

Avaliação de compatibilidade de herbicida

Herbicide compatibility assessment

LARISSA PEREIRA DA CUNHA
Graduanda em Agronomia - UNIPAM
E-mail: larissapc@unipam.edu.br

KARLA VILAÇA MARTINS
Professor do curso Agronomia - UNIPAM
E-mail: karlavm@unipam.edu.br

Resumo: As misturas em tanque são muito utilizadas no controle de plantas daninhas, com o intuito de se aumentar o espectro de controle. Entretanto, pouco se conhece das interações que podem ocorrer devido aos diferentes tipos de formulações e produtos utilizados. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar as interações físico-químicas entre os diferentes mecanismos de ação: Inibidor PSII, Mimetizadores de Auxina, Inibidor EPSPS, Inibidor PROTOX, Inibidor ALS e Inibidor ACCase. As análises foram conduzidas em laboratório, avaliando-se os herbicidas de forma isolada e em mistura, analisando-se possíveis interações na calda. A agitação foi realizada com auxílio de um agitador magnético. As avaliações foram realizadas nas caldas após 0, 2, 12 e 24 horas. Os parâmetros de avaliação utilizados foram: pH, homogeneidade, floculação, sedimentação, separação de fases, separação óleo, formação de cristais, creme e espuma. A avaliação consistiu em observar a presença ou a ausência dos fatores e em utilizar peagâmetro para leitura de pH. Em relação aos parâmetros, foi observado, logo após o preparo de algumas misturas, a presença de sedimento, formação de cristal, cremosidade e espuma. Concluiu-se que misturas de 2.4D com imazetapir e com cletodim, logo após o preparo, e 2.4D com diurom e com Flumioxazina, 12 horas após o preparo, não são recomendáveis. Misturas de diurom com glifosato, logo após o preparo, de Imazetapir com 2.4-D e com cletodim, logo após o preparo, e com glifosato, 2 horas após o preparo, não são recomendáveis. Misturas de glifosato com diurom, imediatamente após o preparo, com imazetapir, 2 horas após o preparo, e com flumioxazina, 12 horas após o preparo, não são recomendáveis devido à formação de sedimentos.

Palavras-chave: pH. Espécie. Mecanismos. Interações.

Abstract: Tank mixtures are widely used in weed control to increase the control spectrum. However, the interactions that may occur due to the different formulations and products used are little known. In this regard, the objective of this work was to evaluate the physical-chemical interactions between the mechanisms of action: Auxin mimetics, PSII inhibitor, EPSPS inhibitor, PROTOX inhibitor, ALS inhibitor, and ACCase inhibitor. The analyses were conducted in the laboratory, evaluating the herbicides separately and mixture and analyzing possible interactions in the solution. Agitation was performed with the aid of a magnetic stirrer. The evaluations were performed on the grouts after 0, 2, 12, and 24 hours. The evaluation parameters used were: pH, homogeneity, flocculation, sedimentation, phase separation, oil separation, crystal formation, cream, and foam. The evaluation consisted in observing the presence or absence of these parameters and using a pH meter. Regarding the parameters, the presence of sediment, crystal formation, creaminess, and foam was observed soon after the preparation of some mixtures. It

was concluded that mixtures of 2.4D with imazethapyr and clethodim, soon after preparation; and mixtures of 2.4D with diuron and Flumioxazine, 12 hours after preparation, are not recommended. Mixtures of diuron with glyphosate immediately after preparation, of Imazetapir with 2.4-D and Clethodim immediately after preparation, and with glyphosate 2 hours after preparation, are not recommended. Mixtures of glyphosate with diuron immediately after preparation, with imazetapir 2 hours after preparation, and with flumioxazine 12 hours after preparation, are not recommended because of sediment formation.

Keywords: pH. Species. Mechanisms. Interactions.

1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas provocam perdas significativas na produtividade devido à competição por água, luz e nutrientes, além de dificultarem a colheita (NEPOMUCENO *et al.*, 2007). Com o aumento da população mundial, foram adotados novos métodos de controles a fim de se maximizar a produção das culturas, sendo utilizado o controle químico de plantas daninhas. O manejo com herbicidas proporciona certo ambiente propício para que as culturas se estabeleçam e tenham alto vigor e poder competitivo, dificultando o surgimento e desenvolvimento das plantas daninhas, que possuem dificuldades em estabelecer e competir com culturas que já ocupam determinado ambiente (CONSTANTIN, 2011).

Já se têm relatos de inúmeras plantas daninhas resistentes aos mecanismos de ação dos herbicidas nas últimas décadas, devido ao uso intensivo e incorreto do mesmo ingrediente ativo (MONQUERO, 2000). Outro tipo de planta resistente aos herbicidas são as de culturas transgênicas, que tornam plantas daninhas de difícil controle quando são indesejadas na área de cultivo (MONQUERO, 2005).

O controle das plantas daninhas se torna difícil devido à resistência, levando à adoção de novas técnicas para manejo eficiente, entre elas a mistura de herbicidas com diferentes mecanismos de ação (GOMES JUNIOR; CHRISTOFFOLETI, 2008). Uma mistura muito utilizada é a dos ingredientes ativos Glifosato com 2,4-D, por possuir grande controle dos biótipos de plantas daninhas que já são resistentes ao Glifosato (GANDOLFO *et al.*, 2012). O uso das misturas na calda está baseado no fato de que os ingredientes ativos controlam eficientemente os dois biótipos da mesma espécie, ou seja, o biótipo resistente a um dos herbicidas é controlado pelo outro ingrediente ativo da mistura (MONQUERO, 2000).

Misturas de tanque são associações de agroquímicos e similares realizadas no tanque do equipamento de pulverização minutos antes da aplicação da calda. Em uma mistura, o efeito dos produtos fitossanitários pode sofrer alterações de antagonismo e sinergismo, em que algum produto pode aumentar ou diminuir a eficiência de outro. A mistura ideal é aquela na qual a combinação de herbicidas promove o controle eficiente das plantas daninhas, com baixa toxicidade para as próximas culturas (RAKES, 2016).

A mistura entre produtos fitossanitários é uma prática muito desejada pelos produtores, para a diminuição de gastos e para o aumento da eficiência em aplicações (SILVA *et al.*, 2005). Estudos já realizados por Gazziero (2015) revelam que 97% dos produtores praticam a mistura de tanque, e destes, 95% fazem mistura de dois até cinco

produtos em uma mesma calda. Outro dado importante é que 72% dos produtores não recebem informações adequadas sobre mistura de tanque, e destes, 99% demonstram interesse no estudo. Para prescrever uma recomendação que tenha mistura de diferentes mecanismos, cabe por lei ao responsável técnico estar sempre atento à bula e rotulagem dos produtos (BRESSAN, 2019). A mistura de produtos em tanque é uma realidade no campo, que carece de informações em relação aos procedimentos de preparo, à sequência de adição dos produtos, aos riscos de incompatibilidades físicas e químicas e à interferência no controle fitossanitário (OLIVEIRA, 2019).

O objetivo do trabalho foi avaliar as interações físico-químicas entre os diferentes mecanismos de ação, como Inibidor PSII, Mimetizadores de Auxina, Inibidor EPSPS, Inibidor PROTOX, Inibidor ALS e Inibidor ACCase, os quais são utilizados para controle das principais plantas resistentes.

