadores Retenção e adesão	Molhamento Espalhamento Penetração Antievaporação Adesividade Espalhamento Retenção no alvo
Utilitários	Auxiliares de deposição	Aumentam quantidade de produto no alvo
	Agentes de controle de deriva	Redução da deriva
	Agentes acidificantes e de tampão	Resista mudança de pH
	Agentes de compatibilidade	Permite misturas
	Desespumantes e antiespumantes	Eliminam ou suprimem a espuma
	Corante	Marcação

Tabela 2. Classificação e função dos adjuvantes.

No Brasil, os adjuvantes estão em duas categorias:

- I) os adjuvantes utilizados em pacotes casados (oficiais);
- II) adjuvantes caracterizados como fertilizantes foliares (não oficiais), devido a nova determinação do MAPA que isentam o registro de adjuvantes. Grande parte dos problemas advindos da utilização de aditivos de calda se origina do desconhecimento de sua ação e das implicações de sua utilização.

Atualmente, o uso de adjuvantes é uma prática importante no aumento da eficiência dos defensivos agrícolas. Sua utilização melhora na medida que a qualidade de aplicação aumenta e a quantidade de ingrediente ativo nas plantas.



4. MISTURA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Segundo Instrução Normativa N° 40 de 11 de outubro de 2018 do MAPA, a mistura em tanque é permitida desde que haja recomendação técnica, que só pode ser feita por profissional de nível superior. Desta forma, cabe aos engenheiros agrônomos e/ou engenheiros florestais receitarem a aplicação combinada de diferentes produtos. A normativa traz transparência a essa prática, que deixa de ser tabu em todos que a executam, mas que não é comentada.

Nas aplicações de defensivos agrícolas, os produtores realizam mistura de defensivos no intuito de otimizar a pulverização. Por consequência, tem como resultante uma mistura de difícil previsão devido às variáveis envolvidas como pH, viscosidade, tensão superficial, formação de espuma, dispersibilidade, decantação, temperatura, cristalização, dentre outros.

Nessas misturas, é muito provável que alguns tipos de perdas ocorram com os defensivos adicionados. No intuito de minimizar esses efeitos, assim que adicionados os defensivos agrícolas no tanque é necessário ligar o sistema de agitação. Em tanques de maior capacidade, é comum a existência de “pontos mortos”, onde

há dificuldade de se manter uniformidade na concentração dos produtos. Recomenda-se também a pré-diluição de defensivos de baixa solubilidade (WG, WP e SC), caso contrário, pode haver deposição no fundo do tanque, reduzindo assim, sua funcionalidade.

Independente da solubilidade ou formulação dos produtos, a agitação deverá estar sempre ligada e ininterrupta e os produtos adicionados gradativamente no reservatório.

A mistura de dois produtos ou mais, sejam defensivos agrícolas ou demais produtos, podem ocasionar três efeitos:

- **Aditivo:** o efeito da aplicação da mistura será semelhante ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto não interfere na eficácia do outro;
- **Sinérgico:** o efeito da aplicação da mistura será superior ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto melhora a eficácia do outro;
- **Antagônico:** o efeito da aplicação da mistura será inferior ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto piora a eficácia do outro.

Como medida de precaução, assim que os defensivos agrícolas chegarem na propriedade, deve ser realizada uma pré-mistura em garrafa pet, nas mesmas proporções indicadas nas aplicações de campo, seguindo a sequência apresentada na **tabela 3**. Caso tenha algum problema de incompatibilidade, será preciso advertir para retirada do defensivo que ocasionou o problema e seguir com a sequência de mistura.



Figura 6. Pré-mistura de defensivos agrícolas em garrafas pet.



Figura 7. Equipamentos utilizados para o preparo de calda de pulverização.

