

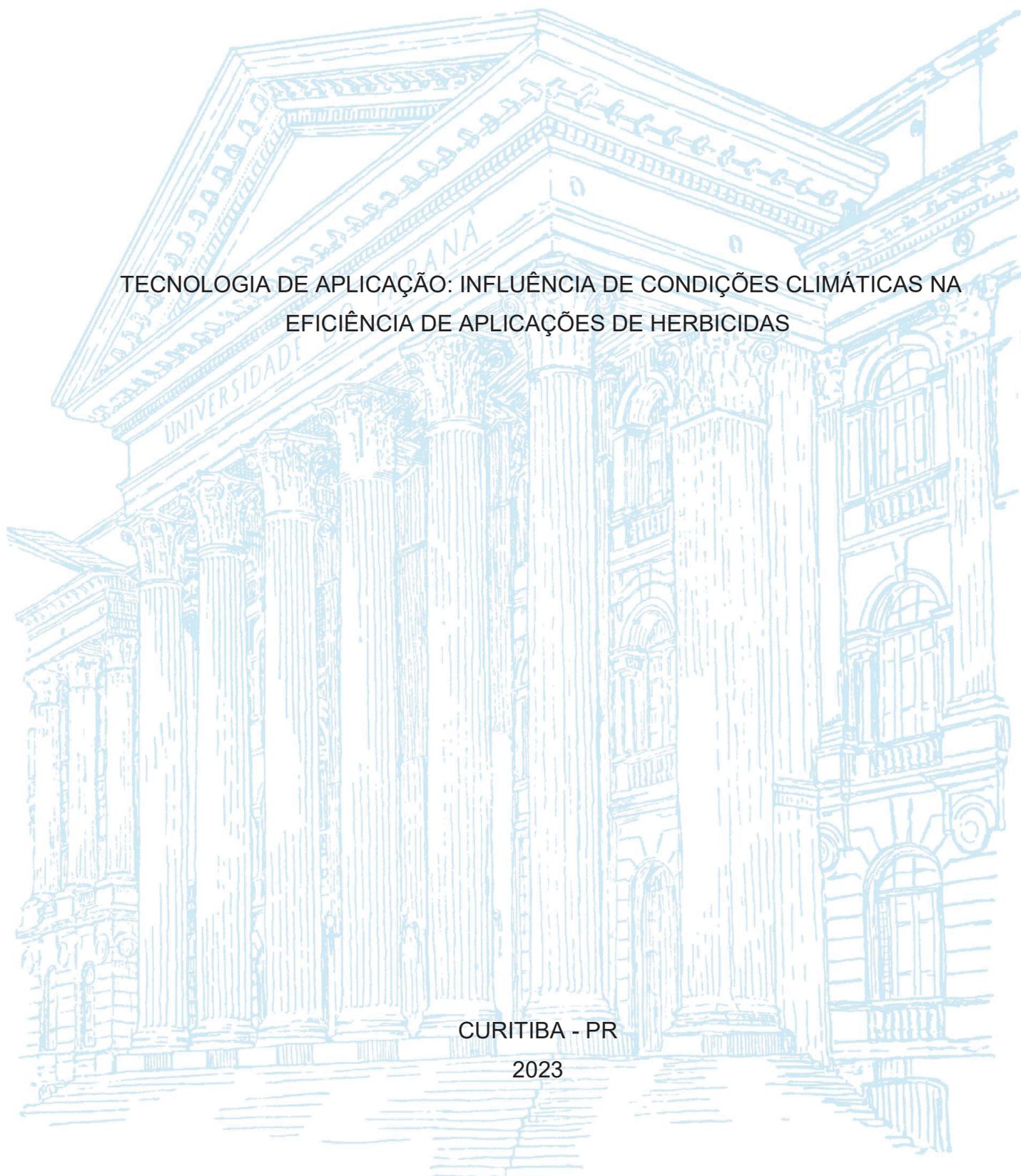
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PIETRA ORTUNHO DUARTE BAZAN

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO: INFLUÊNCIA DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA  
EFICIÊNCIA DE APLICAÇÕES DE HERBICIDAS

CURITIBA - PR

2023



PIETRA ORTUNHO DUARTE BAZAN

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO: INFLUÊNCIA DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA  
EFICIÊNCIA DE APLICAÇÕES DE HERBICIDAS

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientadora: M.Sc. Andreza Sousa Carmo

