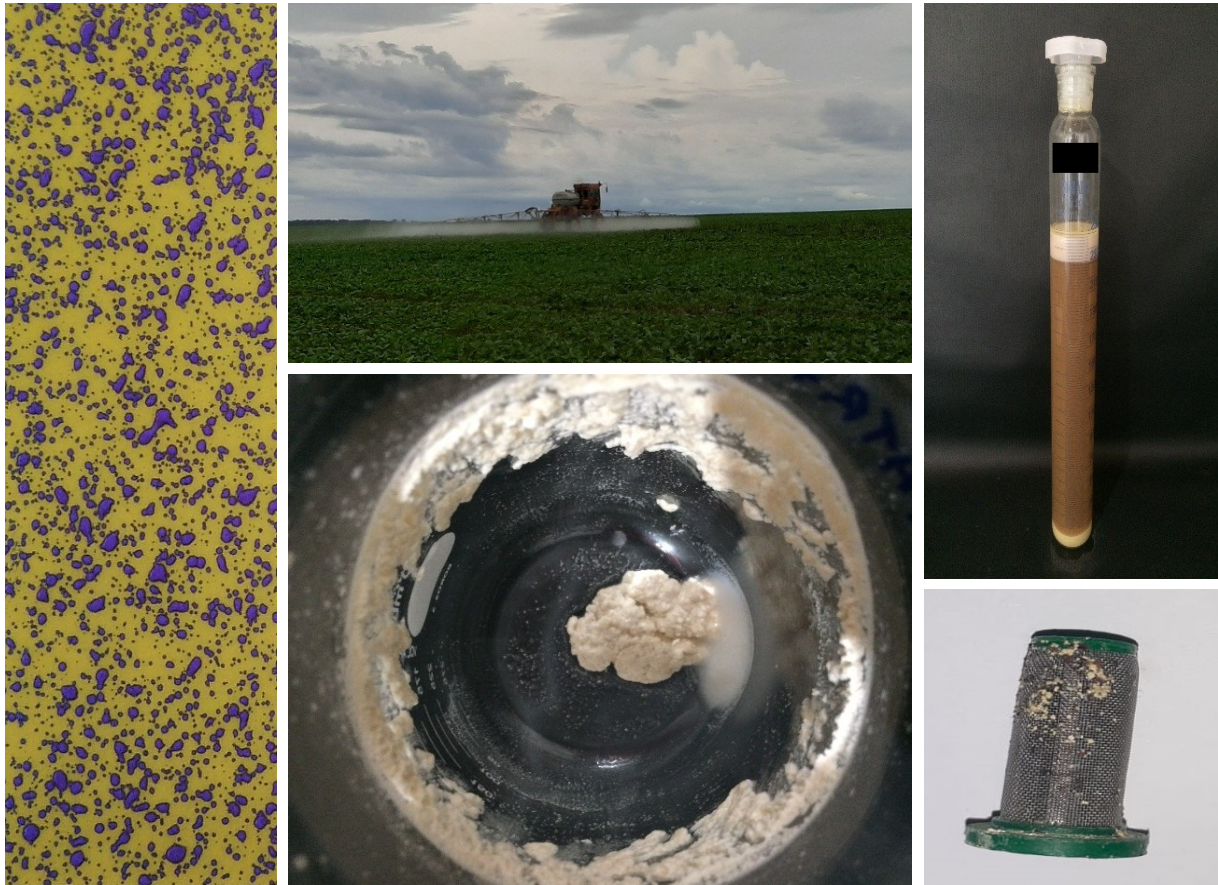


INFORME TÉCNICO

(Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)

V.1 N° 3 Ano 2021 ISSN 2763-7484



Mistura de Agrotóxicos e Tecnologia de Aplicação

Gabriela de Souza da Silva
Francisco Freire de Oliveira Junior
Camila Ferreira de Pinho
Aroldo Ferreira Lopes Machado

© 2021 – UFRRJ / Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Rodovia BR-465, Km 07, s/n, Instituto de Agronomia, 23897-000, Seropédica-RJ.
www.cursos.ufrrj.br/posgraduacao/ppgf/
informetecnicoppgf@gmail.com

INFORME TÉCNICO (Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)

Volume: 1 Número: 3 Ano: 2021 ISSN: 2763-7484 DOI: <https://doi.org/10.29327/837780.1-3>

Conselho editorial

Dra. Margarida Goréte Ferreira do Carmo

Dr. Carlos Antônio dos Santos

Dr. Rogério Gomes Pêgo

Dr. Junior Borella

M.Sc. Gustavo Torres Dos Santos Amorim

Revisor *ad hoc*

Dr. Junior Borella

Fotos da capa

Gabriela de Souza da Silva, Francisco Freire de Oliveira Junior, Fernando Ramos de Souza

Projeto gráfico

Carolina F. de Carvalho, Carlos A. dos Santos

Ficha Catalográfica

Even3 Publicações

Contatos dos autores deste artigo

gabrielasouza.ufrrj@gmail.com,

freirejr16@gmail.com,

camilafepi@hotmail.com,

aroldomachado@yahoo.com.br.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Even3 Publicações, PE, Brasil)

I43 Informe Técnico [recurso eletrônico] / Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
– Vol. 1, n. 3 (maio/jun. 2021) – Rio de Janeiro: PPGF, UFRRJ, 2021.

Tema: Mistura de Agrotóxicos e Tecnologia de Aplicação Bimestral.

ISSN: 2763-7484

DOI: 10.29327/837780.1-3

1. Fitotecnia - Periódico. 2. Mistura de Agrotóxicos. 3. Tecnologia da Aplicação. I. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. III. Título.

CDD 630

CDU 631

Elaborado por Amanda Rodrigues – CRB-4/1241

APRESENTAÇÃO

O INFORME TÉCNICO (Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro) foi idealizado em 2020 e implementado em 2021 com o propósito de divulgar resultados de pesquisas que resultaram em tecnologias ou informações prontamente aplicáveis e acessíveis aos produtores ou aos diversos segmentos de profissionais vinculados à produção vegetal. Com linguagem simples e direta, visa levar informações e/ou inovações aos agricultores, extensionistas, profissionais técnicos, agrônomos, estudantes e professores vinculados a área de Agronomia.

Cada número abordará um tema específico, relacionado às diferentes áreas de concentração e linhas de pesquisa do PPG-Fitotecnia/UFRRJ. Neste terceiro número, “Mistura de Agrotóxicos e Tecnologia de Aplicação”, serão apresentadas informações sobre a prática conhecida como “mistura de tanque” e sua regulamentação no Brasil, os principais problemas observados com o uso desta prática e como evitá-los, fatores e interações responsáveis pela incompatibilidade entre produtos, recomendações para avaliação da compatibilidade dos produtos e aspectos relacionados a tecnologia de aplicação.