MISTURA EM TANQUE DE PULVERIZAÇÃO	
Condicionador de calda	1 Água (~1/3) 2 Ligar agitação 3 Adjuvantes 4 Granulado para suspensão aquosa (WG) 5 Pó-molhável (WP) 6 Suspensão de encapsulado (CS) 7 Suspensão concentrada (SC) 8 Dispersão de óleo/suspensão concentrada em óleo (OD) 9 Suspo-emulsão (SE) 10 Concentrado emulsionado (EC) 11 Emulsão água em óleo (EO) 12 Emulsão óleo em água (EW) 13 Microemulsão (ME) 14 Grânulos solúveis (SG) 15 Pó solúvel (SP) 16 Solução solúvel (SL) 17 Fertilizantes foliares 18 Outros adjuvantes (óleos, molhantes etc)
sólidos insolúveis	
Suspensões	
Intermediário	
Emulsões	
Formulações com alta solubilidade	

Tabela 3. Sugestão para ordem de mistura em tanques de pulverização.

5. PRESSÃO DE TRABALHO

A pressão de trabalho está associada ao fluxo de calda que estará quando passar pelo orifício de saída da ponta de pulverização. Sua importância está associada à formação de gotas de diâmetro correto, para formação do jato no ângulo nominal e para que as gotas tenham velocidade suficiente para atingir o alvo sem que haja tempo para se perderem por deriva.

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 14,5 \text{ PSI} = 1,01 \text{ kgf/cm}^2$$

A forma de checar a pressão do sistema é por meio de um manômetro. Sem a utilização dele é impossível saber qual é o espectro de gotas que está sendo produzido pela ponta e estimar vazão da ponta. Em alguns pulverizadores montados ou de arrasto, é comum não encontrar o manômetro ou que ele esteja quebrado ou ausente.

O manômetro de ponta pode indicar a leitura com maior acurácia. Caso tenha acúmulo de resíduos por sedimentação na tubulação ou obstrução de filtros, é provável que ocorram diferenças na leitura entre o manômetro do regulador de pressão e o acoplado na saída da ponta (**Figura 8**).

Não utilizar pressões abaixo de 2,7 bar (40 PSI), pois alguns modelos de pontas não abrem totalmente o jato pulverizado e/ou apresenta desuniformidade no espectro de gotas produzidas. Na **tabela 4** é apresentada uma sugestão para pressão de trabalho de acordo com o grupo de defensivos agrícolas que são utilizados.

Ao escolher uma ponta de pulverização pelo diâmetro de gota produzido, é necessário correlacionar seu diâmetro com a pressão de trabalho. Nesse sentido, é comum o operador aumentar a velocidade de trabalho e o controlador compensar com aumento da pressão do sistema, reduzindo o diâmetro de gotas, o que pode gerar deriva.

Tipo de aplicação	Faixa de pressão
Dessecação com herbicida sistêmico ou pré-emergente	2 a 4 BAR (29 a 58 psi)
Dessecação com herbicida de contato	2 a 4 BAR (29 a 58 psi)
Inseticidas e fungicidas (início de ciclo)	3 a 6 BAR (43,5 a 87 psi)
Inseticidas e fungicidas (final de ciclo) – ponta duplo leque	4 a 7 BAR (58 a 101,5 psi)
Inseticidas e fungicidas – cone vazio	3 a 6 BAR (43,5 a 87 psi)

Tabela 4. Faixa de pressão de trabalho

Figura 8.



Manômetro de ponta



Manômetro do pulverizador.

6. PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

Para uma boa pulverização, a mesma deve apresentar gotas no tamanho de interesse e com o mínimo de deriva possível, sempre de acordo com o que o produto e as condições do alvo a ser pulverizado exigiam.