CURITIBA - PR

2023

## RESUMO

A otimização da eficiência da pulverização de herbicidas é uma preocupação constante da tecnologia de aplicação, de modo a tornar o processo mais seguro e eficaz, sem causar danos ao ambiente ou prejuízos ao produtor. As condições climáticas são fatores de grande relevância uma vez que podem favorecer as perdas do herbicida por volatilização ou deriva, reduzindo a qualidade das pulverizações, e conseqüentemente o potencial de controle das invasoras devido a menor cobertura do organismo alvo. Diante disso, o objetivo da pesquisa foi apresentar a importância de fatores climáticos na eficiência de aplicações de herbicidas, analisando o comportamento dos herbicidas quando aplicados sob condições ambientais desfavoráveis, visando auxiliar o produtor na tomada de decisão em relação às melhores condições para realizar as pulverizações. O trabalho foi baseado em um levantamento de estudos desenvolvidos e retratados em artigos, dissertações, teses, livros dentre outros trabalhos relacionados ao tema. O potencial de deriva tem influência variável de acordo com as condições climáticas (vento, temperatura, umidade do ar e precipitação), em que tais condições devem ser avaliadas em conjunto para melhor representar as condições reais de campo. Conclui-se que as condições climáticas são fatores de grande relevância para a tecnologia de aplicação, devido sua influência na eficiência da aplicação, podendo favorecer as perdas quando feita a pulverização sob condições desfavoráveis, com isso, deve-se considerar as condições climáticas precisas no planejamento de pulverização de herbicidas. Além disso, o conhecimento das condições climáticas adequadas, aliados a técnicas corretas de pulverização podem reduzir as perdas por deriva ou volatilização, como a adição de adjuvante a calda de pulverização, reduzindo as chances de ocorrência de contaminação ambiental. Ressalta-se a importância da escolha correta da ponta de pulverização, com base nos conhecimentos sobre os herbicidas, às plantas daninhas aliadas também as características climatológicas.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação 1. Deriva 2. Adjuvantes 3. Contaminação ambiental 4. Eficiência de pulverização 5.

## **ABSTRACT**

Optimizing the efficiency of herbicide spraying is a constant concern of application technology, in order to make the process safer and more effective, without causing damage to the environment or losses to the producer. Climatic conditions are factors of great relevance since they can favor herbicide losses by volatilization or drift, reducing the quality of spraying, and consequently the potential for weed control due to lower coverage of the target organism. In view of this, the objective of the research was to present the importance of climatic factors in the efficiency of herbicide applications, analyzing the behavior of herbicides when applied under unfavorable environmental conditions, aiming to assist the producer in decision making in relation to the best conditions to carry out spraying. . The work was based on a survey of studies developed and portrayed in articles, dissertations, theses, books, among other works related to the theme. The drift potential has a variable influence according to climatic conditions (wind, temperature, air humidity and precipitation), in which such conditions must be evaluated together to better represent the real field conditions. It is concluded that the climatic conditions are factors of great relevance for the application technology, due to their influence on the efficiency of the application, which may favor losses when spraying is performed under unfavorable conditions. herbicide spray planning. In addition, knowledge of the appropriate climatic conditions, combined with correct spraying techniques, can reduce losses due to drift or volatilization, such as the addition of an adjuvant to the spraying mixture, reducing the chances of environmental contamination. It emphasizes the importance of choosing the correct spray tip, based on knowledge about herbicides, weeds and also climatological characteristics.

Keywords: Application technology 1. Drift 2. Adjuvants 3. Environmental contamination 4. Spraying efficiency 5.

## SUMÁRIO

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                                      | <b>5</b>  |
| 1.1 JUSTIFICATIVA .....                                        | 6         |
| 1.2 OBJETIVOS .....                                            | 7         |
| 1.2.1 Objetivo geral .....                                     | 7         |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....                               | 7         |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                           | <b>7</b>  |
| 2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO .....                              | 7         |
| 2.2 FATORES CLIMÁTICOS E COMO AFETAM A TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO | 8         |
| 2.2.1 Vento .....                                              | 8         |
| 2.2.2 Temperatura e umidade relativa do ar .....               | 9         |
| 2.2.3 Precipitação.....                                        | 9         |
| 2.3 PERDAS.....                                                | 10        |
| 2.3.1 Deriva .....                                             | 10        |
| 2.3.2 Volatilização .....                                      | 10        |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....                                     | <b>10</b> |
| <b>4 RESULTADOS: ANÁLISE DE DADOS</b> .....                    | <b>11</b> |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                            | <b>14</b> |
| 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....                 | 14        |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                       | <b>15</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de aplicação visa desenvolver procedimentos e técnicas com segurança e eficiência para a aplicação de defensivos agrícolas sobre determinado alvo biológico, indesejável à cultura principal, sem provocar efeitos danosos ao ambiente, espécie humana e animais (SANTOS, 2005).

Planta daninha é toda e qualquer planta crescendo na área de cultivada diferente da cultura desejável (PITELLI, 1987). Seus efeitos interferem negativamente na agricultura, ocasionando perdas diretas e indiretas que podem superar as perdas por pragas e doenças (FAO, 2009), possuem alta capacidade evolutiva, grande diversidade das espécies, além de apresentar facilidade de propagação e dispersão, por isso, o manejo das invasoras deve ser realizado de forma eficiente, adotando-se os melhores métodos de controle ou a combinação deles (controle cultural, mecânico, biológico e químico) (PEREIRA et al., 2016; OLIVEIRA; FREITAS, 2008).