Comissão Editorial

INTRODUÇÃO

No Brasil as regiões produtoras estão situadas em condições climáticas favoráveis ao aparecimento de pragas, doenças e plantas daninhas, que afetam a produtividade das culturas. Estes problemas fitossanitários, normalmente não ocorrem de forma isolada, sendo necessário a utilização de diferentes moléculas em mistura para controle efetivo de todos os alvos, otimizando assim as operações de aplicação. No Brasil, em outubro de 2018, as misturas em tanque foram liberadas através da instrução normativa nº 40 regulamentada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), podendo ser prescrita em receituário agrônomo por um profissional habilitado.

A utilização de misturas em tanque deve ser recomendada com muita cautela, devido as interações que poderão ocorrer entre os produtos na calda de aplicação. Estas interações podem ocasionar efeitos negativos na estabilidade das caldas, na eficiência das moléculas sobre os alvos, podendo ainda reduzir a seletividade de algumas moléculas para a cultura. Adicionalmente, determinadas incompatibilidades resultam em sérios danos a eficiência da pulverização, pois a possível formação de precipitados, flocos, cristais ou creme, podem ocasionar entupimento de filtros e pontas de aplicação, reduzindo a eficiência da aplicação, onerando os custos ao produtor e incrementando o potencial de contaminação do aplicador.

Diante dos problemas gerados pela aplicação conjunta de produtos fitossanitários, se faz necessário a utilização de pré-testes das misturas que serão aplicadas às culturas, para total certeza da compatibilidade desses produtos quando em mistura.

A principal causa dos danos ocasionados às culturas agrícolas ocorrem devido a recomendação errônea da dose dos produtos e da aplicação de forma inadequada, por isso, é de extrema importância a adoção de boas práticas no uso de produtos fitossanitários, tornando necessário também, um conhecimento mais detalhado da tecnologia de aplicação dos defensivos.

Para conhecer os resultados de uma pulverização de defensivos agrícolas é fundamental se atentar a parâmetros como a cobertura do alvo pela calda aplicada. Em uma pulverização ocorre a variação no tamanho das gotas geradas, sendo necessário avaliar o espectro de gotas através de

critérios técnicos, comparando as diferenças envolvendo modelos de pontas e o tipo de calda pulverizada.

MISTURA EM TANQUE E SUA REGULAMENTAÇÃO NO BRASIL

Os problemas fitossanitários ocorrem simultaneamente em uma mesma área agrícola, e os produtos utilizados para o controle não tem espectro de ação capaz de controlar todos os alvos de uma vez. Devido a isto, uma estratégia utilizada para reduzir os custos operacionais é a mistura dos produtos em tanque (TREZZI et al., 2005), sem a necessidade de aplicar cada produto individualmente (GAZZIERO, 2015).

A mistura em tanque pode ser definida como a associação de dois ou mais produtos fitossanitários em uma única solução ou calda de pulverização, sendo aplicados de forma simultânea nas áreas de cultivo (WILLMOTT et al., 2013). Até a normatização da mistura em tanque, o Brasil passou por alguns períodos de intenso conflito entre agricultores e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Até metade dos anos 1980, a mistura em tanque era seguida através das recomendações técnicas da indústria e dos centros acadêmicos. A partir de abril de 1985, a mistura em tanque passou a ser proibida e entraram em vigor as recomendações do ofício DIPROF/SDSV 198/85 (GAZZIERO, 2015). Após muitos debates e discussões na tentativa de normatizar a mistura em tanque, foi publicada a portaria nº 67 do MAPA, que entrou em vigor em 30 de maio de 1995, onde havia a possibilidade das empresas incluírem em bula as recomendações para mistura em tanque (MAPA, 1995). Essa normativa vigorou até 2002, quando foi revogada pela instrução normativa nº 46, publicada em 24 de julho do mesmo ano, a qual estabelecia que as empresas titulares de registros de agrotóxicos deveriam retirar as indicações de misturas em tanque dos rótulos e bulas dos seus produtos (MAPA, 2002).

Até o final de 2018, seguia-se a portaria nº 148 que foi publicada em 26 de dezembro de 2017, onde a mistura em tanque era proibida, não podendo ser prescrita em uma receita agrônômica (AENDA, 2017). Finalmente, em 11 de outubro de 2018, entrou em vigor a instrução normativa nº 40, regulamentada pelo MAPA, que libera a recomendação e aplicação da mistura em tanque, devendo ser prescrita em receita

agronômica por um profissional da área devidamente habilitado (MAPA, 2018).

Um estudo realizado por Gazziero (2015), identificou que cerca de 97% dos agricultores realizam a operação de mistura em tanque, sendo que 18, 40, 26, 12 e 4% dos agricultores misturam dois, três, quatro, cinco, ou mais do que cinco produtos, respectivamente. Nesta mesma pesquisa, cerca de 72% dos agricultores entrevistados afirmaram ter observado problemas de incompatibilidade entre os produtos na calda de aplicação.

PRINCIPAIS PROBLEMAS OBSERVADOS EM MISTURAS DE AGROTÓXICOS

Ao ser realizada a mistura em tanque com diferentes produtos fitossanitários alguns problemas podem ocorrer, dentre eles a incompatibilidade físico-química dos produtos na calda de aplicação (CLOYD, 2011). A incompatibilidade pode ser definida como a interação física e/ou química inesperada entre duas ou mais substâncias químicas quando estão em mistura, cuja segurança e eficácia de qualquer tratamento pode ser comprometida pelo posterior produto formado através da interação (LEAL et al., 2016). A incompatibilidade se torna evidente quando na calda se observam flocos, cristais ou separação de fases dos produtos, sinalizando que os produtos não se misturam uniformemente (WILLMOTT et al., 2013) (Figura 1). A incompatibilidade pode resultar em efeitos negativos, como a alteração na estabilidade, eficiência e degradação das moléculas, inibição da ação de algum produto da mistura sobre o alvo, podendo também estimular ou inibir os processos de detoxificação metabólica presentes em alguns biótipos alvo (VECHIA et al., 2018).