2 METODOLOGIA

2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Pesquisa em Sementes e Plantas Daninhas – CESP, do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), em Patos de Minas – MG. Foi constituído de 26 tratamentos com 3 repetições, utilizando-se os mecanismos inibidor PSII (Diurom), mimetizadores de auxina (2.4 – D), inibidor EPSPS (Glifosato), inibidor PROTOX (Flumioxazina), inibidor ALS (Imazetapir), inibidor ACCase (Cletodim) e isolados (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição dos tratamentos, UNIPAM, Patos de Minas-MG, 2021

	Ingrediente ativo (i.a)	Dose (i.a kg ha⁻¹)	Dose (L ou Kg ha⁻¹)
T1	2. 4-D	1,209 + 1,005	1,5
T2	Diurom	1,6	3,2
T3	Imazetapir	0,1	1
T4	Glifosato	0,667 + 0,555	1,5
T5	Flumioxazina	0,04	0,08
T6	Cletodim	0,096	0,4
T7	+ Diurom	1,209 + 1,005 + 1,6	1,50 + 3,20
T8	+ Imazetapir	1,209 + 1,005 + 0,1	1,50 + 1,00
T9	2.4-D + Glifosato	1,209 + 1,005 + 0,667 + 0,555	1,50 + 1,50
T10	+ Flumioxazina	1,209 + 1,005 + 0,04	1,50 + 0,08
T11	+ Cletodim	1,209 + 1,005 + 0,096	1,50 + 0,40
T12	+ 2.4-D	1,6 + 1,209 + 1,005	3,20 + 1,50
T13	+ Imazetapir	1,6 + 0,1	3,20 + 1,00
T14	Diuron + Glifosato	1,6 + 0,667 + 0,555	3,20 + 1,50
T15	+ Flumioxazina	1,6 + 0,04	3,20 + 0,08
T16	+ Cletodim	1,6 + 0,096	3,20 + 0,40
T17	+ Diurom	0,1 + 1,6	1,00 + 3,20
T18	Imazetapir + 2.4-D	0,1 + 1,209 + 1,005	1,00 + 1,50
T19	+ Flumioxazina	0,1 + 0,04	1,00 + 1,50
T20	+ Glifosato	0,1 + 0,667 + 0,555	1,00 + 1,50

T21		+ Cletodim	0,1 + 0,096	1,00 + 0,40
T22		+ 2.4-D	0,667 + 0,555 + 1,209 + 1,005	1,50 + 1,50
T23		+ Diurom	0,667 + 0,555 + 1,6	1,50 + 3,20
T24	Glifosato	+ Imazetapir	0,667 + 0,555 + 0,1	1,00 + 1,50
T25		+ Flumioxazina	0,667 + 0,555 + 0,04	1,50 + 0,08
T26		+ Cletodim	0,667 + 0,555 + 0,096	1,50 + 0,40

Fonte: dados da pesquisa.

2.2 COMPATIBILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA CALDA

As análises de compatibilidade físico-química partiram da metodologia descrita na NBR 13875 e na NBR 13074 (ABNT, 2014). Foram utilizados três béqueres de 250 mL, para cada tratamento, empregando-se água no preparo das caldas. De acordo com as doses utilizadas, a concentração dos produtos na calda foi equivalente ao volume de aplicação de 200 L ha⁻¹. As doses dos produtos foram medidas com pipetas graduadas e balança de precisão em quantidades ajustadas para o volume de 250 mL do béquer.

Os béqueres foram previamente preparados com 100 mL de água. Em seguida, os respectivos herbicidas foram adicionados, agitando-se por 2 min, com agitador magnético para homogeneização. As misturas dos produtos na calda foram feitas, considerando-se a seguinte ordem de adição para formulações líquidas: SC (suspensão concentrada), SL (concentrado solúvel) e EC (concentrado emulsionável). Posteriormente, foi completado o volume do béquer com água até a marca de 250 mL, com auxílio de uma proveta, agitando-se por mais 2min.

Em temperatura ambiente, as caldas foram submetidas a avaliações visuais e de pH, obtendo-se dados que foram disponibilizados em tabelas descritivas quanto aos aspectos de homogeneidade/heterogeneidade. Quanto à avaliação visual da mistura, os aspectos de homogeneidade/heterogeneidade foram os seguintes: floculação; sedimentação; separação de fases; formação de grumos; separação de óleo; formação de cristais; creme. As caldas foram avaliadas em quatro momentos: 1. Imediatamente após o preparo; 2. Após 2 horas em repouso; 3. Após 12 horas em repouso; 4. Após 24 horas em repouso.

Foi medido o potencial hidrogeniônico imediatamente após o preparo de cada calda e após o repouso nos demais momentos de avaliação. Para isso, foi utilizado parâmetro portátil, o qual foi previamente calibrado por meio de soluções padrão. Foram elaboradas tabelas descritivas quanto à compatibilidade físico-química (aspectos de homogeneidade/heterogeneidade) e quanto ao potencial hidrogeniônico das associações de produtos, nos quatro momentos de avaliação.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de pH foram submetidos ao teste F da análise de variância. Constatando-se significância entre eles, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de significância, com auxílio do programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2014). Para as análises visuais, foram elaboradas tabelas descritivas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH da calda é um parâmetro indicador de compatibilidade ou incompatibilidade entre produtos. Em casos de incompatibilidade, pode-se diminuir a eficiência da pulverização. De acordo com Ribeiro *et al.*, (2021), da mesma forma que caldas muito alcalinas podem ser prejudiciais, as caldas com acidez excessiva também podem ser danosas. Neste estudo, em todos os tempos de avaliação, não houve interação significativa, porém, ao se avaliarem os resultados matemáticos de cada um, verificaram-se dados considerados relevantes (Tabela 2).

Tabela 2: Valores das médias do potencial hidrogeniônico (pH) das misturas de herbicidas obtidos nos quatro tempos de avaliação, UNIPAM, Patos de Minas, 2021

Tratamentos		Potencial Hidrogeniônico (pH)			
		0 horas	2 horas	12 horas	24 horas
T1	2. 4-D	4,66	4,55	4,56	4,67
T2	Diuron	3,57	3,56	3,48	3,47
T3	Imazetapir	6,32	6,29	6,25	6,20
T4	Glifosato	4,54	4,55	4,49	4,38
T5	Flumioxazina	4,64	4,57	4,49	4,42
T6	Cletodim	3,02	2,98	2,97	2,86
T7	+ Diuron	4,66	4,55	4,56	4,67
T8	+ Imazetapir	3,57	3,56	3,48	3,47
T9	2.4-D + Glifosato	6,32	6,29	6,25	6,20
T10	+ Flumioxazina	4,54	4,55	4,49	4,38
T11	+ Cletodim	4,64	4,57	4,49	4,42
T12	+ 2.4-D	4,66	4,55	4,56	4,67
T13	+ Imazetapir	3,02	2,98	2,97	2,86
T14	Diuron + Glifosato	6,53	6,55	6,45	6,38
T15	+ Flumioxazina	6,64	6,55	6,52	6,46
T16	+ Cletodim	4,92	5,01	4,83	4,93
T17	+ Diuron	3,02	2,98	2,97	2,86
T18	+ 2.4-D	3,57	3,56	3,48	3,47
T19	Imazetapir + Flumioxazina	2,93	2,97	2,81	2,88
T20	+ Glifosato	5,10	5,23	5,04	5,11
T21	+ Cletodim	2,89	3,03	2,78	2,90
T22	+ 2.4-D	6,32	6,29	6,25	6,20
T23	+ Diuron	6,53	6,55	6,45	6,38
T24	Glifosato + Imazetapir	5,10	5,23	5,04	5,11
T25	+ Flumioxazina	6,53	6,71	6,45	6,48
T26	+ Cletodim	6,46	6,61	6,50	6,42

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Para Mendonça (2000), o conhecimento da calda de aplicação torna-se fundamental para o sucesso da pulverização agrícola, especialmente no caso da utilização de herbicidas. É importante o estudo de alguns fatores da molécula que será utilizada na calda de pulverização, assim como das características de solubilidade em água 20 °C, Kow, Pka e pressão de vapor (tabela 3). Kow indica o quanto o herbicida é

solúvel em água, Pka expressa a facilidade do herbicida com substância lipídicas/graxas e a pressão de vapor indica a volatilização de um herbicida.

Tabela 3: Propriedades dos herbicidas, UNIPAM, Patos de Minas, 2021

Herbicidas	Solubilidade em água 20°C	K _{ow}	Pka	Pressão de vapor
2,4-D	24300	1,51 x 10 ⁻⁰¹	3,4	0,009
Diuron	35,6	7,41 x 10 ⁰²	Não aplicável	1,15 x 10 ⁻⁰³
Imazetapir	1400	3,09 x 10 ⁰¹	2,1	1,33 x 10 ⁻⁰²
Glifosato (sal de isopropilamina)	11600	*	*	*
Flumioxazina	0,786	3,55 x 10 ⁰²	Não aplicável	0,32
Clethodim	5450	1,38 x 10 ⁰⁴	4,47	2,08 x 10 ⁻⁰³

Fonte: banco de dados de propriedades de pesticidas, 2021.