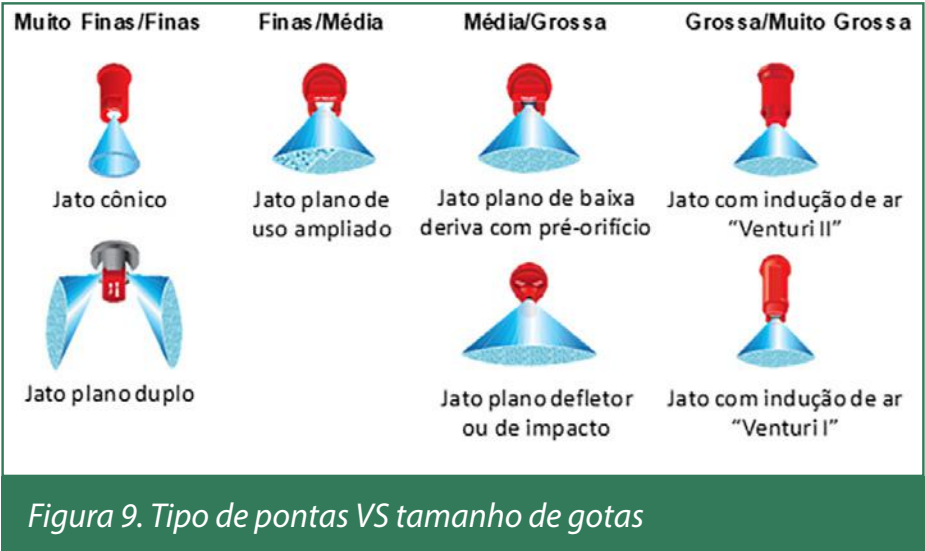
A ponta de pulverização é responsável por diversos aspectos relacionados à qualidade da aplicação, como diâmetro das gotas, distribuição do líquido pulverizado, uniformidade de distribuição e vazão da calda. O espectro de gotas segundo (ASABE, 2009) classifica em oito classes, sendo elas apresentadas na **tabela 5**.

Sendo assim, a escolha correta das pontas de pulverização deve priorizar os seguintes passos:

- a) modo de ação dos produtos;
- b) condições climáticas;
- c) situação do alvo a ser controlado.

Classe da Pulverização	Símbolo	Cor	DMV ASABE (μm)
Extremamente Fina	XF	Lilás	50
Muito Fina	MF	Vermelha	< 136
Fina	F	Laranja	136 – 177
Média	M	Amarela	177 – 218
Grossa	G	Azul	218 – 349
Muito Grossa	MG	Verde	349 – 428
Extremamente Grossa	EG	Branca	428 – 622
Ultra Grossa	UG	Preta	> 622

Tabela 5. Classe de gotas de pulverização.



De maneira geral, as condições climáticas para uma boa pulverização preconizam que tenha umidade relativa superior a 50%, temperatura inferior a 30°C e velocidade do vento entre 2 e 10 km/h. As condições climáticas podem interferir diretamente no risco de deriva, onde é definido através do volume pulverizado por determinada ponta a uma determinada pressão com gotas inferiores a 100 micrômetros de diâmetro.

Para avaliação do risco de deriva no campo é utilizado papel sensível à água e posteriormente, uso de um software que realiza a contagem de gotas por cm² e mensura diâmetro mediano volumétrico das gotas (**tabela 6**). Além disso possibilita a investigação do percentual de cobertura no interior do dossel das plantas cultivadas (**figura 10**).



Nº de gotas por cm ²	Tipo de aplicação
20 – 30	Inseticidas
20 – 30	Herbicidas pré-emergentes
30 – 40	Herbicidas de contato
50 – 70	Fungicidas de contato

Tabela 6. Número de gotas por cm² VS Tipo de aplicação



Figura 10. Avaliação da cobertura do alvo pelo uso de papel sensível.

7. LIMPEZA DO TANQUE DE PULVERIZAÇÃO

Com a intensificação de cultivo de safra e safrinha, mistura de defensivos agrícolas nos tanques de pulverização e o número de aplicações realizadas durante os cultivos, os pulverizadores começam a acumular resíduos de defensivos agrícolas até que seja feita a correta limpeza correta de todo o sistema de pulverização.

Antes da aplicação, comece com o equipamento limpo e bem conservado. Imediatamente após a aplicação, deve ser realizada, uma completa limpeza correta de todo o equipamento para reduzir o risco da formação de depósitos sólidos que podem se tornar difíceis de serem removidos. O adiamento, mesmo por poucas horas, somente torna a limpeza mais difícil. A não lavagem ou mesmo a lavagem inadequada do pulverizador pode resultar em danos às culturas posteriores.

Caldas com dificuldade de homogeneização, entupimentos de pontas, obstrução de filtros podem ser advindos de uma falta de limpeza do sistema de pulverização. Na **tabela 7** são apresentados os passos a serem seguidos para uma limpeza de tanque de pulverização.