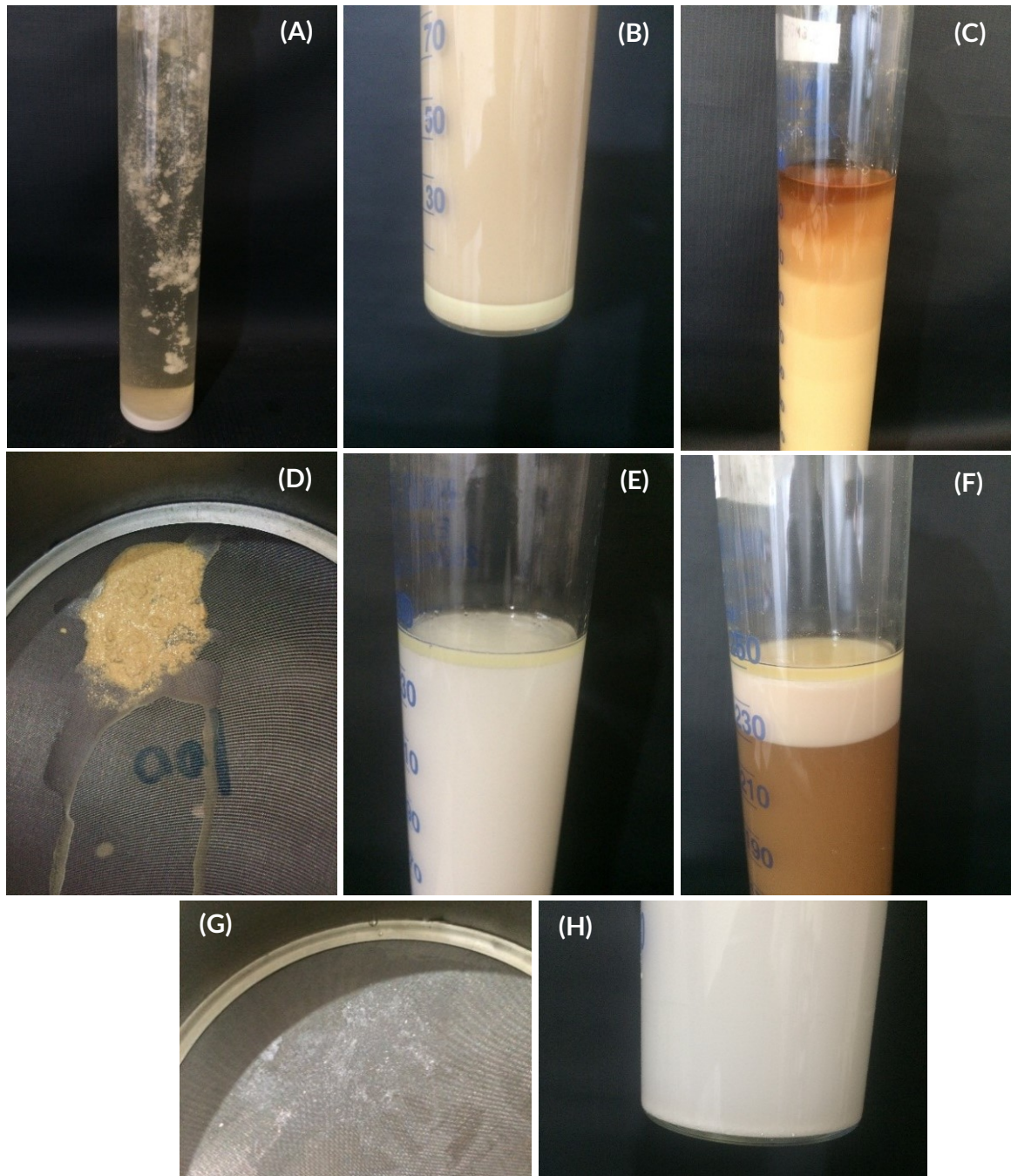


Figura 1. Fotos das incompatibilidades encontradas em misturas de diferentes produtos recomendados para a cultura da soja e do milho, em ensaios fundamentados sob a norma brasileira ABNT NBR 13875:2014, sendo: (A) – floculação, (B) – sedimentação, (C) – separação de fases, (D) – presença de grumos (confirmada na peneira de 100 mesh), (E) – separação óleo, (F) – formação de creme, (G) – formação de cristais (confirmada na peneira de 100 mesh) e (H) – formação de cristais (em sedimentação no fundo da proveta). Fonte: SILVA, G. S., OLIVEIRA JÚNIOR, F. F.

Os produtos em mistura podem interagir química e/ou fisicamente na calda. De forma geral, as interações físicas estão relacionadas a formulação e solvente dos produtos, sendo este o primeiro tipo de interação, ocorrendo a formação de precipitados ou grânulos, o que poderá ocasionar o entupimento dos filtros e pontas de pulverização. As interações físicas geralmente são dependentes das características físico-químicas das moléculas como a solubilidade, constante de ionização (pKa) e coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), sendo essas as primeiras reações, levando-as em seguida as interações químicas, que estão relacionadas a molécula do ingrediente ativo dos produtos, podendo causar a toxidez as culturas através das inativações por radicais presentes nas moléculas, por exemplo (PETTER et al., 2012; GAZZIERO, 2015; RAKES et al., 2018).

FATORES QUE PODEM GERAR INCOMPATIBILIDADE

Diversos fatores podem gerar/alterar a incompatibilidade dos produtos em mistura, sendo os principais:

Qualidade da água

A qualidade da água pode ser abordada sob dois aspectos: a qualidade química e a qualidade física (FARIAS et al., 2014). Na qualidade química da água, é analisada a porcentagem de dureza, que está relacionada com a concentração de íons presentes em solução, como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} e Al^{3+} , sendo expresso na forma de ppm de $CaCO_3$, representados normalmente pelos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} . Já a qualidade física da água, está relacionada a quantidade de sedimentos em suspensão, como argila e matéria orgânica (RAMOS & ARAÚJO, 2006). Em função da qualidade da água podem ocorrer interações entre as moléculas dos produtos e os íons em suspensão, podendo ocorrer a adsorção das moléculas nas argilas e compostos orgânicos em suspensão, ou a troca de íons dos tensoativos aniônicos (sais orgânicos de Na^+ e K^+) presentes em muitas formulações, causando um desbalanço de cargas, e dando origem a compostos insolúveis, ocasionando floculação ou sedimentação dos componentes presentes na formulação, reduzindo a sua eficácia (QUEIROZ et al., 2008).

pH da calda

O pH é um fator extremamente importante que deve ser observado no momento do preparo da calda. Alguns produtos dependem do pH da calda para atingirem a sua máxima eficiência, como por exemplo alguns herbicidas (KISSMANN, 1997; QUEIROZ et al., 2008; MENECHINI et al., 2020). Os herbicidas se dividem em aniônicos (ácidos) e catiônicos (básicos). Os herbicidas ácidos são aqueles capazes de doar prótons e formar íons carregados negativamente, em uma determinada faixa de pH. Quanto maior o pKa de um herbicida, menor a sua chance de ficar aniônico. Se o pH da solução for menor que o pKa do herbicida, a concentração do herbicida na forma não dissociada (molecular) será maior do que na forma aniônica (dissociada), por outro lado, se o pH da solução for maior que o pKa do herbicida, a concentração do herbicida será menor na sua forma molecular, e maior na sua forma aniônica (CHRISTOFFOLETI et al., 2008).