De acordo com Costa *et al.* (2020), pH já próximo à neutralidade possui uma maior quantidade de cátions dispersos que podem conseqüentemente se ligarem aos ativos presentes na mistura. Quando isso ocorre, pode-se levar à precipitação e acelerar a degradação do produto, diminuindo-se a quantidade de ingrediente ativo disponível e a eficácia da pulverização. Segundo Petter *et al.* (2012), pH baixo diminui a incidência de incompatibilidade das moléculas na calda, principalmente para herbicidas que requerem pH inferior, como o Glifosato.

Herbicidas ácidos, quando em solução de pH ácido, tendem a se dissociar menos, em função da predominância de neutralidade de cargas (PETTER *et al.*, 2012). Isso condiz com tratamentos em que houve a presença de imazetapir, em que o isolado obteve pH mais alcalino, mas, quando misturado com outros herbicidas de pH ácido, ele não dissociou, tornando a mistura mais ácida; entretanto, contradiz quando observamos as misturas de glifosato em relação ao isolado, em que o pH das misturas elevou-se.

Ademais, as influências intrínsecas da própria planta devem levar em consideração também as extrínsecas, como as características físicas da calda de pulverização, destacando-se a floculação, a sedimentação, a separação de fases, a formação de grumos, a separação de óleo, a formação de cristal, a consistência creme da solução e a formação de espuma (Tabela 3).

Tabela 4: Parâmetros visuais avaliados no estudo de compatibilidade das misturas de herbicidas, UNIPAM, Patos de Minas, 2021

		Imediatamente após o preparo							
Isolados		Floc*	Sed*	Sep*. Fases	Grumos	Sep*. Óleo	Form. Cristal	Creme	Espuma
T1	2,4-D	*	*	*	*	*	*	*	P
T2	Diuron	*	*	*	*	*	*	P	P
T3	Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	P
T4	Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	P
T5	Clethodim	*	*	*	*	*	*	*	P
T6	Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	P
Mistura 2,4-D									

AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE DE HERBICIDA

T7	2.4-D + Diurom	*	*	*	*	*	*	*	P
T8	2.4-D + Imazetapir	*	P	P	*	*	*	*	P
T9	2.4-D + Glifosato	*	*	*	*	*	*	*	P
T10	2.4-D + Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	P
T11	2.4-D + Cletodim	*	P	*	*	*	P	*	P
Diurom									
T12	Diurom + 2.4-D	*	*	*	*	*	*	*	P
T13	Diurom + Imazetapir	*	*	*	*	*	*	P	P
T14	Diurom + Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	P
T15	Diurom + Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	P	P
T16	Diurom + Cletodim	*	*	*	*	*	*	P	P
Imazetapir									
T17	Imazetapir + 2.4-D	*	P	P	*	*	*	*	P
T18	Imazetapir + Diurom	*	*	*	*	*	*	P	P
T19	Imazetapir+Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	P
T20	Imazetapir + Glifosato	*	*	*	*	*	*	*	P
T21	Imazetapir + Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	P
Glifosato									
T22	Glifosato + 2.4-D	*	*	*	*	*	*	*	P
T23	Glifosato + Diurom	*	P	*	*	*	*	*	P
T24	Glifosato + Imazetapir	*	*	*	*	*	*	*	P
T25	Glifosato + Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	P
T26	Glifosato + Cletodim	*	*	*	*	*	*	*	P
2 horas após o preparo									
	Isolados	Floc*	Sed*	Sep*. Fases	Grumos	Sep*. Óleo	Form. Cristal	Creme	Espuma
T1	2,4-D	*	*	*	*	*	*	*	*
T2	Diurom	*	P	*	*	*	*	P	*
T3	Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	*
T4	Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	*
T5	Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	*
T6	Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	P
Mistura 2.4-D									
T7	2.4-D + Diurom	*	*	*	*	*	*	*	*
T8	2.4-D + Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*
T9	2.4-D + Glifosato	*	*	*	*	*	*	*	*
T10	2.4-D + Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	*
T11	2.4-D + Cletodim	*	P	*	*	*	P	*	*
Diurom									
T12	Diurom + 2.4-D	*	*	*	*	*	*	*	*
T13	Diurom + Imazetapir	*	*	*	*	*	*	P	*
T14	Diurom + Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	*
T15	Diurom + Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	P
T16	Diurom + Cletodim	*	*	*	*	*	*	*	P
Imazetapir									
T17	Imazetapir + 2.4-D	*	P	*	*	*	*	*	*
T18	Imazetapir + Diurom	*	*	*	*	*	*	P	*
T19	Imazetapir+Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	*
T20	Imazetapir + Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	*

T21	Imazetapir + Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	P
Glifosato									
T22	Glifosato + 2.4-D	*	*	*	*	*	*	*	*
T23	Glifosato + Diurom	*	P	*	*	*	*	*	*
T24	Glifosato + Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*
T25	Glifosato + Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	P
T26	Glifosato + Cletodim	*	*	*	*	*	*	*	P

12 horas após o preparo

	Isolados	Floc*	Sed*	Sep*. Fases	Grumos	Sep*. Óleo	Form. Cristal	Creme	Espuma
T1	2,4-D	*	*	*	*	*	*	*	*
T2	Diurom	*	P	*	*	*	*	*	*
T3	Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	*
T4	Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	*
T5	Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	*
T6	Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*

Mistura 2.4-D

T7	2.4-D + Diurom	*	P	*	*	*	*	*	*
T8	2.4-D + Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*
T9	2.4-D + Glifosato	*	*	*	*	*	*	*	*
T10	2.4-D + Flumioxazina	*	P	*	*	*	*	*	*
T11	2.4-D + Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	*

Diurom

T12	Diurom + 2.4-D	*	P	*	*	*	*	*	*
T13	Diurom + Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*
T14	Diurom + Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	*
T15	Diurom + Flumioxazina	*	P	*	*	*	*	*	*
T16	Diurom + Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	*

Imazetapir

T17	Imazetapir + 2.4-D	*	P	*	*	*	*	*	*
T18	Imazetapir + Diurom	*	P	*	*	*	*	*	*
T19	Imazetapir+Flumioxazina	*	P	*	*	*	*	*	*
T20	Imazetapir + Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	*
T21	Imazetapir + Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	*

Glifosato

T22	Glifosato + 2.4-D	*	*	*	*	*	*	*	*
T23	Glifosato + Diurom	*	P	*	*	*	*	*	*
T24	Glifosato + Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*
T25	Glifosato + Flumioxazina	*	P	*	*	*	*	*	*
T26	Glifosato + Cletodim	*	*	*	*	*	*	*	*

24 horas após o preparo

	Isolados	Floc*	Sed*	Sep*. Fases	Grumos	Sep*. Óleo	Form. Cristal	Creme	Espuma
T1	2,4-D	*	*	*	*	*	*	*	*
T2	Diurom	*	P	*	*	*	*	*	*
T3	Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	*
T4	Flumioxazina	*	*	*	*	*	*	*	*
T5	Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	*
T6	Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*

AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE DE HERBICIDA

Mistura 2.4-D									
T7	2.4-D + Diurom	*	P	*	*	*	*	*	*
T8	2.4-D + Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*
T9	2.4-D + Glifosato	*	*	*	*	*	*	*	*
T10	2.4-D + Flumioxazina	*	P	*	*	*	*	*	*
T11	2.4-D + Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	*
Diurom									
T12	Diurom + 2.4-D	*	P	*	*	*	*	*	*
T13	Diurom + Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*
T14	Diurom + Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	*
T15	Diurom + Flumioxazina	*	P	*	*	*	*	*	*
T16	Diurom + Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	*
Imazetapir									
T17	Imazetapir + 2.4-D	*	P	*	*	*	*	*	*
T18	Imazetapir + Diurom	*	P	*	*	*	*	*	*
T19	Imazetapir+Flumioxazina	*	P	*	*	*	*	*	*
T20	Imazetapir + Glifosato	*	P	*	*	*	*	*	*
T21	Imazetapir + Cletodim	*	P	*	*	*	*	*	*
Glifosato									
T22	Glifosato + 2.4-D	*	*	*	*	*	*	*	*
T23	Glifosato + Diurom	*	P	*	*	*	*	*	*
T24	Glifosato + Imazetapir	*	P	*	*	*	*	*	*
T25	Glifosato + Flumioxazina	*	P	*	*	*	*	*	*
T26	Glifosato + Cletodim	*	*	*	*	*	*	*	*

¹ Floc = Floculação; ² Sed = Sedimentação; ³ Sep Fase = Separação de Fases; ⁴ Sep. Óleo = separação de óleo; ⁵ Form.