A produção de herbicidas tem a maior porcentagem de produção mundial entre os defensivos agrícola por sua relevância na agricultura (GRUBE et al., 2011). Os herbicidas apresentam versatilidade para várias espécies, são flexíveis quanto ao tempo de aplicação além de permitir a otimização do processo com a utilização de maquinários especializados (OLIVEIRA, 2011). No entanto, a pulverização de herbicidas depende de fatores ambientais e operacionais para a eficiência da aplicação (SANTOS et al., 2017; PEREIRA et al., 2016).

A aplicação foliar de defensivos na agricultura é um processo em que devem ser considerados alguns fatores climáticos relevantes para aumentar a eficiência das pulverizações, como a precipitação, a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento (GRANADOS BRENES, 2018). Contudo, devido ao caráter emergencial do problema, comumente as pulverizações são feitas sem a devida preocupação com os fatores que podem influenciar na qualidade e aproveitamento da aplicação, diminuindo sua eficiência técnica, econômica e ambiental (RAMOS et al., 2010; LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

A eficiência da pulverização de produtos fitossanitários pode ser interferida, significativamente, por fatores climáticos, favorecendo perdas por volatilização e deriva, reduzindo a qualidade das aplicações e o potencial de controle do produto, devido à baixa cobertura do alvo (GUTHS, 2013; LIDÓRIO, 2021). A deriva de

produtos fitossanitários é considerada um dos problemas mais relevantes para a agricultura (NUYTTENS et al., 2011), e a volatilização que consiste na evaporação do produto posteriormente a pulverização sobre o alvo, representa um processo importante no transporte de defensivos químicos para o ambiente (MUELLER, 2015; SCHREIBER et al., 2015). A contaminação ambiental é um problema de grande relevância na tecnologia de aplicação, e que necessita da otimização do processo para maior eficiência na aplicação dos herbicidas no alvo (GANDOLFO et al., 2013).

Diante disso, o conhecimento sobre a influência das condições climáticas durante as pulverizações de herbicidas pode auxiliar o produtor sobre as técnicas corretas de manejo a serem adotadas, fazendo o aproveitamento dos recursos disponíveis, visando minimizar as perdas por volatilização e deriva bem como de mitigar os danos ambientais (DE PAULA, 2021).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

As plantas daninhas possuem capacidade adaptativa elevada a diversos ambientes e condições estressantes, alta capacidade de produção e dispersão de sementes, além de eficiência em manter o banco de sementes através de mecanismos competitivos como germinação desuniforme e dormência que garantem a sobrevivência e propagação das espécies (SILVA et al., 2018). Com isso, o método de controle mais utilizado, é o controle químico, com a aplicação de herbicidas, devido sua alta eficiência e rapidez no controle das plantas infestantes, bem como baixo custo em relação a outros métodos (TIMOSSI; FREITAS, 2011; TROPALDI et al., 2018).

Em 2020, cerca de 48% das 686 toneladas de defensivos agrícolas usados nas lavouras correspondem aos herbicidas. O uso crescente de herbicidas tem provocado preocupação (IBAMA, 2021), em função do alto potencial de contaminação ambiental, quando aplicado sem considerar os fatores limitantes para a eficiência na aplicação. Como o risco de contaminação ambiental está diretamente ligado à qualidade das pulverizações na tecnologia de aplicação, necessita-se de métodos objetivos para reduzir a deriva (GIL et al., 2015).

A volatilização e deriva de herbicidas são as formas predominantes de perda de produto, representando até 90% de perdas de tudo que é aplicado. Uma vez na atmosfera, os herbicidas podem ser prejudiciais ao ambiente (SCHREIBER et al., 2013; TAYLOR; SPENCER, 1990), pois se tornam susceptíveis a processos de

transporte, retenção e transformação. Parte da capacidade expressiva destes processos está correlacionada com as características climáticas de aplicação.

Para obter maior eficiência no controle de plantas daninhas, através de aplicação de herbicidas com a correta predileção do alvo e redução de perdas para o ambiente (MONQUERO; SILVA, 2021) é fundamental o conhecimento das condições climáticas de aplicação e como elas podem interferir na eficiência da pulverização.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Apresentar a importância de fatores climáticos na eficiência de aplicações de herbicidas.

### 1.2.2 Objetivos específicos

1.2.2.1 Apresentar os principais fatores climáticos que afetam a deriva e volatilização dos herbicidas.

1.2.2.2 Auxiliar os produtores na tomada de decisão em relação às melhores condições para realizar as pulverizações.

1.2.2.3 Compreender o comportamento dos herbicidas quando aplicados sob condições ambientais desfavoráveis.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

Consiste na aplicação de conhecimentos técnicos e científicos visando proporcionar a adição de determinado produto biológico ativo no alvo com maior eficácia, de modo a evitar o uso de quantidades excessivas do produto, tornando-se uma técnica economicamente viável, e com contaminação ambiental reduzida (MATUO, 1990).