Como exemplo de herbicida ácido, podemos citar o glifosato, que tem a sua eficiência elevada quando o pH da solução se apresenta mais baixo, em torno de 4,0. Nesta situação, 50% das moléculas de glifosato na calda permaneçam na fase dissociada, e conseqüentemente, sendo absorvidos com maior facilidade pelas plantas (KISSMANN, 1997; QUEIROZ et al., 2008; MENECHINI et al., 2020).

Formulação dos produtos

A formulação de um produto fitossanitário é uma mistura de moléculas químicas, sendo ingredientes ativos e inertes que efetivamente controlam um determinado problema fitossanitário como: as pragas, doenças e plantas daninhas. Formular um determinado produto envolve processá-lo para melhorar seu armazenamento, manuseio, segurança, aplicação e eficácia (NPIC, 1999; BRAIBANTE & ZAPPE, 2012). A formulação dos produtos poderá interferir na compatibilidade dos mesmos em calda, pois está intimamente ligada a solubilidade das formulações em água (DECARO JÚNIOR, 2019). A solubilidade de um produto, refere-se à quantidade que uma determinada molécula pode ser dissolvida em água pura, a uma determinada temperatura (STEFFEN et al., 2011). As formulações grânulo dispersível (WG), pó molhável (WP) e suspensão

concentrada (SC), por exemplo, são as formulações com ingredientes ativos e inertes de menor solubilidade (DECARO JÚNIOR, 2019) (Figura 2).

Geralmente a incompatibilidade ocorre devido as altas concentrações de ativos que estão presentes nessas formulações. Na formulação SC o solvente não penetra no soluto, e apenas o mantém em suspensão (PETTER et al., 2013). Já nas formulações WG e WP, que são sólidas, a aplicação também é feita sob a forma de suspensão, após ter sido realizada a dispersão das partículas sólidas em água. Estas formulações necessitam de agitação constante no tanque de aplicação para não separarem as fases e sedimentarem (GIRARDELI, 2020). Dessa forma, qualquer incompatibilidade física que ocorra entre as moléculas na calda de aplicação é causada normalmente pela formulação e suas interações, resultando em formação de precipitados, separação de fases e complexação (SILVA et al., 2005).

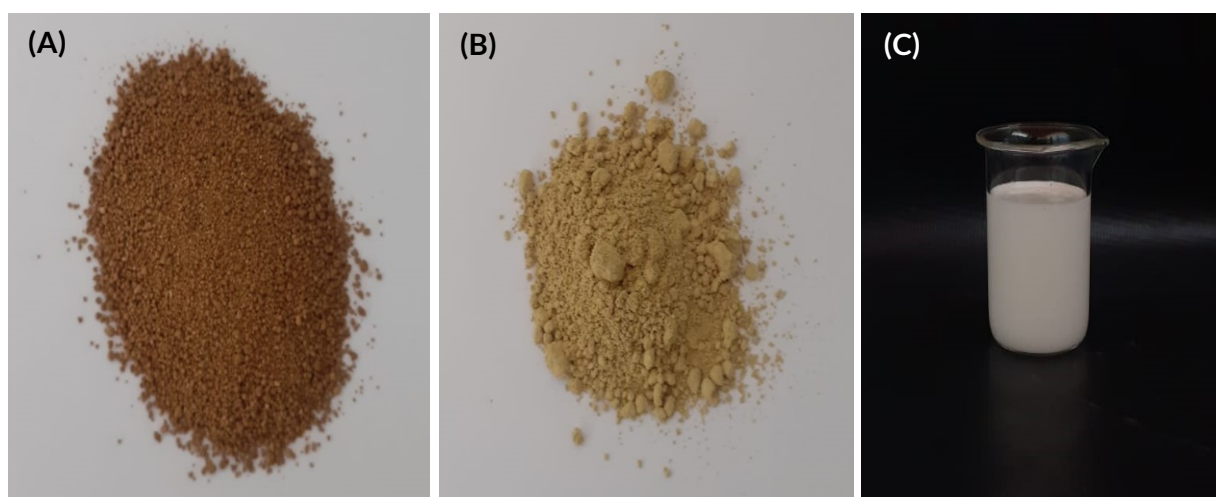


Figura 2. Tipos de formulações que são menos solúveis em água: (A) grânulo dispersível, (B) pó molhável e (C) suspensão concentrada. Fonte: SOUZA, F. R., SILVA, G. S.

Volume de calda ($L ha^{-1}$)

Um fator determinante para a compatibilidade dos produtos em mistura é o volume de calda de aplicação. Uma prática que é cada vez mais constante nas propriedades brasileiras, é a redução do volume de calda no momento da aplicação, em uma tentativa de aumentar a capacidade operacional, reduzir os custos (DECARO JÚNIOR, 2019) e obter melhorias ambientais relacionadas ao menor consumo de água (RAMOS et al., 2009).

Entretanto, a redução do volume de calda, proporciona aumento da concentração do ingrediente ativo, fazendo com o que todas as moléculas presentes na calda se aproximem, pois, serão dissolvidas em uma menor quantidade de água, podendo reduzir a eficiência dos produtos, ocasionada pela incompatibilidade (CAMOLESE & BAIO, 2016) (Figura 3).