Crista = formação de cristal; * = Não Houve; P = Presença do parâmetro avaliado.

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Após o preparo, foi possível observar sedimentação nos isolados de glifosato (figura 1) e imazetapir (figura 2) e nos tratamentos que se obteve a mistura de 2,4-D + imazetapir (figura 3), 2.4-D + cletodim (figura 4), diurom + glifosato (figura 5) e imazetapir + cletodim (figura 6). Nas duas horas seguintes, os isolados de diurom (figura 7) e cletodim (figura 8) e a mistura imazetapir + glifosato (figura 9) apresentaram sedimentação. Em 12 horas após o preparo, todas as misturas com diurom e imazetapir, glifosato + flumioxazina (figura 10) e 2.4-D + flumioxazina (figura 11) apresentaram sedimentação, permanecendo assim até a última avaliação.

O processo de sedimentação é um fenômeno natural em líquidos que são submetidos a repouso, o que torna essencial o agitação da calda no tanque antes da pulverização, especialmente nos tratamentos que apresentaram sedimentação logo após o preparo. Segundo Petter *et al.* (2013), a existência de sedimentos no fundo do tanque do pulverizador pode resultar em menor eficácia no controle das plantas daninhas, devido à concentração desuniforme do produto na aplicação.

Houve formação de cristal na mistura 2.4-D + cletodim em duas avaliações, imediatamente (figura 4) e duas horas após a mistura (figura 12). Nas avaliações seguintes, não houve mais esse aspecto. Esse fator pode influenciar diretamente na eficiência da pulverização, uma vez que pode ocorrer o entupimento de filtros e pontas

de pulverização, rompimento de mangueiras em virtude do aumento da pressão e desuniformidade na aplicação (KISSMANN, 1998).

Na avaliação do parâmetro de cremosidade da calda, diurom + flumioxazina (figura 13) e diurom + cletodim (figura 14) apresentaram consistência creme somente logo após o preparo. O isolado diurom (figura 15) e a mistura de diurom + imazetapir (figura 16) mantiveram cremosidade até 2 horas após a mistura. Nas demais análises, tanto das misturas quanto dos isolados, não houve a presença desse parâmetro. Esse fator é importante devido aos ingredientes ativos estarem dispersos no tanque, aumentando a eficácia da pulverização. Portanto, faz-se necessário o uso de um sistema de agitação no tanque que mantenha a formulação dos produtos espalhada na calda, de forma homogênea (COSTA *et al.*, 2020).

Logo após o preparo das caldas, todos os isolados e misturas apresentaram o fator espuma; já nas 2 horas seguintes, apenas o isolado de imazetapir (figura 17) e as misturas diurom+ flumioxazina (figura 18), diurom + cletodim (figura 19), imazetapir + cletodim (figura 20), glifosato + flumioxazina (figura 21) e glifosato + cletodim (figura 22). Nas avaliações de 12 horas e 24 horas após a mistura, não ocorreu espuma. Esta é indesejada, uma vez que pode provocar extravasamento do tanque, reduzindo sua capacidade, além de desperdiçar produto e alterar a dose que foi recomendada pelo agrônomo (LOPES, 2019).

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se, com esse estudo, que não podem ser utilizadas as misturas de 2.4D com imazetapir e cletodim logo após o preparo devido à formação de sedimentos e cristais; 12 horas após o preparo, as misturas de 2.4D com diurom e Flumioxazina também não são recomendadas devido à sedimentação. As demais misturas com o 2.4D podem ser utilizadas normalmente, em todos os tempos, sem danos nas barras de pulverização.

A mistura feita de diurom com glifosato não é recomendável logo após o preparo; 12 horas, nenhuma mistura com diurom é recomendável, devido à formação de sedimentos. Já as misturas de diurom com imazetapir, flumioxazina e cletodim são mais viáveis logo após o preparo, devido à consistência creme que elas apresentam. As demais misturas são viáveis em qualquer momento de aplicação.

As misturas de imazetapir com 2.4-D e cletodim logo após o preparo e com glifosato 2 horas após o preparo tornam-se inviáveis devido à formação de sedimentos; 12 horas após, todas apresentaram sedimentação, tornando-as inviáveis. Já a mistura de imazetapir com diurom são mais viáveis imediatamente após o preparo e 2 horas após o preparo, devido à consistência creme. As demais misturas não apresentaram problemas em nenhum dos tempos de avaliações.

Já as misturas de glifosato com diurom imediatamente após o preparo, com imazetapir 2 horas após o preparo, e com flumioxazina 12 horas após o preparo são impraticáveis devido à formação de sedimentos. Sendo as demais misturas viáveis, por não apresentarem nenhum fator que possa prejudicar o processo de pulverização.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13875**. Agrotóxico: avaliação de compatibilidade físico-química. Rio de Janeiro, 2014.
- BRESSAN, M. Misturas em tanque: aspectos legais. CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE, 5., 2019, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba, 2019.
Disponível em:
<http://fitossanidade.fcav.unesp.br/seer/index.php/anaisconbraf/article/view/818/248>.
- CONSTANTIN, J. Métodos e manejos. *In*: OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22. ed. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 1-348.
- COSTA, L. L.; SANTOS, T. C. de M.; ALMEIDA, D. P.; FERREIRA, M. da C.; LEÃO-ARAÚJO, E. F.; TIMOSSI, P. C. Compatibilidade físico-química de diferentes doses e misturas de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 3, p. 713, 10 set. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v19i3.713>.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparison. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- GANDOLFO, M. A.; MORAES, E. D.; GANDOLFO, U. D.; OSIPE, J. B.; RODRIGUES, E. B.; OSIPE, R. Potencial de deriva da mistura de 2,4-D com glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 3, p. 332, 10 dez. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v11i3.192>.
- GOMES JUNIOR, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582008000400010>.
- GAZZIERO, D. L. P. **Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil**. 2014. 10 f. TCC (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. *In*: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. B (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 39-51.
- LOPES, A. F. **Uso de antiespumantes na pulverização**. 2019. Maissoja.com.br. Disponível em: <https://maissoja.com.br/uso-de-antiespumantes-na-pulverizacao/>.

MENDONÇA, C. G. **Algumas características da superfície foliar de diversas plantas daninhas monocotiledôneas**. 2000. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2000.

MONQUERO *et al.* Manejo de populações de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Plantas Daninhas**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 67-74, 24 mar. 2000.

MONQUERO, P. A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 517-531, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052005000400002>.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C.s.; PAVANI, M. C. M. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 43-50, mar. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582007000100005>.

OLIVEIRA, R. B. Misturas em tanque: aspectos agronômicos. CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE, 5., 2019, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba, 2019. Disponível em: <http://fitossanidade.fcav.unesp.br/ser/index.php/anaisconbraf/article/view/817>.

PETTER, A. F.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; NETO, F. A.; PACHECO, L. P. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 449-457, 2012.

PETTER, A. F.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; NETO, F. A.; PACHECO, L. P. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.