Para alcançar a eficiência máxima devem-se observar alguns fatores relevantes como o alvo, o herbicida, a cobertura das gotas, volume da calda, o equipamento, as condições climáticas, dentre outros fatores que podem influenciar a eficácia de controle das plantas daninhas (ADEGAS; GAZZIERO, 2020).

a) Alvo

O alvo é definido como um organismo vivo no qual se deseja controlar com a adoção de determinado produto fitossanitário, portanto, a eficácia da aplicação não será obtida em casos de não atingir o alvo além de ser uma perda de produto, o que reduz a eficiência da aplicação (MATUO, 1998).

#### b) Eficiência de aplicação x eficácia no controle de plantas daninhas

A eficiência de aplicação expressa à porcentagem da relação entre a quantidade de produto que atinge o alvo e a quantidade liberada pelo equipamento (CHRISTOFOLETTI, 1997). A eficiência é relativamente alta quando se trata de um alvo grande, devido ao favorecimento da retenção de produto pelo alvo (SHIRATSUCHI; FONTES, 2002). A eficácia de aplicação está relacionada com o efeito biológico do produto em função da quantidade de produto retida pelo alvo (CHRISTOFOLETTI, 1997).

## 2.2 FATORES CLIMÁTICOS E COMO AFETAM A TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

### 2.2.1 Vento

O vento é um dos principais fenômenos ambientais que influenciam na eficiência da aplicação, a forma de ação ocorre principalmente sobre as gotas, alterando seu percurso (CHRISTOFOLETTI, 1999). Para aplicações com gotas pequenas é importante ter a presença de uma leve brisa para proporcionar a translocação e retenção das gotas até o alvo (Quadro 1), uma vez que gotas pequenas não possuem energia suficiente para impactar o alvo, podendo flutuar, mover-se lentamente e dispersar-se no ambiente, ocasionando perdas (SHIRATSUCHI; FONTES, 2002).

QUADRO 1 – CONDIÇÕES DE VENTO E REMENDAÇÃO PARA PULVERIZAÇÃO

| Velocidade do ar na altura da barra | Escala de Beaufort a 10 m | Designação  | Sinais visíveis                              | Pulverização                      |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| < 2 km/h                            | Força 0                   | Calmo       | A fumaça sobe verticalmente                  | Não recomendável                  |
| 2-3,2 km/h                          | Força 1                   | Quase calmo | A fumaça é levemente inclinada.              | Não recomendável                  |
| 3,2-6,5 km/h                        | Força 2                   | Brisa leve  | As folhas oscilam. Sente-se o vento na face. | Ideal                             |
| 6,5-9,5 km/h                        | Força 3                   | Vento leve  | Folhas e ramos finos em agitação constante.  | Evitar pulverização de herbicidas |

|               |         |                |                                                               |                  |
|---------------|---------|----------------|---------------------------------------------------------------|------------------|
| 9,6-14,5 km/h | Força 4 | Vento moderado | Movem-se os galhos. Poeira e pedaços de papel são levantados. | Não recomendável |
|---------------|---------|----------------|---------------------------------------------------------------|------------------|

FONTE: Adaptado Matuo (1998).

### 2.2.2 Temperatura e umidade relativa do ar

Temperatura entre 15 e 25°C e umidade relativa superior a 80% proporcionam maior absorção e translocação de herbicidas devido ao aumento de hidratação cuticular da folha (VIDAL, 2002). No entanto, no período da manhã, durante a ocorrência de orvalho, o excesso de umidade na folha pode causar a diluição do herbicida, favorecendo as perdas da calda de pulverização (CACERES, 2020), portanto, é recomendável a realização da pulverização após a redução da umidade na folha.

Gotas pequenas pulverizadas em condições de altas temperaturas e umidade relativa do ar reduzida podem evaporar com rapidez, sem ser absorvido pelo alvo, aumentando as perdas por volatilização (DUNCAN, 2018). Gotas grandes podem escorrer pela superfície da folha antes da absorção do produto pelo alvo (BAESSO et al., 2014).

### 2.2.3 Precipitação

O controle de plantas daninhas pode ser comprometido com a ocorrência de chuvas após a pulverização, especialmente, em aplicações em períodos com maior intensidade pluviométrica. Com isso, a eficácia da aplicação pode ser afetada pelo intervalo de tempo entre a aplicação e a ocorrência de chuvas, a quantidade e a intensidade de precipitação (BEHRENS; ELAKKAD, 1983; HAMMERTON, 1967; ANDERSON; ARNOLD, 1984; SOUZA et al., 2013).

A precipitação é um fator de grande relevância para a tecnologia de aplicação, uma vez que favorece a lixiviação do produto das folhas, aumentando as perdas da calda de pulverização (SHIRATSUCHI; FONTES, 2002). Diante disso, destaca-se a necessidade do conhecimento sobre aspectos como tempo mínimo de absorção e translocação do produto para que seja estimado o intervalo entre a aplicação e a ocorrência de chuvas sem que haja aumento nas perdas do produto

por escorrimento ou lixiviação, visto que defensivos em geral requerem um tempo mínimo para que sejam absorvidos pelo alvo (CONTIERO et al., 2018).