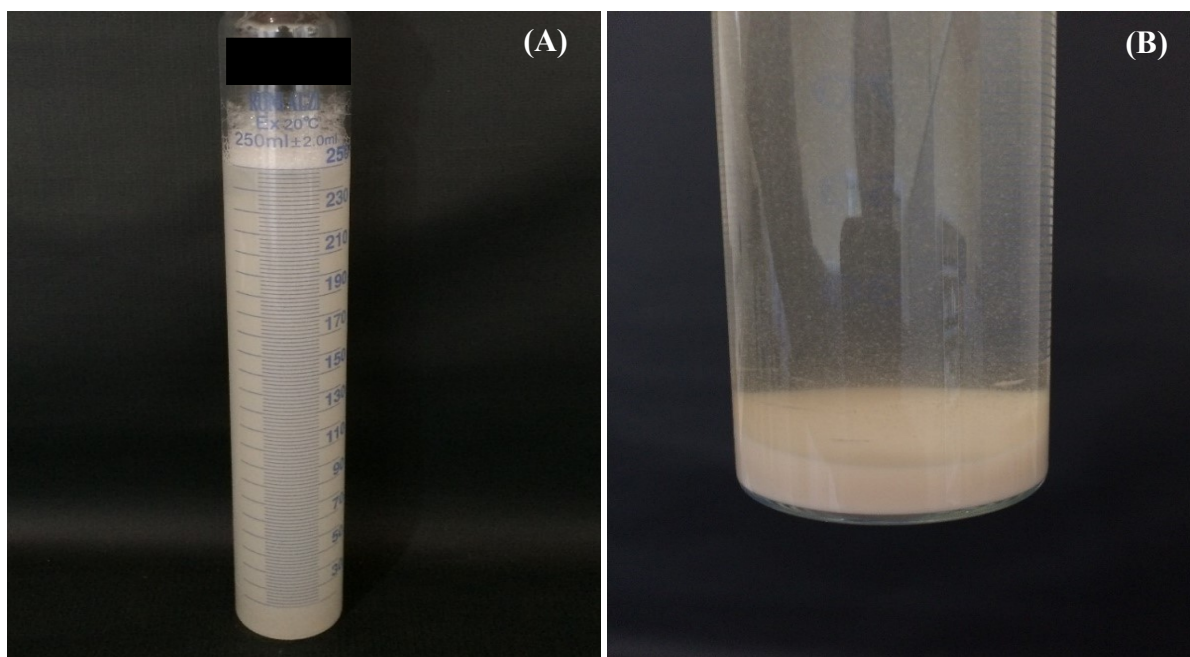


Figura 3. Inseticida, herbicida e fertilizante recomendados para a cultura do milho em mistura, onde: (A) mistura que se mostrou compatível ao volume de calda de 150 L ha^{-1} , e (B) com a redução de calda para 80 L ha^{-1} apresentou sedimentação. Fonte: SILVA, G. S., OLIVEIRA JÚNIOR, F. F.

INTERAÇÃO BIOLÓGICA

Interações biológicas nas plantas podem ocorrer, e podem estar relacionadas a quantidade de produto que chega ao seu sítio de ação, podendo ser afetadas pela presença de outra molécula através da redução da absorção, translocação e/ou aumento no metabolismo (DAMALAS, 2004; VECHIA et al., 2018). Outros parâmetros que também podem ser observados na interação biológica das misturas, é a avaliação dos efeitos aditivos, sinérgicos e antagônicos dos produtos misturados na calda, sendo o efeito sinérgico vantajoso em relação aos demais (RONCHI et al., 2002). Pouco se estuda sobre as interações físico-química das misturas na calda de aplicação, pois, as avaliações se direcionam sempre para o efeito sobre o

alvo biológico, possivelmente devido ao elevado número de produtos disponíveis no mercado (PETTER et al., 2013).

As interações que ocorrem em misturas que contenham herbicidas, podem ser prejudiciais as culturas agrícolas, pois podem ocasionar as interações biológicas, resultando na perda da seletividade de determinado herbicida, podendo causar injúria e redução de produtividade (Figura 4). Apesar dos constantes avanços no nível tecnológico das indústrias químicas no desenvolvimento de herbicidas de elevada performance em eficiência e seletividade, ainda assim, os herbicidas podem causar algumas injurias e alterações no decorrer do desenvolvimento das culturas (MACIEL, 2004). Por este motivo, a seletividade de um herbicida para determinada cultura, é papel fundamental na aplicação destas moléculas, pois, os produtos quando utilizados de forma incorreta, podem causar danos irreversíveis às plantas.



Figura 4. Danos causados na cultura do milho com a aplicação da mistura de inseticida, herbicida e fertilizante. Fonte: SILVA, G. S., OLIVEIRA JÚNIOR, F. F.

AValiação DA COMPATIBILIDADE DOS PRODUTOS

ABNT NBR 13875:2014

No Brasil, para realizar a avaliação da compatibilidade dos produtos em calda, é seguida a NBR 13875:2014 (Agrotóxicos e fins – avaliação de compatibilidade físico-química), que consiste em avaliar os produtos

associados, em mistura e isolados, verificando visualmente a ocorrência de incompatibilidade.

A avaliação é dividida em duas etapas, sendo a primeira conhecida como ensaio estático, e a segunda como ensaio dinâmico. Em qualquer ensaio, sempre ocorre a avaliação das caldas com os produtos isolados e em mistura. No procedimento estático, as caldas são avaliadas logo após a associação dos produtos e nos períodos de 2, 6 e 24 horas sem agitação. Na avaliação dinâmica, as amostras são avaliadas logo após a mistura e depois são agitadas em uma mesa orbital, por um período de 2 horas, e então são realizadas as análises da interação das caldas (Figura 5).

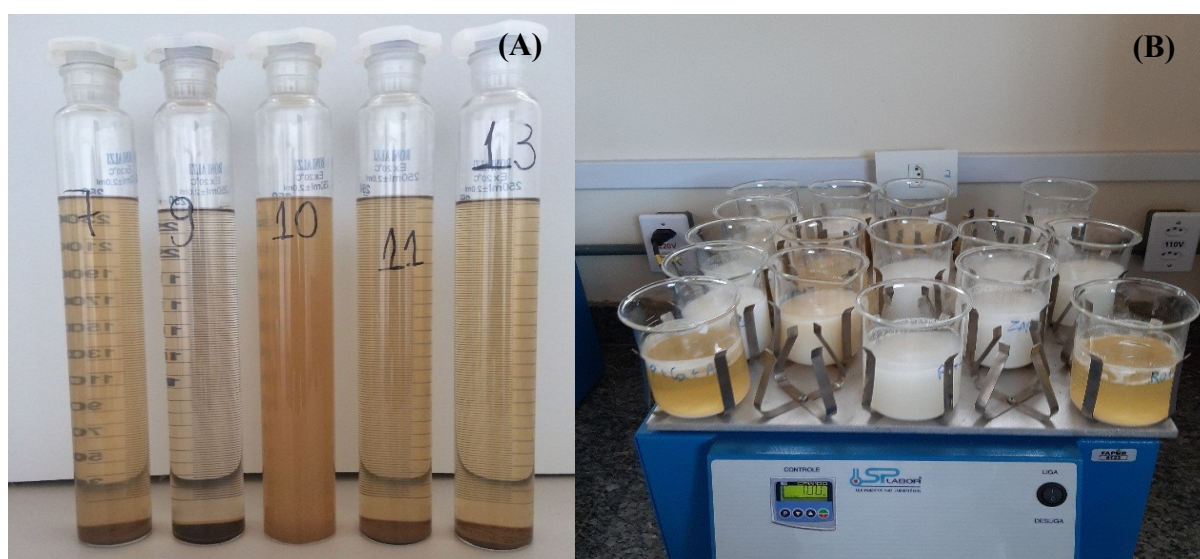


Figura 5. (A) Ensaio estático realizado em provetas de 250 ml com tampa e (B) ensaio dinâmico realizado em Becker de 400 ml com agitação em mesa orbital. Fonte: SILVA, G. S., OLIVEIRA JÚNIOR, F. F.