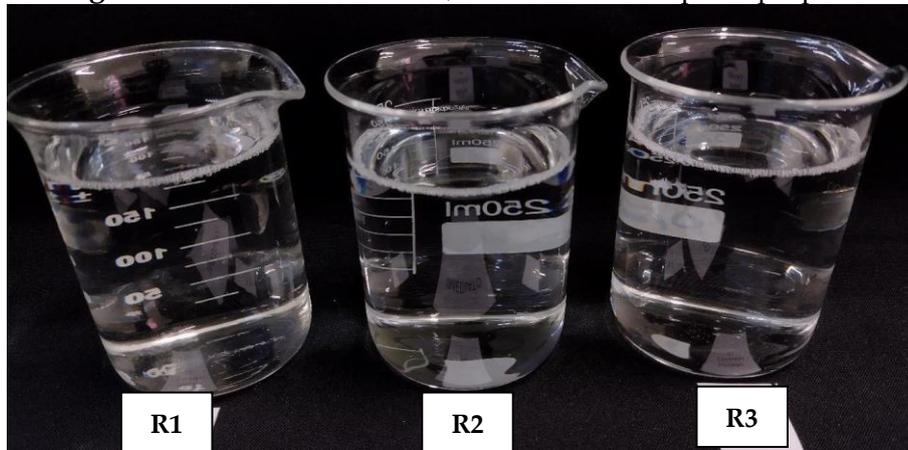
RAKES, M. *et al.* Physicochemical compatibility of agrochemical mixtures in spray tanks for paddy field rice crops. **Planta Daninha**, v. 35, p. 2017.

RIBEIRO, R. P. M. *et al.* Compatibilidade físico-química de caldas fungicidas e adjuvantes: a review. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 5, p. 1-11, 30 abr. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.36560/14520211339>.

SILVA, A. A.; FREITAS, F. M.; FERREIRA, L. R.; JAKELAITIS, A. Efeitos de mistura de herbicida com inseticida sobre a cultura do milho, as plantas daninhas e a lagarta-do-cartucho. **Planta Daninha**, v. 23, p. 517-525, 2005.

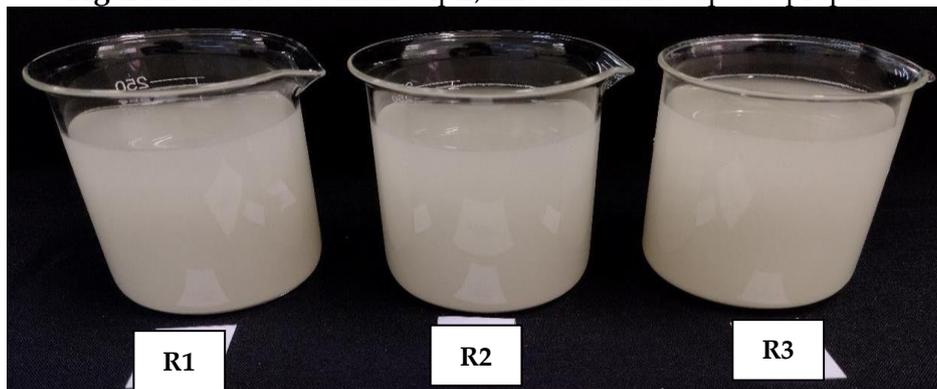
APêNDICE

Figura 1: Isolado de Glifosato, imediatamente após o preparo



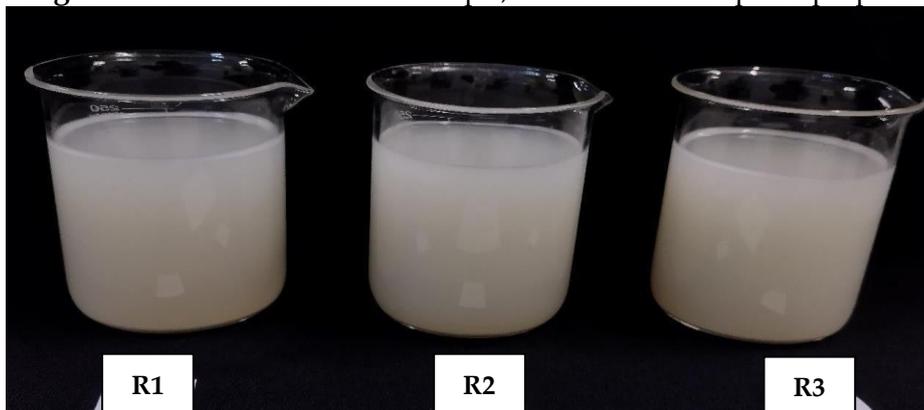
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 2: Isolado de Imazetapir, imediatamente após o preparo



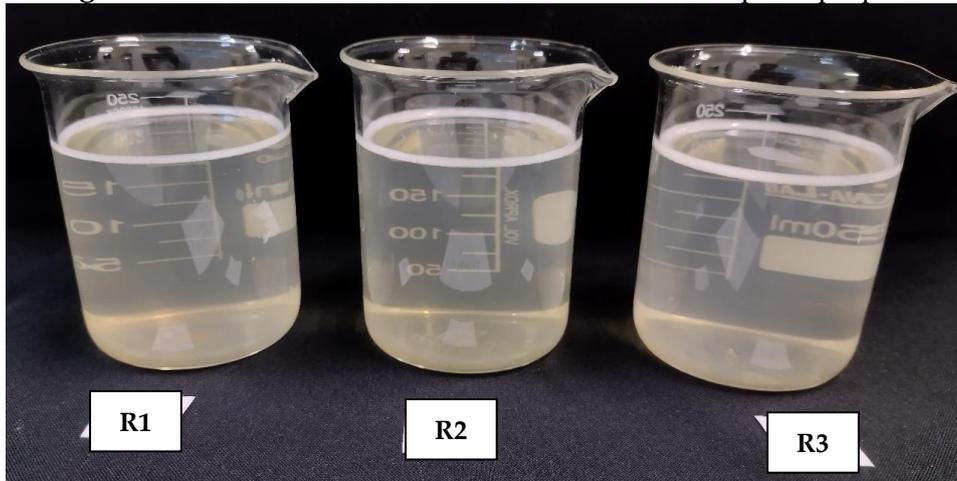
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 3: Mistura 2.4-D + Imazetapir, imediatamente após o preparo



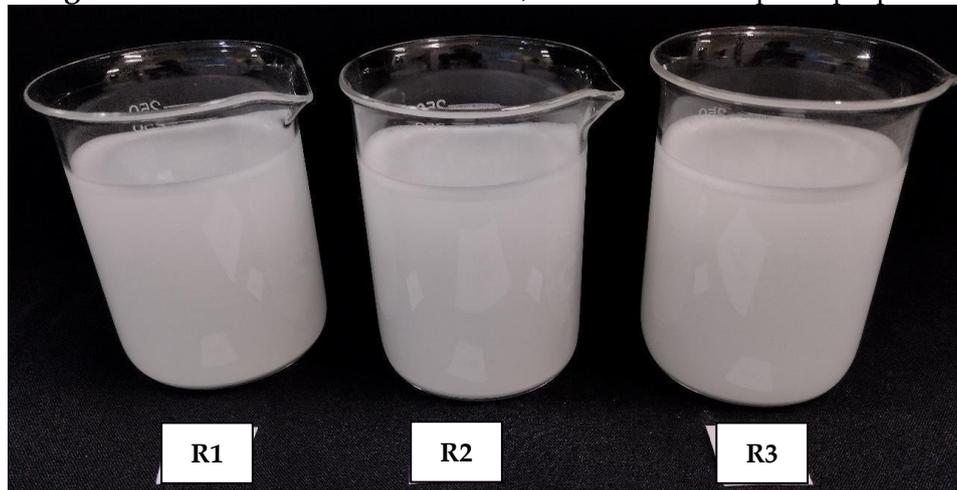
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 4: Mistura 2.4-D + Cletodim, imediatamente após o preparo