Em produtos com baixo coeficiente de partição baixo (octanol/água), como é o caso do glyphosate, demonstra que a molécula tem alta afinidade por água e baixa por substâncias graxas, sendo este um dos principais motivos da lenta absorção, com isso, a pulverização em épocas chuvosas trás altos riscos de perda da calda, sendo recomendado um período mínimo de seis horas sem precipitação após a aplicação (KRUSE et al., 2000).

## 2.3 PERDAS

É determinado como perda todo o material aplicado que não atinge ou não é absorvido pelo alvo, sendo calculada através da quantidade de produto na qual foi emitida pela máquina e é expressa em percentual (CONTIERO et al., 2018).

### 2.3.1 Deriva

Um dos problemas mais relevantes da agricultura moderna é a perda de defensivos agrícolas por meio da deriva, além de favorecer a contaminação ambiental, a deriva reduz a eficácia da aplicação e conseqüentemente a eficiência de controle provocado pela perda de produto e diminuição da dose destinada para o alvo (BELO et al., 2012).

Define-se a deriva como a quantidade de produto fitossanitário em que é transportado pelo vento no momento da aplicação para uma área diferente daquela na qual se deseja realizar o controle do alvo (ISO, 2005).

### 2.3.2 Volatilização

O processo de volatilização pode ser um fator causador de deriva, uma vez que transformado em vapor, as moléculas do produto podem ser transportadas pelo vento, podendo provocar danos em cultivos próximos à área de aplicação, reduzindo a eficiência no controle das plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI et al., 2009; CARVALHO, 2013).

## 3 METODOLOGIA

A pesquisa compreende uma revisão bibliográfica, na qual é baseada em um levantamento de estudos desenvolvidos e retratados em artigos, dissertações, teses, livros dentre outros trabalhos relacionados ao tema abordado, e apresentados de maneira sistemática e padronizada, correlacionando as informações com os resultados e conclusões obtidas (DE MATTOS et al., 2017).

A pesquisa foi baseada em livros, dissertações, teses e artigos científicos conceituados sobre o tema abordado. Portanto, após a leitura dos trabalhos fez-se a interpretação dos principais dados encontrados.

#### **4 RESULTADOS: ANÁLISE DE DADOS**

A importância do controle de deriva se dá pela exposição potencial de organismos não-alvos ou a deposição em áreas diferentes das de interesse, tornando-se possível a ocorrência de danos aos organismos em caso de alta sensibilidade ao produto (WANG et al., 2022).

O potencial de deriva pode ter influência variável por condições meteorológicas, como as características do vento durante a pulverização (GIL et al., 2015). Em um ensaio com testes de bancadas, Gil et al. (2015), avaliando diferentes velocidades e direções do vento obtiveram resultados nos quais indicam que o valor do potencial de deriva não teve efeitos significativos quando a condução dos testes ocorreram com velocidade média de vento inferior a  $1 \text{ ms}^{-1}$ , diferindo parcialmente das recomendações de velocidade do vento ideais para pulverização de Matuo (1998) que estão entre 0,88 até  $1,8 \text{ ms}^{-1}$ . O limite máximo recomendado pela ISO (2014) para a velocidade do vento é de  $0,5 \text{ ms}^{-1}$ .

Costa et al. (2007), avaliando o efeito de pontas de pulverização, pressão e intensidade do vento na deriva, observaram que a deriva foi favorecida em condições de maior intensidade de vento, uma alternativa para controle de deriva evidenciada no experimento pode ser a redução da pressão, no entanto, os resultados mostraram que a seleção do tipo de ponta a ser utilizada pode ser mais eficiente, visto que somente a ponta de jato cônico apresentou suscetibilidade ao aumento da deriva, isso ocorre pela produção de gotas de menor tamanho, em relação aos demais modelos utilizados no experimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Wang et al. (2023) em um estudo com bancada de testes de campo avaliando a deriva por meio da pulverização aérea não tripulada, em que

maior velocidade de vento aliado a gotas mais finas apresentaram incremento na deriva. Corroborando com Duncan (2018), em que descreveu que gotas menores são mais suscetíveis a perdas.

As condições meteorológicas relacionadas à umidade e temperatura do ar também estão diretamente relacionadas à eficácia da tecnologia de aplicação, uma vez que o metabolismo das plantas pode ser afetado pela temperatura e umidade relativa do ar, de modo a causar alterações na transpiração e condutância estomática, afetando diretamente a absorção dos herbicidas sistêmicos (CARVALHO, 2013). Além de serem fatores importantes na determinação da deriva (DE PAULA et al., 2021). O metabolismo das plantas é reduzido em condições de temperaturas abaixo de 10°C e acima de 25°C, podendo causar interferências no comportamento de determinados herbicidas, provocando reduções no poder de ação do produto e conseqüentemente diminuindo o controle de plantas daninhas (PENCKOWSKI, et al., 2003).

Mallmann et al. (2021), avaliando diferentes horários de aplicação de herbicidas (07:00 e 10:00 horas) reportaram que a eficiência no controle de plantas daninhas foi superior no horário de pulverização de 10 horas, as condições climáticas no horário da pulverização eram de 22,5°C e 85% de umidade, estando em conformidade com Voll et al. (2021) em que afirmam que condições de temperatura e umidade do ar (> 30° e UR <55%) podem favorecer as perdas.