Teste de jarra

Em condições de campo é recomendável a realização de um teste de avaliação rápida da compatibilidade conhecido como “Teste de Jarra”. O teste baseia-se em misturar os produtos a serem utilizados de acordo com o tipo de formulação, em uma jarra contendo água, e na mesma diluição/proporção que será utilizada na aplicação. Primeiro são adicionados os produtos sólidos e mais difíceis de serem solubilizados na calda, em seguida as formulações líquidas e mais fáceis de serem diluídas e, por fim, se completa o restante do volume com água (AENDA, 2018). A ordem para adição dos produtos a mistura é apresentada na Tabela 1. A

mistura deve ser deixada em repouso por duas horas e em seguida verificado se ocorreu qualquer alteração na calda. Caso a mistura não apresente alteração, ela poderá ser recomendada pelo técnico responsável para a aplicação na lavoura (AENDA, 2018) (Figura 6).

Tabela 1. Sequência de adição dos produtos a calda de acordo com o tipo de formulação.

Ordem de aplicação	Tipo de formulação	Sigla
1º	Grânulo dispersível	WG
2º	Pó molhável	WP
3º	Adjuvante de compatibilidade	---
4º	Suspensão concentrada	SC
5º	Suspo-emulsão	SE
6º	Emulsão óleo em água	EW
7º	Concentrado emulsionável	EC
8º	Concentrado solúvel	SL
9º	Outros adjuvantes	---
10º	Fertilizantes e adubos	---

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 13875:2014; Portal Syngenta e GOV (Governo Federal).



Figura 6. Pré-teste da compatibilidade em calda dos produtos, realizado antes da aplicação das misturas em campo, conhecido como teste de Jarra. Fonte: *site elevagro.com*

INCOMPATIBILIDADE E SUA RELAÇÃO COM A TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

A maior parte dos produtos fitossanitários aplicados em cultivos no mundo é realizada através da pulverização. Para tanto, a eficiência no processo de aplicação depende do emprego de técnicas e conhecimentos científico, atrelado a correta deposição do produto biologicamente ativo no

alvo, na quantidade necessária, com o mínimo de perda e contaminação ambiental (MATUO et al., 2001).

A eficiência de uma pulverização leva em conta aspectos como a escolha da ponta, tipo de alvo, condições climáticas, momento da aplicação e características do produto (ANTUNIASSI, 2009). Para garantir que o produto atinja o alvo de forma econômica e sem afetar o meio ambiente busca-se uniformidade no espectro de gotas formadas (ANTUNIASSI et al., 2017).

Fatores como o espectro de gotas são parâmetros da tecnologia de aplicação que devem ser avaliados ao pulverizar misturas de produtos fitossanitários em tanque, pois estão diretamente relacionados com a cobertura do alvo e o sucesso da aplicação, podendo o resultado final ser diferente do esperado em função de modificações desses parâmetros causados pela possível incompatibilidade físico-química da mistura (DECARO JÚNIOR et al., 2015).

Ao realizar misturas em tanque podem ocorrer incompatibilidades físicas, como formação de precipitados ou grânulos, provocando entupimento de filtros e pontas de pulverização e conseqüentemente na eficiência de aplicação (Figura 7) (GAZZIERO, 2015). Além do mais, a mistura de diferentes formulações de defensivos agrícolas pode interferir na formação do espectro de gotas da pulverização (QUEIROZ et al., 2016).



Figura 7. Entupimento dos filtros de equipamentos de pulverização devido ao uso incorreto de misturas em tanque. Fonte: Sansão Reis Júnior (Compass Minerals).

Para avaliar os parâmetros em uma aplicação deve-se levar em consideração o ajuste do volume de calda, em conjunto com a seleção de pontas de pulverização e condições meteorológicas adequadas, como temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento (CHECHETTO et al., 2012). Uma econômica ferramenta utilizada para efetuar o registro e levantamento do espectro de gotas pulverizadas é o uso de papéis hidrossensíveis. Estes possuem coloração amarela e quando em contato com as gotas ficam com sua superfície azulada devido a reação provocada pela ionização do bromophenol (BAESSO et al., 2014) (Figuras 8 e 9).