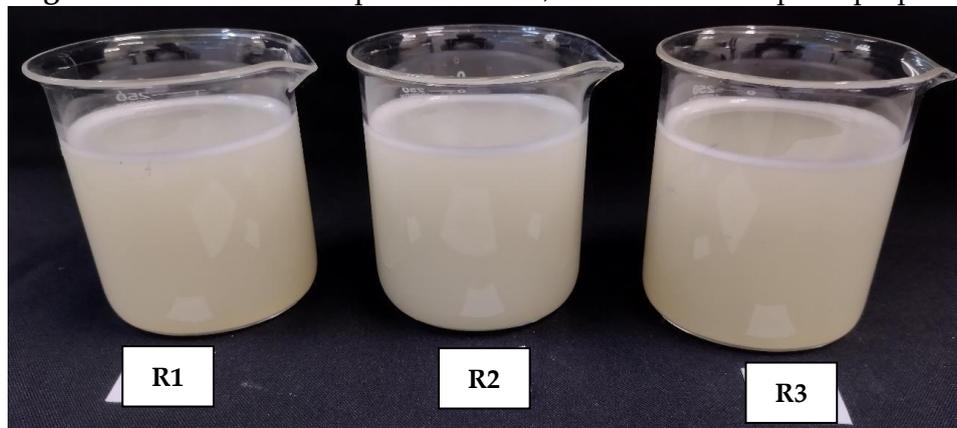
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 5: Mistura Diurom + Glifosato, imediatamente após o preparo



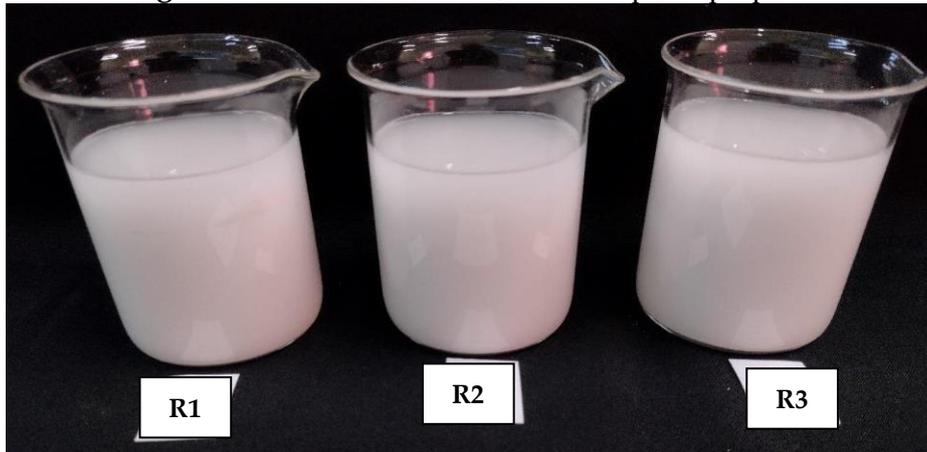
Fonte: arquivo dos autores.

Figura 6: Mistura Imazetapir + Cletodim, imediatamente após o preparo



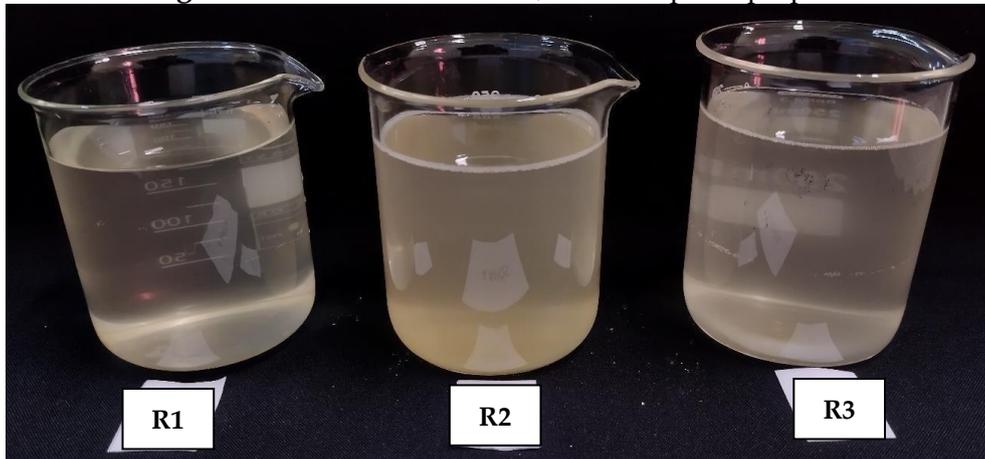
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 7: Isolado de Diurom, 2 horas após o preparo



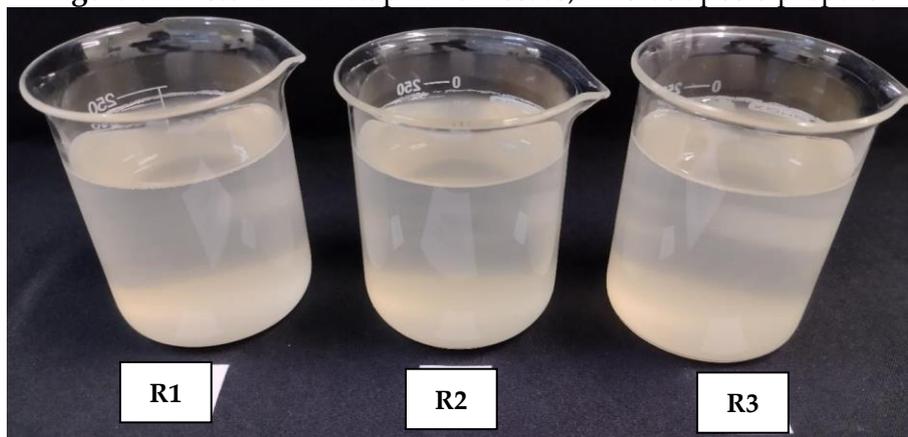
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 8: Isolado de Cletodim, 2 horas após o preparo



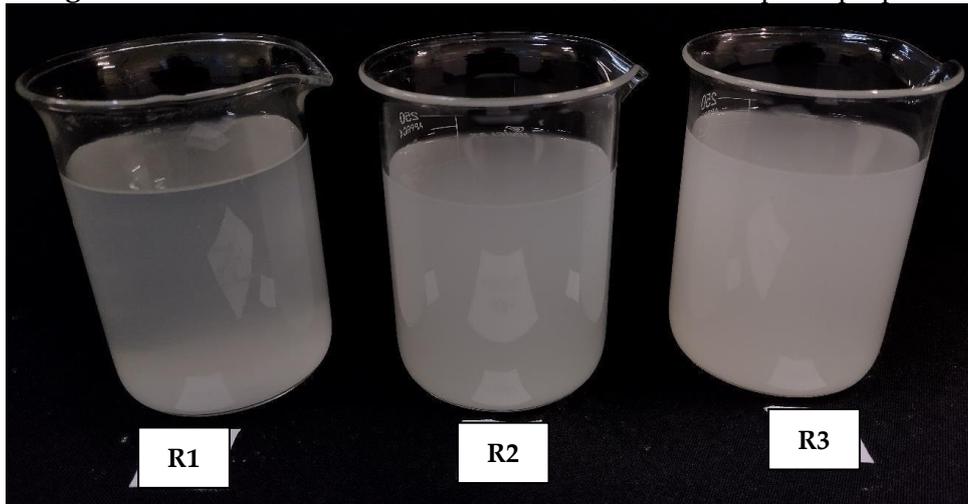
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 9: Mistura Imazetapir + Glifosato, 2 horas após o preparo



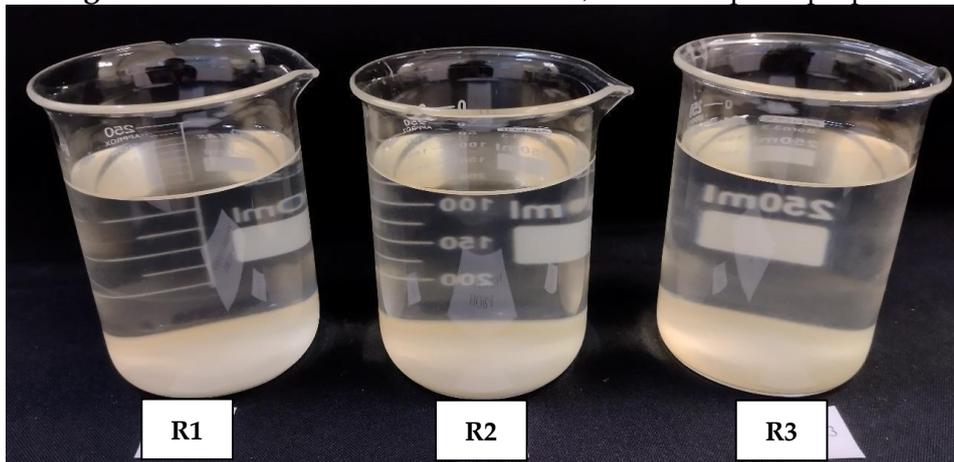
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 10: Mistura Glifosato + Flumioxazina, 12 horas após o preparo



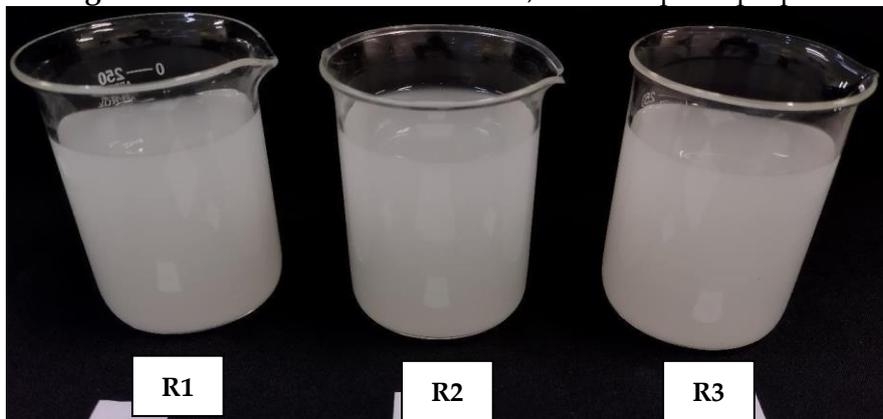
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 11: Mistura 2.4-D + Flumioxazina, 12 horas após o preparo



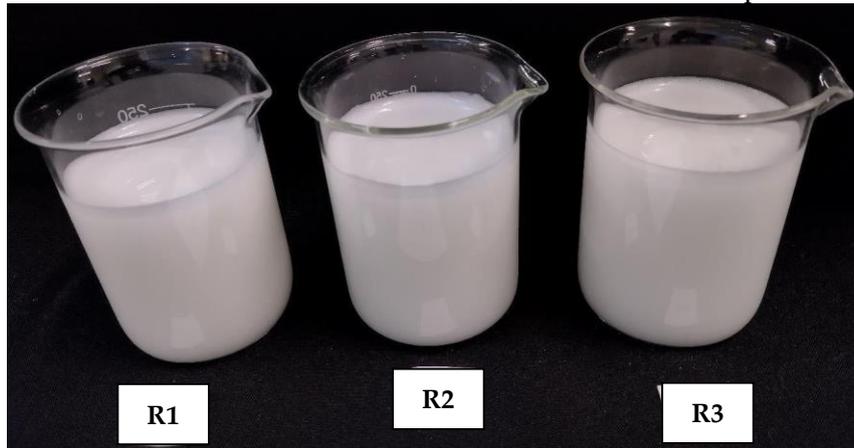
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 12: Mistura 2.4-D + Cletodim, 2 horas após o preparo



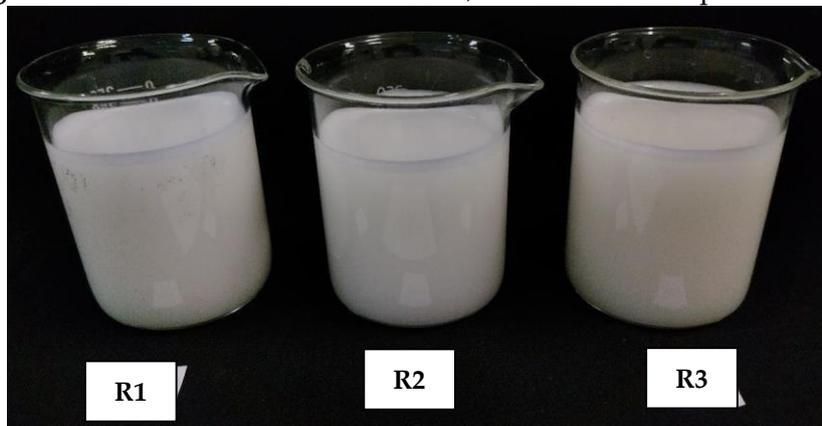
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 13: Mistura Diurom + Flumioxazina, imediatamente após a mistura



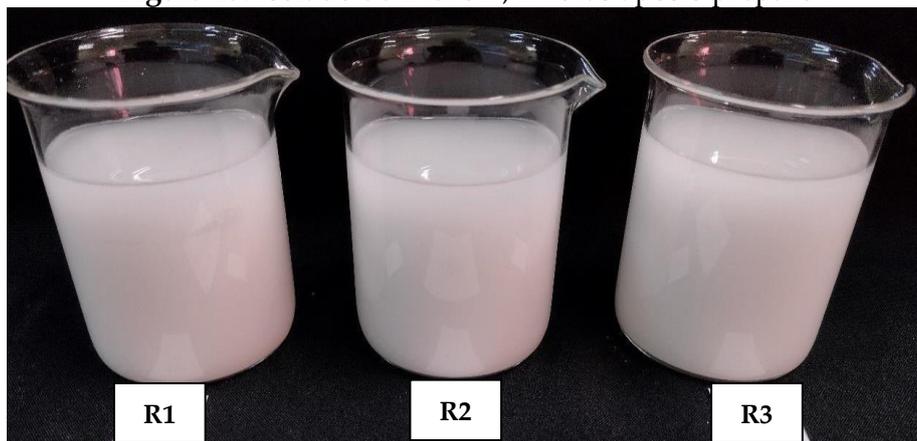
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 14: Mistura Diurom + Cletodim, imediatamente após a mistura



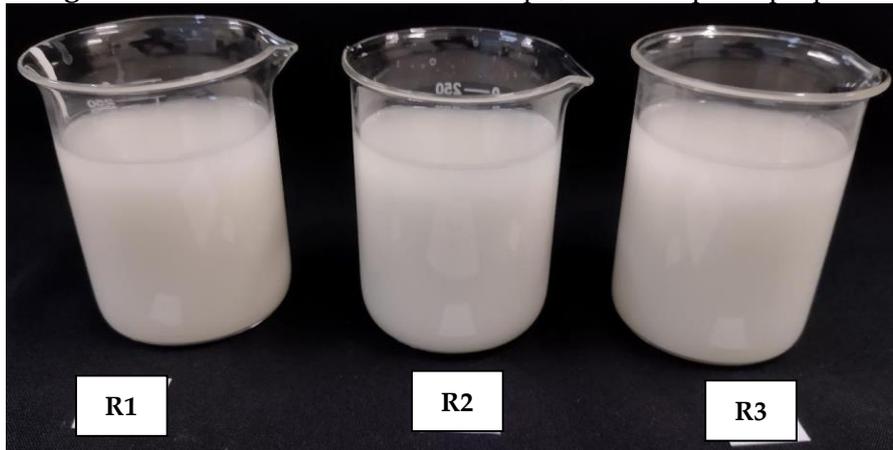
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 15: Isolado de Diurom, 2 horas após o preparo



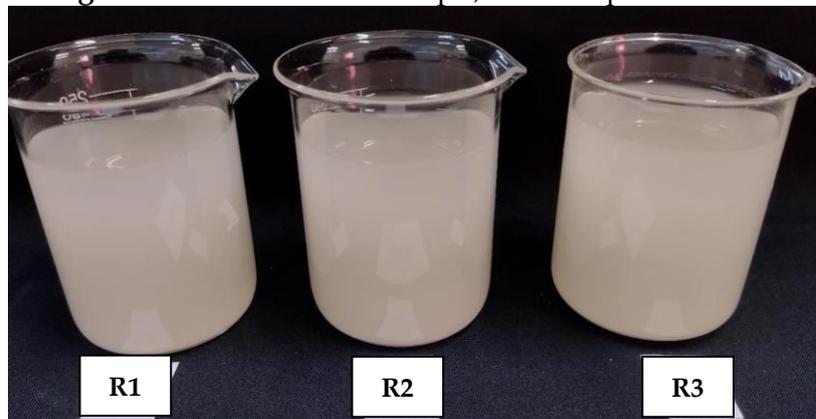
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 16: Mistura Diurom + Imazetapir, 2 horas após o preparo



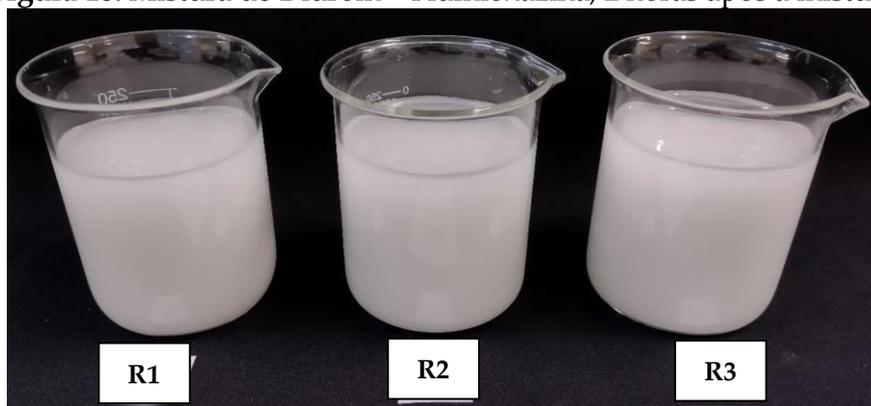
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 17: Isolado de Imazetapir, 2 horas após a mistura



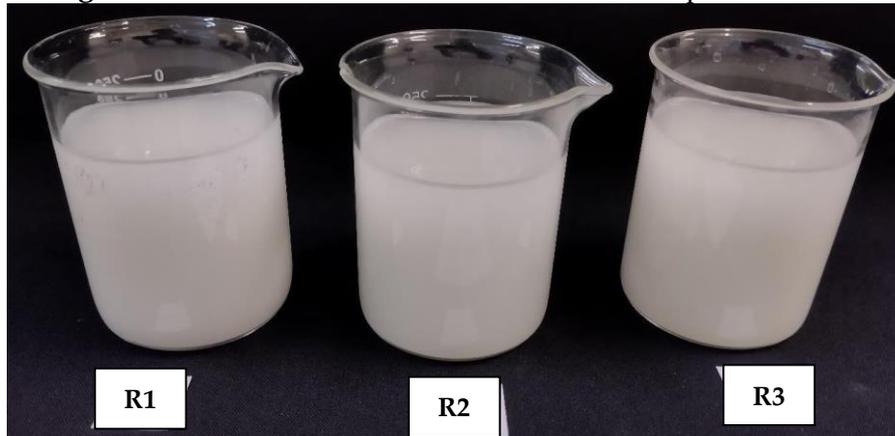
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 18: Mistura de Diurom + Flumioxazina, 2 horas após a mistura



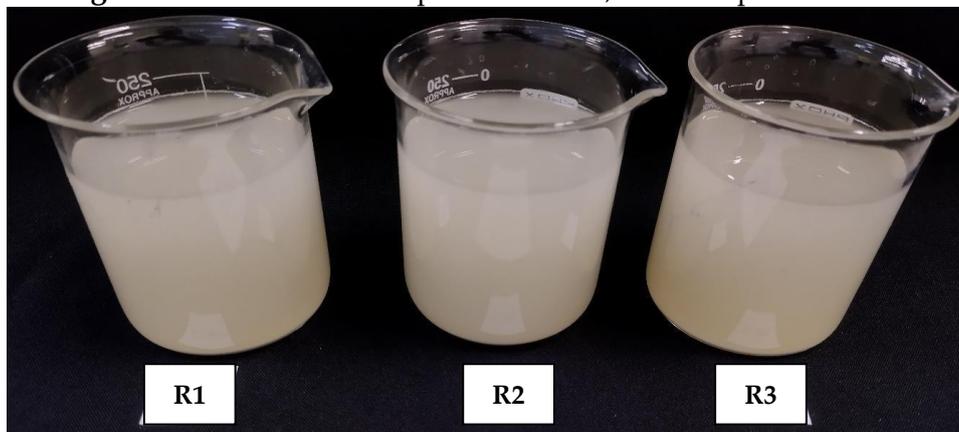
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 19: Mistura Diurom + Cletodim, 2 horas após a mistura



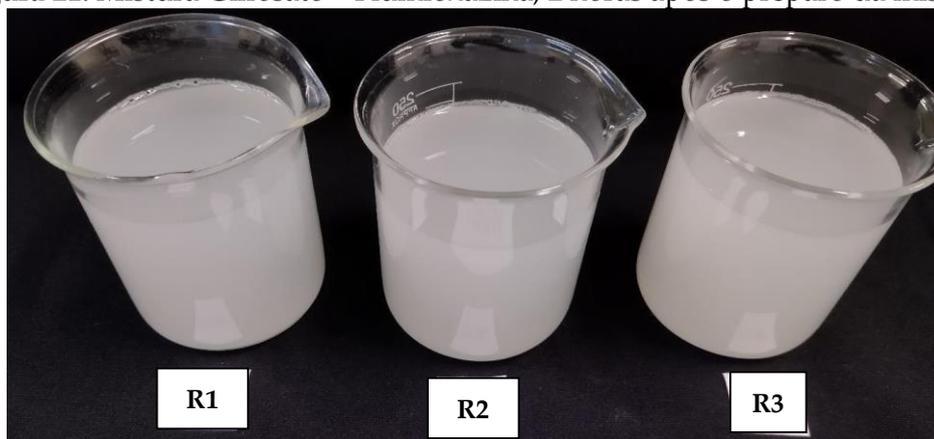
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 20: Mistura Imazetapir + Cletodim, 2 horas após a mistura



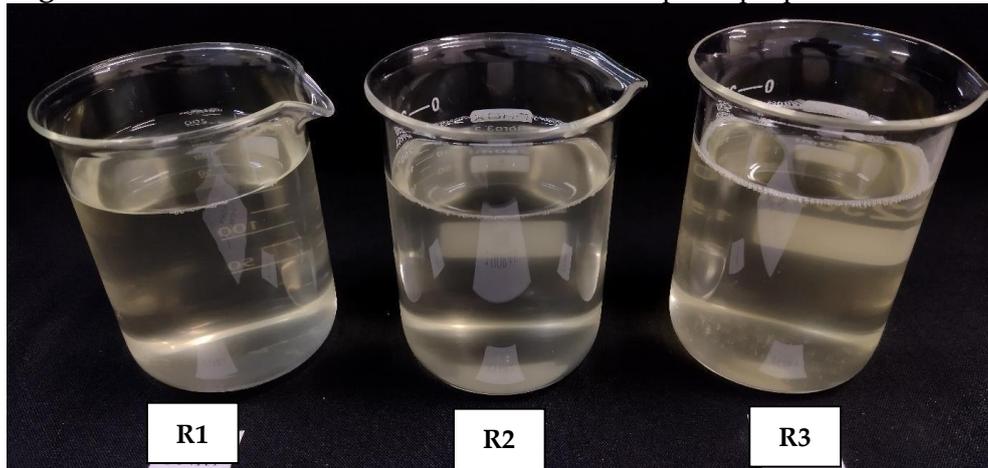
Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 21: Mistura Glifosato + Flumioxazina, 2 horas após o preparo da mistura



Fonte: arquivo dos autores, 2021.

Figura 22: Mistura Glifosato + Cletodim, 2 horas após o preparo da mistura



Fonte: arquivo dos autores, 2021.