Etapas a serem realizadas para limpeza de tanque	
1	Acionamento do retorno com alta pressão
2	Adição do produto limpa tanque
3	Formação da espuma (ação do limpa tanque)
4	Esgotamento da calda de limpeza (por seções)
5	Limpeza de pontas e filtros (escovamento)
6	Acionamento do retorno com alta pressão
7	Enxague dos mangotes de retorno
8	Enxague geral
9	Avaliação de possível presença de resíduos

Tabela 7. Etapas para limpeza do tanque de pulverização



Figura 11. Tubulação de pulverizador com resíduos de defensivos agrícolas



Figura 12. Fitotoxidade causada por pulverizador sem limpeza.



Figura 13. Limpeza das pontas de pulverização e peneiras (esquerda) e limpeza do sistema de pulverização (direita).

8. EPI's

O uso seguro de defensivos agrícolas exige o uso correto dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI). As recomendações hoje existentes para o uso de EPI são bastantes genéricas e padronizadas, não considerando variáveis importantes como o tipo de equipamento utilizado na operação, os níveis reais de exposição e, até mesmo, as características ambientais e da cultura onde o produto será aplicado.

EPI são ferramentas de trabalho que visam proteger a saúde do trabalhador que utiliza os defensivos agrícolas, reduzindo os riscos de intoxicações decorrentes da exposição.

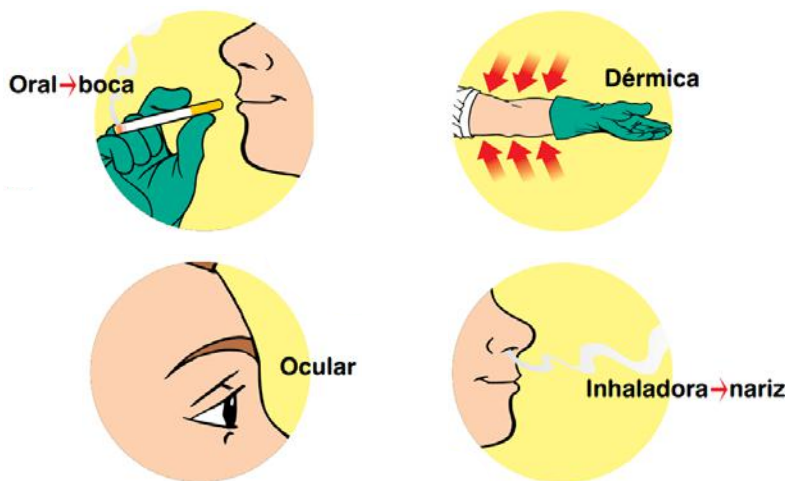
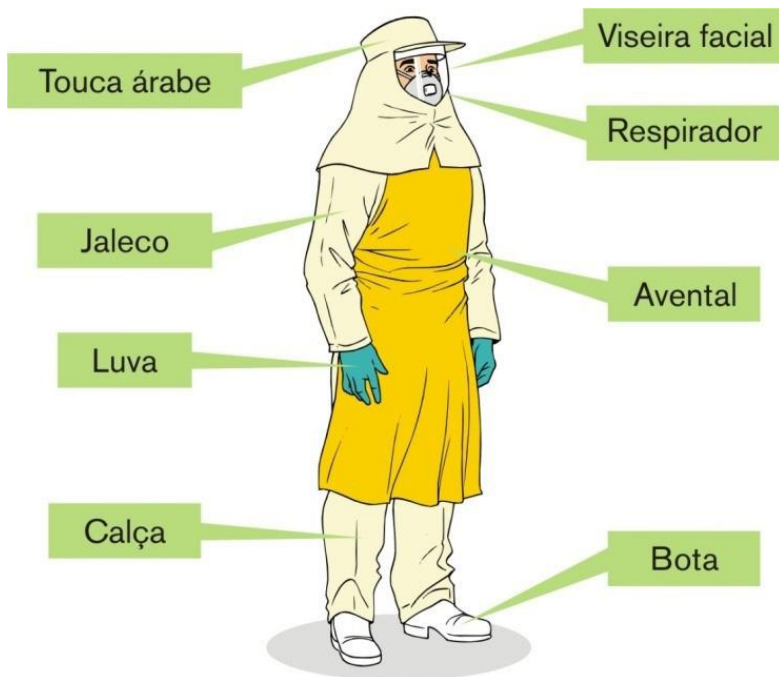


Figura 14. Vias de exposição.

A função básica dos EPIs é proteger o organismo de exposições ao produto tóxico, minimizando o risco. Intoxicação durante o manuseio ou a aplicação de produtos fitossanitários é considerada acidente de trabalho. O uso do EPI é uma exigência da legislação trabalhista brasileira por meio de suas Normas Regulamentadoras. O não cumprimento poderá acarretar ações de responsabilidade cível e penal, além de multas aos infratores.

Quanto as responsabilidades, a legislação trabalhista prevê que são obrigações do empregador: a) fornecer os EPIs adequados ao trabalho; b) instruir e treinar quanto ao uso dos EPIs; c) fiscalizar e exigir o uso dos EPIs d) repor os EPIs danificados. E como obrigação do trabalhador: a) usar e conservar os EPIs. É recomendado que o fornecimento de EPIs e que treinamentos ministrados sejam registrados por meio de documentação apropriada para eventuais esclarecimentos em causas trabalhistas.





Vestir	Retirar
1 Calça	1 Boné árabe
2 Jaleco	2 Viseira facial
3 Botas	3 Avental
4 Avental	4 Jaleco
5 Respirador	5 Botas
6 Viseira facial	6 Calça
7 Boné árabe	7 Luvas
8 Luvas	8 Respirador

Tabela 8. Ordem de vestir e retirar o EPI.

Relação Operação x EPI x Exposição

Operações 	Carga e descarga em armazéns	Variação dos armazéns	Manuseio/Dosagem						Aplicação Manual					Aplicação Tratorizada				Aplicação Aérea		Termo-nebulização
			Líquido	Sementes tratadas	Granulado de solo	Pó seco	Pó molhável / Grânulos WG	Embalagem hidro-solúvel	Isca granulada	Costal	Costal motorizado	Mangueira	Granuladeira	Polvilhadeira	Líquido	Granulado	Turbo	Sementes	Abastecimento de aeronaves	
Capacete	●																			
Boné Árabe			●			●	●		●	●	●		●	●		●		●	●	●
Protetor de ouvido										●			●	●	●	●				●
Viseira facial			●			●	●		●	●	●		●	●		●		●	●	●
Respirador		●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●		●		●	●	●
Calça hidro-repelente			●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Jaleco hidro-repelente			●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Avental impermeável			●				●		●	●	●							●		
Botas impermeáveis		●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Luvas impermeáveis	●		●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●		●		●	●	●
Botas com biqueira	●																			

Tabela 9. Relação operação VS EPI VS exposição



CONCLUSÃO



Alessandro Alvarenga
Especialista/Rehagro

Ao analisar o conteúdo deste e-book, percebemos que para obter sucesso na aplicação de defensivos agrícolas, o mais importante é a capacitação do operador pulverizador na compreensão dos pontos críticos atrelados à prática da pulverização, protegendo a lavoura com eficiência e otimização de recursos. Seguindo essas e outras recomendações, as chances do sucesso e eficácia da aplicação de defensivos agrícolas serão com certeza maiores. Por isso, a busca pelo conhecimento e especialização dever ser contínua!

REFERÊNCIAS

Costa, L. L.; Polanczyk, R. A. Tecnologia de aplicação de caldas fitossanitárias – Jaboticabal : FUNEP 2019.

Queiroz, A. A.; Martins, J. A. S.; Cunha, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. Bioscience Journal Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8-19, oct/dec. 2008.

Purdue Extension September 2014 – Adjuvants and the power of spray droplet.

Purdue Extension August 2015 – Removing herbicide residues from agricultural application equipment.

ANDEF – Manual de uso correto de equipamentos de proteção individual. Dezembro/2008.



FACULDADE
Rehagro



rehagro

Tel: (31) 3343-3800

rehagro@rehagro.com.br

 **www.rehagro.com.br**

Grupo Rehagro

FACULDADE
Rehagro 

Rehagro 
consultoria

Rehagro 
pesquisa

 **ideagri**

3r lab

 **campeira**
sustentabilidade no campo

biomip