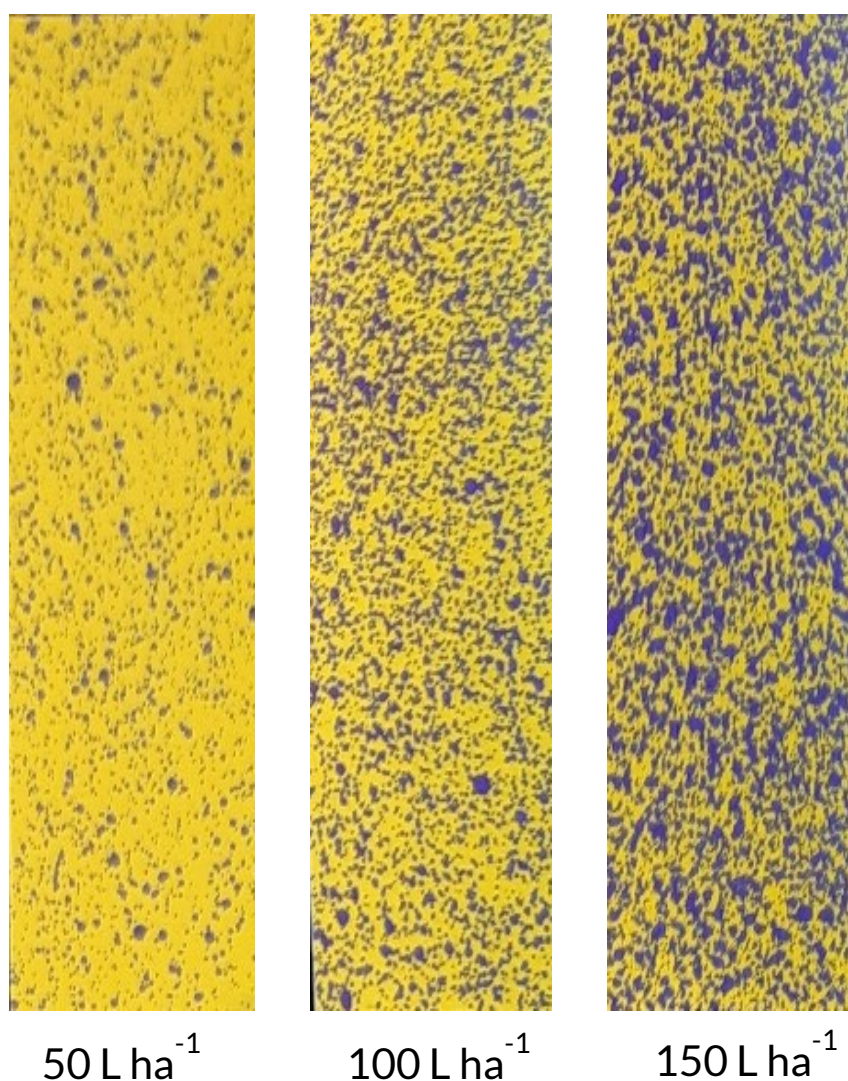


Figura 8. Papéis hidrossensíveis pulverizados com o herbicida glifosato em três volumes de calda (L ha⁻¹). Fonte: OLIVEIRA JÚNIOR, F. F., SILVA, G. S.



Figura 9. Leitor microscópio de papéis hidrossensíveis – DropScope Spray X. Fonte: OLIVEIRA JÚNIOR, F. F.

PARÂMETROS ANALISADOS EM TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

Ao realizar uma pulverização aplica-se gotas de tamanhos variados, dentro do mesmo espectro, sejam elas finas, médias ou grossas. Para aferir o espectro de gotas pulverizadas e a qualidade da aplicação deve ser considerado o tipo de ponta, a vazão, o ângulo do jato formado, a pressão de trabalho e as características da calda pulverizada (WOMAC et al., 1999). Para determinar a uniformidade de formação de gotas, alguns parâmetros são considerados, como o diâmetro mediano volumétrico (DMV), diâmetro mediano numérico (DMN), coeficiente de homogeneidade (CH), amplitude relativa ao diâmetro de gotas do jato aplicado (SPAN) (MASSOLA et al., 2018).

O DMV é considerado o diâmetro das gotas pulverizadas, onde metade do líquido pulverizado é formado por gotas de diâmetro superior a ele e a outra metade é constituída por gotas de diâmetro inferior a ele, sendo assim é formado dois volumes idênticos. O DMN é o diâmetro de

gotas no qual metade do número de gotas produzidas obtém diâmetro maior que ele e a outra metade constituída de gotas de diâmetro menor, logo, as gotas mais finas tem maior influência no resultado final. Já o coeficiente de homogeneidade é definido como a relação entre DMV e o DMN, expressando numericamente a uniformidade de gotas aplicadas (BAESSO et al., 2014).

O índice SPAN expressa a variação do tamanho de gotas e homogeneidade de uma população de gotas, sendo que, quanto menor for o espectro de gotas menor será seu valor (SASAKI et al., 2016), ou seja, quanto mais próximo de zero estiver o valor de SPAN, mais uniforme é o espectro de gotas e maior é o volume da calda pulverizado por gotas do tamanho preconizado, aumentando assim, a eficiência e qualidade da pulverização.

Na prática, gotas menores, produzidas pelas pontas de pulverização, proporcionam, em condições adequadas, maior cobertura do alvo. Entretanto, essas mesmas gotas são mais propensas à deriva. Um espectro de gotas grossas implica em menor cobertura do alvo, menor risco de deriva, porém, com maior tendência de escorrimento da calda da superfície do alvo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compatibilidade de mistura em tanque é uma ciência complexa e desafiadora, sendo muitos os fatores que podem afetar a compatibilidade dos produtos em mistura. Por não existir um padrão definido de comportamento, se torna necessário estar atento quanto a utilização de qualquer mistura, pois um erro poderá ocasionar danos irreversíveis aos equipamentos de pulverização e as culturas, com posterior redução da produtividade. Logo, é recomendado a realização de medidas preventivas como a troca de filtros e pontas entupidadas, manutenção dos pulverizadores e o teste de jarra prévio a recomendação de misturas em calda, sendo este último de extrema importância quando se desejar aplicar qualquer mistura a uma determinada cultura, para a verificação de qualquer alteração que envolva o produto formulado, a dureza da água, o pH da calda e o volume de calda.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), ao programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (PPGF), ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (PGEAAmb) e ao Grupo de Pesquisa em Plantas Daninhas e Pesticidas no Ambiente (PDPA), pelo suporte; a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo auxílio financeiro; e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento das bolsas de estudo.

SOBRE OS AUTORES

Gabriela de Souza da Silva: Engenheira agrônoma formada pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) (2018), Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental pela UFRRJ (2021). Atualmente é doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRRJ. **Francisco Freire de Oliveira Junior:** Engenheiro agrônomo formado pela UFRRJ (2016). **Camila Ferreira de Pinho:** Engenheira agrônoma formada pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel) (2008), Mestre e Doutora em Fisiologia Vegetal pela UFPel (2010 e 2012, respectivamente). Atualmente

é professora adjunta no Departamento de Fitotecnia (IA) da UFRRJ. **Aroldo Ferreira Lopes Machado**: Engenheiro agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) (2003), Mestre e Doutor em Fitotecnia pela UFV (2005 e 2009, respectivamente). Atualmente é professor adjunto do Departamento de Fitotecnia (IA) da UFRRJ.

REFERÊNCIAS CITADAS

- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13875. **Agrotóxicos e afins - Avaliação de compatibilidade físico-química**. Rio de Janeiro, 12p. 2014.
- AENDA (Associação Brasileira dos Defensivos Genéricos). **Portaria nº 148, de 26 de dezembro de 2017**. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.aenda.org.br/wp-content/uploads/2018/06/MAPA_Port-148_CP-de-INC-para-Mistura-em-Tanque.-pdf.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2020.
- AENDA (Associação Brasileira dos Defensivos Genéricos). **Técnica e controle das misturas, 2018**. Disponível em: <https://www.aenda.org.br/artigos_post/tecnica-e-controle-das-misturas/>. Acesso em: 25 de maio de 2020.
- ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja**, v. 13, p. 299-317, 2009.
- ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; et al. Tecnologia de Aplicação: Definição e Princípios Básicos. In: ANTUNIASSI, U. R.; CARVALHO, F. K.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. **Entendendo a Tecnologia de Aplicação**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2017. p. 9-11.
- BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A.; et al. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 780-785, 2014.
- BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A. Química dos Agrotóxicos. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012.
- CAMOLESE, H. S.; BAILO, F. H. R. Deposição de calda aplicada em volume reduzido no período noturno na cultura do algodoeiro. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 34, p. 365-373, 2016.
- CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R. Espectro de gotas gerado por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 130-142, 2012.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; DAMIN, V.; et al. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. In: **Herbicidas no solo**. Piracicaba: CP, v. 2, 2008, 90p.
- CLOYD, R. A. **Pesticide Mixtures. Pesticides - Formulations, Effects, Fate, Prof. Margarita Stoytcheva (Ed.)**. InTech, 808 p., 2011.
- DAMALAS, C. A. Herbicide tank mixtures: common interactions. **International Journal Agriculture Biology**, v. 6, p. 209-212, 2004.