Muller e Steckel (2019) ao avaliar a volatilização do herbicida Dicamba em diferentes temperaturas, observaram que as concentrações do Dicamba no ar aumentaram consideravelmente em temperaturas mais altas, estando mais propícia a volatilização, e quando as pulverizações foram feitas em temperaturas inferiores a 20° C não houve diferença nas concentrações. Para Paixão (2016), em condições de temperatura superior a 25° C e umidade relativa do ar abaixo de 60% a pulverização com gotas finas pode promover maior deriva ou volatilização.

Com relação a influência da precipitação na aplicação de herbicidas, Pedrinho Júnior et al. (2002), em um estudo avaliando diferentes formulações de gliosato (SAqC (1,0 L ha<sup>-1</sup>), GrDA (0,5 kg ha<sup>-1</sup>), SAqC Transorb (0,75 L ha<sup>-1</sup>), mais o sulfosate SAqC (1,09 L ha<sup>-1</sup>)) e intervalos sem chuva após a pulverização (1, 2, 4, 6 e > 48 horas; e a testemunha: não recebeu chuva simulada) em dois períodos: inverno e verão. A chuva simulada apresentou efeito negativo na ação dos herbicidas, em ambos os períodos, especialmente nos menores intervalos avaliados.

Para a formulação SAqC Transorb, na qual é comercializada como não sendo afetada pela chuva no intervalo de 1 hora após a aplicação, apresentou efeito discrepante, em que apresentou baixo desempenho para períodos de até seis horas de intervalo sem chuva.

Novais et al. (2022), em um estudo sobre o potencial de lixiviação do pyroxasulfone isolado e associado ao flumioxazin sob diferentes lâminas de chuva simulada (0, 30, 60 e 90 mm) verificaram que a lâmina de 90 mm apresentou maior lixiviação, além de que o aumento da lâmina de irrigação favoreceu o movimento vertical do pyroxasulfone e pyroxasulfone + flumioxazin, atingindo profundidades de até 25 cm.

Junior et al. (2023), em sua pesquisa a fim de avaliar a lixiviação de atrazina na cultura do milho durante alta intensidade de chuva verificaram que nas condições climáticas extremas em que o experimento foi conduzido à pulverização de atrazina pode favorecer a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Dos Santos Neto et al. (2022), avaliando efeitos deletérios no intervalo de tempo entre o horário de aplicação de herbicidas e a ocorrência de chuva, visando a possibilidade de mitigação dos efeitos pela ação de adjuvantes, concluíram que o controle de *Urochloa plantaginea* e *Ambrosia artemisiifolia* não foi influenciado pela chuva simulada. No entanto, o uso de adjuvante Assist®, favoreceu o controle de *Euphorbia heterophylla* com a simulação de chuva aplicadas de 01:30 e 3:00 horas após a aplicação.

A interferência das condições climáticas no momento da aplicação dos herbicidas pode favorecer as perdas econômicas pela deriva e volatilização, aumentando custos com mão de obra e maquinário como também favorece a contaminação ambiental (NIEWEGLOWSKI FILHO, 2014; ULISSES, 2020).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e o vento são fatores de grande relevância para a tecnologia de aplicação, devido sua influência na eficiência da aplicação, favorecendo as perdas quando feita a pulverização sob condições desfavoráveis, com isso, destaca-se a relevância de considerar as condições climáticas precisas no planejamento de pulverização de herbicidas.

O conhecimento das condições climáticas adequadas, aliados a técnicas de pulverização corretas podem reduzir as perdas por deriva ou volatilização, como a adição de adjuvante a calda de pulverização, reduzindo as chances de ocorrência de contaminação ambiental.

Ressalta-se a importância da escolha correta da ponta de pulverização, com base nos conhecimentos sobre os herbicidas, às plantas daninhas aliadas também as características climatológicas.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nota-se a necessidade de trabalhos mais objetivos e práticos (em condições de campo) avaliando os efeitos das condições climáticas na eficiência de aplicação de herbicida e controle de plantas daninhas.

Estudos que ressaltem o destino dos herbicidas após a deriva ou volatilização, ou até lixiviação sob efeito das chuvas também são escassos, e, portanto, necessários.

## REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, Cap. 12, p. 281-292, 2020.
- ANDERSON, M. D.; ARNOLD, W. E. Weed control in sunflowers (*Helianthus annuus*) with desmediphan and phenmediphan. **Weed Sci.**, v. 32, n. 3, p. 310-314, 1984.
- BAESSO, M. M. et al. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 780-785, 2014.
- BEHRENS, R.; ELAKKAD, M. A. Influence of rainfall on the phytotoxicity of foliarly applied 2,4-D. **Weed Sci.**, v. 29, n. 3, p. 342-355, 1983.
- BELO, M. S. D. S. P.; PIGNATI, W.; DE CARVALHO; D. E. F. G.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do Estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. **Revista Brasileira Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 78-88, 2012.
- CÁCERES, N. T. Aplicação foliar de herbicidas: exigências climáticas e fisiológicas da planta. **Scot consultoria**, 2020. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2023.
- CARVALHO, L. B. **Herbicidas**. 1º edição. Lages, SC: Edição do Autor, 2013. 72p.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. **Piracicaba: CP**, v. 2, p. 72, 2009.
- CHRISTOFFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South America, 1999. 15 p. (Boletim técnico, 4).
- CHRISTOFFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Diadema: Spray Systems do Brasil, 1997. 14 p.
- CONTIERO, R. L., BIFFE, D. F., CATAPAN, V. Tecnologia de aplicação. **BRANDÃO FILHO, JUT; FREITAS, PSL; BERIAN, LOS; GOTO, R.. Hortaliças-frutos**. Maringá: Eduem, p. 401-449, 2018.
- COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta daninha**, v. 25, p. 203-210, 2007.
- DE MATTOS, M. G., JÚNIOR, A. J. R., RABINOVICH, S. B. **Metodologia da pesquisa em educação física: construindo sua monografia, artigos e projetos**. Phorte Editora, 2017.

DE PAULA, D. F. et al. TÉCNICAS PARA EVITAR A DERIVA E VOLATILIZAÇÃO DE HERBICIDAS. **Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e Ciências Ambientais 2** . Capítulo 10. 2021.

DOS SANTOS NETO, J. C. et al. **Ação de adjuvantes em herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura da soja submetida a simulação de chuva após diferentes horários de aplicação**. I Encontro Sul-Brasileiro de Fitossanidade. 2022.

DUNCAN, C. Factors affecting herbicide performance. *Herbicide Information*. **Techline Invasive Plant News**, 2018. Disponível em: <https://update-techline.squarespace.com/herbicides/herbicideperformance>. Acesso em: 12 jan. 2023.

FAO. **The lurking menace of weeds: Farmer's enemy No. 1**. 2009. Disponível em: <https://www.fao.org/news/story/en/item/29402/icode/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GANDOLFO, M. A.; CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F.K.; GANDOLFO, U.D.; MORAES, E. D. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes na deriva em caldas com glyphosate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 474-480, 2013.

GIL, E. et al. Influence of wind velocity and wind direction on measurements of spray drift potential of boom sprayers using drift test bench. **Agricultural and forest Meteorology**, v. 202, p. 94-101, 2015.

GRANADOS BRENES, Eduardo. **Resíduos de fungicidas em folhas de café, submetidos à precipitação pluviométrica, no controle da ferrugem**. 2018. 57 f. Dissertação de mestrado (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. 2018.

GRUBE, A. et al. **Vendas e uso da indústria de pesticidas: estimativas de mercado para 2006 e 2007**. Ambiente dos EUA. Prot. Agência, pp. 1 – 41, 2011.

HAMMERTON, J. L. Environmental factors and susceptibility to herbicides. **Weeds**, v. 15, n. 4, p. 330-336, 1967.

IBAMA. **Relatório de Comercialização de Agrotóxicos**. [s. l.], 2021. Disponível em: [http://ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/2022/2022-08-05\\_Producao\\_importacao\\_exportacao\\_vendas\\_2020.xls](http://ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/2022/2022-08-05_Producao_importacao_exportacao_vendas_2020.xls). Acesso em: 26 jan. 2023.

ISO. ISO 22866. **Norma Internacional** – Equipamentos de Proteção de Culturas – Métodos para Medição de Deriva de Pulverização em Campo. Genebra, Suíça (2005).

ISO. **ISO DIS 22401**. Equipment for Crop Protection – Method for Measurement of Potential Drift Potential from Horizontal Boom Sprayer Systems by the Use of a Test Bench. Geneva, Switzerland [Approved in November 2014].

JUNIOR, A. C. G. et al. Atrazine fate in Rhodic Ferralsol grown with corn under high-intensity rainfall conditions. **Agricultural Water Management**, v. 276, p. 108065, 2023.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **R. Bras. Herbic.**, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.

LIDÓRIO, H. F. **Estimativa do impacto das perdas devido ao uso inadequado da tecnologia de aplicação no manejo fitossanitário da cultura da soja**. 2021. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2021.

LOPES, C. V. A., ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.

MALLMANN, B. et al. Aplicação de herbicida em diferentes volumes e horários no controle de plantas daninhas. **Global Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 21-27, 2021.

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: TECNOLOGIA E SEGURANÇA NA APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: NOVAS TECNOLOGIAS, 2., 1998, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p.95-101.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1990.

MONQUERO, Patrícia Andrea; SILVA, P. V. Comportamento de herbicidas no ambiente. **Matologia: Estudos sobre Plantas Daninhas**, p. 253-294, 2021.

MUELLER, T. C. Methods to measure herbicide volatility. **Weed Science**, v. 63, n. sp1, p. 116-120, 2015.

MUELLER, T. C., STECKEL, L. E. Dicamba volatility in humidomes as affected by temperature and herbicide treatment. **Weed Technology**, v. 33, n. 4, p. 541-546, 2019.

NIEWEGLOWSKI FILHO, M.; et al. Controle químico de plantas daninhas utilizando diferentes pontas de pulverização. **Scientia Agraria**, v.15, n.1, p.33-37, 2014.

NOVAIS, J. R. et al. Potencial de lixiviação de pyroxasulfone e pyroxasulfone+ flumioxazin em solo submetidos à diferentes simulações de precipitação. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 2800-2812, 2022.

NUYTTENS, D. et al. Drift from field crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study. **Transactions of the ASABE**, v.54, p.403-408, 2011.

OLIVEIRA, A. R., FREITAS, S. P. Phyto-sociological survey of weed in sugarcane crop areas. **Planta Daninha**, v. 26, p. 33-46, 2008.

OLIVEIRA, R. S. Introdução ao Controle Químico. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e Manejo das plantas Daninhas**, 2011, p. 125–140.

PAIXÃO, G. P. D. **Caracterização de pulverizadores para aplicação de defensivos agrícolas na cultura do café**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2016.

Pedrinho Júnior, A. F. F., Martini, G., Felici, G. V., Piva, F. M., & Durigan, J. C. Momento da chuva após a aplicação e a eficácia dos herbicidas sulfosate e glyphosate aplicados em diferentes formulações. **Planta Daninha**, v. 20, p. 115-123, 2002.

PENCKOWSKI, L. H., PODOLAN, M. J., LOPEZ, R. F. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura de trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 435-442, 2003.

PEREIRA, F. A. R.. et al. **Controle de plantas daninhas em pastagens**. Embrapa Gado de Corte, v. Documentos, p. 26, 2016.

PITELLI, R.A. **Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas**. Série Técnica IPEF, v. 4, p.1-24, 1987.

RAMOS, H. et al. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. São Paulo: ANDEF, 2010.

SANTOS, C. A. M. et al. Regulagem, manutenção e calibração de pulverizadores agrícolas. In: CASTILHO, R. C.; BARILLI, D. R.; TRUZI, C. C. (Org.). **Tópicos em Entomologia Agrícola** - X. 1. ed. Jaboticabal - SP: Gráfica Multipress Ltda., 2017, p. 179-190.

SANTOS, J. M. F. Aspectos críticos na aplicação de defensivos agrícolas. In: **Anais...XIII Reunião Itinerantes de Fitossanidade do Instituto Biológico**. p.108-128, 2005.

SCHREIBER, F. et al. Plantas indicadoras de clomazone na fase vapor. **Ciência Rural**, v. 43, p. 1.817-1.823, 2013.

SCHREIBER, F. et al. Volatility of different formulations of clomazone herbicide. **Planta Daninha**, v.33, n.2, p.315-321, 2015.

SHIRATSUCHI, L. S.,; FONTES, J. R. A. Tecnologia de aplicação de herbicidas. **Embrapa Cerrados. Documentos** , 2002.

SILVA, M.R.M. et al. Banco de sementes de plantas espontâneas após cultivo do milho sob cobertura de palha de babaçu. **Cadernos de Agroecologia**—Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF—v.13, n.1, p.1-6, 2018.

SOUZA, G. S. F., MARTINS, D., PEREIRA, M. R. R. Efeito da chuva na eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre corda-de-violão. **Planta Daninha**, v. 31, p. 175-184, 2013.

TAYLOR, A. W.; SPENCER, W. F. Volatilization and Vapor Transport Processes, In: Pesticides in the Soil Environment. **Soil Science Society of America Book Series**, Madison, WI, USA, v. 2, p. 213-269, 1990.

TIMOSSI, P. C.; FREITAS, T. T. Eficácia de nicosulfuron isolado e associado com atrazine no manejo de plantas daninhas em milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 210-218, 2011.

Tropaldi, L. et al. Eficácia de herbicidas inibidores da síntese de carotenoides no controle de espécies de capim-colchão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 443-453, 2018.

ULISSES, R. A. **Principais aspectos para reduzir a deriva de herbicidas**. Notícias Agrícolas, 2020. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/>. Acesso em: 18 jan. 2023.

VIDAL, R. A. **Ação dos herbicidas: Absorção, translocação e metabolização**. Porto Alegre: Evangraf, 2002. 89 p.

VOLL, E. et al. **Tecnologia de aplicação de herbicidas**. Embrapa Soja. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-de-plantas-daninhas/tecnologia-de-aplicacao-de-herbicidas>. Acesso em: 11 jan. 2023.

WANG, C. et al. Comparison between Drift Test Bench and Other Techniques in Spray Drift Evaluation of an Eight-Rotor Unmanned Aerial Spraying System: The Influence of Meteorological Parameters and Nozzle Types. **Agronomy**, v. 13, n. 1, p. 270, 2023.

WANG, C. et al. Spray performance evaluation of a six-rotor unmanned aerial vehicle sprayer for pesticide application using an orchard operation mode in apple orchards. **Pest Management Science**, v. 78, n. 6, p. 2449-2466, 2022.