- DECARO JÚNIOR, S. T. Dinâmica da calda fitossanitária no reservatório do pulverizador. **Tecnologia de aplicação de caldas fitossanitárias**: Cap. 3. Jaboticabal-SP: Funep, v. 1, p. 38-56, 2019.
- DECARO JÚNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C.; LASMAR, O. Physical characteristics of oily spraying liquids and droplets formed on coffee leaves and glass surfaces. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 588-600, 2015.
- FARIAS, M. S.; SCHLOSSER, J. F.; CASALI, A. L.; et al. Qualidade da água utilizada para aplicação de agrotóxicos na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Agrarian.**, v. 7, n. 24, p. 355-359, 2014.
- GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.
- GIRARDELI, A. L. **Tipos de formulações e o que você precisa saber sobre elas**. In: Mais Soja (2020). Disponível em: < <https://maissoja.com.br/tipos-de-formulacoes-e-o-que-voce-precisa-saber-sobre-elas/>>. Acesso em: 05 de maio de 2021.
- KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 21., 1997, Caxambu. Palestras e mesas redondas...Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 61-77, 1997.
- LEAL, K. D. B.; LEOPOLDINO, R. W. D.; MARTINS, R. R.; et al. Potencial de incompatibilidade de medicamentos intravenosos em uma unidade pediátrica. **Einstein (São Paulo)**, v. 14, n. 2, p. 185-189, 2016.
- MACIEL, C. D. G. **Uso do anidrido naftálico para reduzir os efeitos fitotóxicos de herbicidas em gramíneas**. 2004. 108p. Tese (Doutorado em Agronomia - Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2004.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Portaria nº 67, de 30 de maio de 1995**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/mapa_sda/1995/prt0067_30_05_1995.html>. Acesso em: 25 de maio de 2020.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Instrução normativa MAPA nº 46, de 24 de julho de 2002**. Disponível em: <<https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro62910/instru%C3%A7%C3%A3o%20normativa%20mapa%20n%C2%BA%2046,%20de%2024-07-2002.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2020.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Instrução normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018**. Diário Oficial da União. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/07172824-instrucao-normativa-n-40-de-11-de-outubro-de-2018-regras-complementares-a-receita-agronomica-1.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2020.
- MASSOLA, M. P.; HOLTZ, V.; MARTINS, M. P. O.; et al. Spray volume distribution pattern and droplet size spectrum from ceramic nozzles. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 11, p. 804-809, 2018.

- MATUO, T.; PIO, L.C.; RAMOS, H. H.; et al. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e equipamentos e técnicas de aplicação. In: **ABEAS. Curso de proteção de plantas**, Mod. 2, especialização por tutoria à distância. Brasília: ABEAS, 2001. 71p.
- MENECHINI, W.; BERNARDI, D.; DEMARTELAERE, A. C. F.; et al. Redução do pH na calda do glifosato com uso de sais e verificar a eficiência no controle de *Bidens pilosa* L. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba-PR, v. 6, n. 7, p. 50674-50687, 2020.
- NATIONAL PESTICIDE INFORMATION CENTER (NPIC). **Pesticide Formulations (1999)**. Disponível em: <<http://npic.orst.edu/factsheets/formulations.html#:~:text=A%20pesticide%20for%20mixture%20of%20chemicals,on%20Some%20Formulation%20What%20makes%20up%20a%20formulation%3F>>. Acesso em: 05 de maio de 2021.
- PETTER, F. A.; SEGATE, D.; PACHECO, L. P.; et al. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 449-457, 2012.
- PETTER, F. A.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; et al. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, p. 129-138, 2013.
- QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.
- QUEIROZ, M. F. P.; ANTUNIASSI, U. R.; BERNA, R.; et al. Efeito de dois tipos de formulações no espectro de gotas de caldas de pulverização contendo herbicidas. In: **CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 30., 2016, Curitiba. Anais... Curitiba: Ufsc, 2016. v. 1, p. 110 - 111.
- RAKES, M.; GRÜTZMACHER, A. D.; PAZINI, J. B.; et al. Physicochemical compatibility of agrochemical mixtures in spray tanks for paddy field rice crops. **Planta Daninha**, v. 35, p. 1-6, 2018.
- RAMOS, H. H.; ARAÚJO, D. de. **Preparo da calda e sua interferência na eficácia de agrotóxicos**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/V2/index.htm>. Acesso em: 19 de março de 2021.
- RAMOS, H. H.; YANAI, K.; PINOLA, C. E.; et al. Essência. **Cultivar Máquinas**, Pelotas - RS, p. 20 - 24, 2009.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; MIRANDA, G. V.; et al. Misturas de herbicidas para o controle de plantas daninhas do gênero *Commelina*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 20, n. 2, p. 311-318, 2002.
- SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M.; MACIEL, C. F. S.; et al. Espectro das gotas produzidas por pontas de jato plano duplo defasado com indução de ar. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 3, p. 211, 2016.
- SILVA, A. A.; FREITAS, F. M.; FERREIRA, L. R.; et al. Aplicações sequenciais e épocas de aplicações de herbicidas em misturas com chlorpirifos no milho e em plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 23, n. 3, p. 527-534, 2005.
- STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecno-lógica**, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011.

- TREZZI, M. M.; FELIPPI, C. L.; NUNES, A. L.; et al. Eficácia de controle de plantas daninhas e toxicidade ao milho da mistura de foramsulfuron e iodosulfuron isoladamente ou em associação com atrazine e/ou clorpirifós. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 653-659, 2005.
- VECHIA, J. F. D.; FERREIRA, M. C.; ANDRADE, D. J. Interaction of spirodiclofen with insecticides for the control of *Brevipalpus yothersi* in citrus. **Pest Management Science**, n. 74, p. 2438–2443, 2018.
- WILLMOTT, A. L.; CLOYD, R. A.; ZHU, K. Y. Efficacy of pesticide mixtures against the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) under laboratory and greenhouse conditions. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 1, 2013.
- WOMAC, A. R.; MAYNARD II, R. A.; KIRK, I. W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transactions of the ASAE**, v. 42, n. 3, p. 609-616, 1999.

Realização:



Apoio:

