



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

CAIO FELIPE DA GRAÇA OLIVEIRA

**ADJUVANTE SUSTAIN® ASSOCIADO A HERBICIDAS APLICADOS EM
PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DA CEBOLA**

MOSSORÓ

2025

CAIO FELIPE DA GRAÇA OLIVEIRA

**ADJUVANTE SUSTAIN® ASSOCIADO A HERBICIDAS APLICADOS EM
PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DA CEBOLA**

Monografia apresentada à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Valadão Silva

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

048a Oliveira, Caio Felipe da Graça .
 Adjuvante sustain® associado a herbicidas
 aplicados em pré-emergência na cultura da cebola
 / Caio Felipe da Graça Oliveira. - 2025.
 30 f. : il.

 Orientador: Daniel Valadão Silva.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2025.

 1. Allium cepa L. 2. otimização de defensivos.
 3. oxadiazon. 4. pendimetalina . 5. controle de
 plantas daninhas. I. Silva, Daniel Valadão,
 orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CAIO FELIPE DA GRAÇA OLIVEIRA

**ADJUVANTE SUSTAIN® ASSOCIADO A HERBICIDAS APLICADOS EM
PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DA CEBOLA**

Monografia apresentada à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Defendida em: 04 de Agosto de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Valadão Silva (UFERSA)
Presidente

Msc. Jesley Nogueira Bandeira (UFERSA)
Membro Examinador

Msc. Luma Lorena Loureiro da Silva Rodrigues (UFERSA)
Membro Examinador

RESUMO

A cultura da cebola (*Allium cepa* L.), de grande importância socioeconômica, tem sua produtividade severamente impactada por plantas daninhas, especialmente em semeadura direta. Em resposta a esse desafio, o presente estudo avaliou a eficácia do adjuvante Sustain® em potencializar o controle químico pré-emergente de plantas daninhas, em associação com os herbicidas oxadiazon e pendimetalina. O experimento foi conduzido em Mossoró-RN, de outubro de 2024 a fevereiro de 2025, em um delineamento em blocos casualizados com 4 repetições. Dez tratamentos foram comparados, incluindo os herbicidas aplicados de forma isolada e em combinação com o adjuvante. Os resultados de controle visual, avaliados aos 28 dias após a aplicação (DAA), demonstraram que a combinação de pendimetalina + Sustain® (1,25 L ha⁻¹) alcançou 67,50% de controle, superando os 42,50% do herbicida isolado. De maneira similar, o oxadiazon + Sustain® obteve 52,50% de controle, um aumento em relação aos 40,00% do oxadiazon isolado. Apesar de a produtividade da cebola não ter apresentado diferença significativa entre os tratamentos, conclui-se que o adjuvante Sustain® é uma promissora estratégia para o manejo sustentável de plantas daninhas na cultura.

Palavras-chave: *Allium cepa* L., otimização de defensivos, oxadiazon, pendimetalina, controle de plantas daninhas.

ABSTRACT

The onion (*Allium cepa* L.) crop, of great socioeconomic importance, has its productivity severely impacted by weeds, especially in direct seeding. In response to this challenge, this study evaluated the efficacy of the adjuvant Sustain® in enhancing pre-emergent chemical weed control, in combination with the herbicides oxadiazon and pendimethalin. The experiment was conducted in Mossoró, Rio Grande do Norte, from October 2024 to February 2025, in a randomized complete block design with four replicates. Ten treatments were compared, including the herbicides applied alone and in combination with the adjuvant. Visual control results, assessed 28 days after application (DAA), showed that the combination of pendimethalin + Sustain® (1.25 L ha⁻¹) achieved 67.50% control, surpassing the 42.50% achieved by the herbicide alone. Similarly, oxadiazon plus Sustain® achieved 52.50% control, an increase compared to the 40.00% achieved by oxadiazon alone. Although onion yield did not show a significant difference between treatments, it is concluded that the Sustain® adjuvant is a promising strategy for sustainable weed management in this crop.

Keywords: *Allium cepa* L., Pesticide optimization, Oxadiazon, Pendimethalin, Weed control.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Produtividade da cultura da cebola ($t\ ha^{-1}$) em função dos tratamentos herbicidas, com ou sem adjuvante Sustain®, conduzida sob semeadura direta no semiárido brasileiro. Barras indicam erro padrão da média.
.....25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Tratamentos utilizados no experimento para avaliação da eficiência do adjuvante Sustain® associado a herbicidas pré-emergente na cultura da cebola.....	18
Tabela 2	–	Análise química do solo da área experimental, na fazenda Rafael Fernandes, Mossoró-RN, Brasil, 2023-2024.....	19
Tabela 3	–	Controle de plantas daninhas (%) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de herbicidas, isolados ou associados ao adjuvante Sustain®, na cultura da cebola conduzida em sistema de semeadura direta, no semiárido brasileiro.....	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Agrofit – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários

ANOVA – Análise de Variância

CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo

DAA – Dias após a Aplicação

DAP – Dias após o Plantio

DBC – Delineamento em Blocos Casualizados

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PPO – Protoporfirinogênio Oxidase

PPDB – Pesticide Properties DataBase

RN – Rio Grande do Norte

SBCPD – Sociedade Brasileira de Plantas Daninhas

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

LISTA DE SÍMBOLOS

% – porcentagem

t ha⁻¹ – tonelada por hectare

°C – graus Celsius

DMV – Diâmetro Mediano Volumétrico

kgf cm⁻² – quilograma-força por centímetro quadrado

L ha⁻¹ – litro por hectare

kg ha⁻¹ – quilograma por hectare

L h⁻¹ – litro por hora

' e '' – minutos e segundos (unidades para coordenadas geográficas)

CO₂ – dióxido de carbono

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 A Cultura da cebola.....	12
2. 2 Controle químico de plantas daninhas.....	14
2.3. Adjuvantes agrícolas.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Localização do experimento.....	17
3.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	17
3.3 Preparo do solo, adubação e irrigação.....	18
3.4 Fatores analisados.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) pertence à família das Amaryllidaceae, é uma das hortaliças de maior importância econômica e social no Brasil, sendo cultivada em diversas regiões, inclusive no semiárido nordestino. Apesar da alta relevância, sua produtividade pode ser severamente afetada pela interferência de plantas daninhas (Minz *et al.*, 2018), com relatos de perdas que podem atingir até 100% em casos de ausência de controle (Freitas Souza *et al.*, 2021; Gupta *et al.*, 2020). Esse impacto é ainda mais acentuado em sistemas de semeadura direta, onde a competição por água, luz e nutrientes ocorre desde os estágios iniciais do desenvolvimento, fase em que a cultura da cebola é altamente sensível à competição com plantas daninhas (Olescowicz *et al.*, 2021).

Nesse contexto, o uso de herbicidas aplicados em pré-emergência representa uma estratégia fundamental para o manejo eficiente, pois esses produtos atuam antes da emergência das plantas daninhas (Vera Ojeda *et al.*, 2023). Dentre os herbicidas disponíveis no mercado, o oxadiazon e a pendimetalina são amplamente utilizados na região semiárida do Nordeste brasileiro. Ambos possuem registro para uso na cultura da cebola, podendo ser aplicados em pré e pós-emergência (Agrofít, 2025). O oxadiazon pertence ao grupo químico das oxadiazoles e atua como herbicida de contato, inibindo a enzima protox (Protoporfirinogênio oxidase - PPO), o que compromete a formação da clorofila nas plantas daninhas e provoca acúmulo de radicais livres, levando à destruição celular em tecidos expostos à luz solar (Smagrichem, 2024). Já a pendimetalina, classificada entre os dinitroanilinas, inibe a divisão celular ao interferir na formação dos microtúbulos durante a mitose, o que impede a germinação e o crescimento inicial das plântulas de plantas daninhas (Ppdb, 2025a). Ambas as moléculas são amplamente utilizadas no controle de gramíneas e algumas dicotiledôneas em estágios iniciais de desenvolvimento, especialmente em sistemas de plantio direto onde a pressão de infestação é elevada (Ppdb, 2025b).

Entretanto, apesar da eficácia comprovada desses herbicidas, diversos fatores ambientais e operacionais podem comprometer seu desempenho em campo (Matzenbacher *et al.*, 2014). Condições desfavoráveis, como altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e ventos fortes, podem reduzir a eficiência do controle químico em função de perdas por volatilização, fotodegradação e distribuição irregular do produto sobre o solo (Matzenbacher *et al.*, 2014; Wang

et al., 2020; Idziak *et al.*, 2023). Essas limitações são particularmente desafiadoras em condições edafoclimáticas adversas, como as do semiárido brasileiro.

Uma alternativa para aprimorar a eficácia dos herbicidas aplicados em pré-emergência é a utilização de adjuvantes na mistura em tanque (Hewitt, 2024). Esses produtos podem potencializar a ação dos herbicidas ao favorecer sua adsorção às partículas do solo, contribuir para a formação de um filme mais estável e contínuo sobre a superfície e reduzir a disponibilidade do ingrediente ativo à degradação microbiana (Gonçalves *et al.*, 2024; Miller Chemical, 2024). Estudos anteriores indicam que determinados adjuvantes podem prolongar o período residual de herbicidas pré-emergentes no solo, ampliando sua eficácia no controle de plantas daninhas (Hassan, 2022; Kucharski & Sadowski, 2011).

Dentre os adjuvantes disponíveis no mercado, o Sustain® foi desenvolvido com o objetivo de otimizar o espalhamento, a aderência e a retenção de pesticidas em superfícies vegetais e no solo, favorecendo maior eficácia agrônômica no controle de plantas (Miller Chemical, 2024). Apesar do crescente uso de adjuvantes na agricultura, ainda são escassas as informações científicas sobre a eficácia do Sustain® na cultura da cebola, especialmente quando associado aos herbicidas oxadiazon e pendimetalina, aplicados em pré-emergência. A avaliação desse tipo de tecnologia torna-se ainda mais relevante em regiões semiáridas, onde o manejo químico de plantas daninhas enfrenta maior risco de falhas devido às condições edafoclimáticas adversas. Neste contexto, a hipótese deste estudo é que a adição do adjuvante Sustain® à calda dos herbicidas favorece e aumenta a retenção do produto e, consequentemente, sua eficácia no controle de plantas daninhas.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia do adjuvante Sustain® na potencialização da ação dos herbicidas oxadiazon e pendimetalina, aplicados em pré-emergência, no controle de plantas daninhas na cultura da cebola conduzida em sistema de semeadura direta no semiárido brasileiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Cultura da cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma planta herbácea de ampla importância econômica e social, cultivada em diversos sistemas agrícolas no Brasil e no mundo. Seu principal produto comercial é o bulbo tunicado, que apresenta variações de cor, formato e pungência, sendo

amplamente utilizado na alimentação humana. Além de seu valor nutricional, a cebola possui propriedades funcionais, como ação antioxidante, anti-inflamatória e protetora cardiovascular, características que reforçam seu valor agrônomo e medicinal (Embrapa, 2022).

Botanicamente, a cebola possui sistema radicular fasciculado e caule curto, em forma de disco achatado, do qual partem folhas modificadas que armazenam reservas. A inflorescência ocorre em umbela e é composta por flores hermafroditas, apresentando alta taxa de fecundação cruzada, facilitada pela protandria, um processo em que há dessincronização entre a maturação dos órgãos reprodutivos, favorecendo a polinização por insetos (Chagas *et al.*, 2022).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (Fao, 2023), a produção mundial de cebola ultrapassa 100 milhões de toneladas anuais, com países como China, Índia, Egito e Estados Unidos liderando a produção global. Essa expressiva produção evidencia a relevância da cultura em diversos contextos agrícolas, servindo como parâmetro para os avanços tecnológicos aplicados em diferentes regiões e com grande impacto no cenário nacional.

No Brasil, a cebola é uma das hortaliças mais relevantes do ponto de vista agrícola. Segundo dados da Embrapa (2024), a produção nacional ultrapassa 1,6 milhão de toneladas anuais, com destaque para o estado de Santa Catarina, responsável por cerca de 30% desse volume. No Nordeste, os principais polos de produção estão localizados no Vale do São Francisco (BA e PE) e na região de Baraúna (RN). Após um aumento expressivo da área plantada em 2024, estima-se uma redução para 2025, reflexo das dificuldades econômicas, como a instabilidade de preços. Ainda assim, a produtividade média nesses polos permanece superior à média nacional, embora abaixo dos principais países produtores (Cepea/Usf – Hortifruti, 2025).

Nos últimos anos, o sistema de semeadura direta tem se expandido como alternativa ao transplante de mudas, por possibilitar maior mecanização e redução de custos. Contudo, essa modalidade impõe desafios agrônômicos significativos, especialmente no manejo de plantas daninhas. A cultura da cebola apresenta baixo poder competitivo nas fases iniciais do ciclo, em razão do crescimento lento, porte reduzido e sistema radicular pouco agressivo (Teodoro & Araújo, 2023). Essas características favorecem o estabelecimento de espécies daninhas, que competem por água, luz e nutrientes, comprometendo o desenvolvimento da cultura.

Estudos conduzidos em áreas produtoras do Paraná e do Nordeste evidenciam que a ausência de controle eficiente das plantas daninhas pode causar perdas significativas na

produtividade de bulbos, com redução que pode ultrapassar 60%, dependendo da densidade da infestação (Chagas *et al.*, 2022). A integração de estratégias, como cobertura morta e aplicação sequencial de herbicidas, tem se mostrado eficaz no manejo dessas espécies em sistemas de semeadura direta.

Dessa forma, o domínio sobre a fisiologia da cultura, seus aspectos produtivos e a interferência das plantas daninhas é fundamental para garantir altos rendimentos, especialmente em regiões como o semiárido brasileiro, onde as limitações edafoclimáticas impõem desafios adicionais à produção.

2. 2 Controle químico de plantas daninhas

O manejo eficiente de plantas daninhas é essencial para o sucesso da cultura da cebola (*Allium cepa* L.), sobretudo em sistemas de semeadura direta, nos quais a competição inicial por água, luz e nutrientes pode comprometer severamente o estabelecimento das plântulas e, conseqüentemente, a produtividade final (Minz *et al.*, 2018; Teodoro & Araújo, 2023). Conforme registros recentes do MAPA e agências estaduais de fiscalização, há uma variedade de herbicidas autorizados para a cultura da cebola, englobando princípios ativos pré e pós-emergentes. Entre os destacados estão o cletodim (registro MAPA nº 14017), o flumioxazina indicado tanto para pré quanto pós-emergência (como no produto *Flumioxazin CHDS*), eficazes no controle de gramíneas em pós-emergência em cebola (Adapar, 2025a; Adapar, 2025b). Esses registros confirmam a disponibilidade de compostos diversos e tecnicamente aprovados para o manejo químico da cultura.

Nesse cenário, o controle químico por meio de herbicidas pré-emergentes surge como uma solução eficaz e com bom custo-benefício, mostrando-se prático para o manejo de plantas daninhas. Sua aplicação é particularmente vantajosa em sistemas de semeadura direta da cebola, que é uma prática crescente em regiões produtoras como o semiárido. Estudos demonstram que herbicidas como pendimethalin e S-metolachlor, quando aplicados no final do estabelecimento da cultura, apresentam alta seletividade e controle eficaz das plantas daninhas, sem provocar fitotoxicidade significativa. Por outro lado, compostos como oxadiazon, oxyfluorfen e flumioxazin, quando aplicados muito cedo, causam sintomas de fitotoxicidade, reforçando a importância de ajustar o momento de aplicação para evitar danos à cebola (Olescowicz *et al.*, 2021).

Entre os herbicidas recomendados para a cultura da cebola estão o oxadiazon e a pendimetalina, ambos autorizados para uso pré-emergente e pós-emergente, com eficiência comprovada no controle de gramíneas e folhas largas (Agrofit, 2025; Chagas *et al.*, 2022).

O oxadiazon, pertencente ao grupo dos oxadiazóis, atua por contato, inibindo a enzima protox (PPO) e, assim, comprometendo a formação de clorofila, o que impede o desenvolvimento das plantas daninhas ainda nos estágios iniciais (PPDB, 2025; Pires, 2023).

A pendimetalina, por sua vez, é um herbicida do grupo das dinitroanilinas, também recomendado para uso em pré-emergência. Seu modo de ação se baseia na inibição da divisão celular, interferindo na formação dos microtúbulos durante a mitose das plântulas de plantas daninhas (PPDB, 2025). Essa inibição da divisão celular confere à molécula uma ação residual prolongada, com meia-vida média de 40 a 50 dias, o que proporciona um período maior de controle das plantas daninhas (Kaur & Bhullar, 2017).

Devido à sua baixa mobilidade no solo, a pendimetalina apresenta menor risco de lixiviação e, conseqüentemente, maior seletividade para culturas sensíveis como a cebola. Estudos indicam que, após aplicação pré-emergente, a pendimetalina raramente é detectada abaixo da camada superficial do solo, mantendo sua ação no nível radicular superficial e reduzindo impactos ambientais (Opuku, 2019).

Estudos conduzidos por Chagas *et al.*, (2022) e Pires *et al.*, (2023) comprovaram a eficiência do oxadiazon e pendimetalina na cultura da cebola em semeadura direta, resultando em maior controle de espécies como *Echinochloa* spp. e dicotiledôneas, além de proporcionar ganhos significativos em produtividade.

Contudo, a eficiência do controle químico está diretamente relacionada a fatores técnicos e ambientais que influenciam a aplicação dos herbicidas. A calibração adequada dos pulverizadores, a escolha correta do tipo de bico pulverizador e o volume de calda são essenciais para garantir a uniformidade e a cobertura eficiente do produto sobre as plantas daninhas (Embrapa, 2018). Além disso, condições climáticas adversas como temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e ventos fortes podem causar perdas significativas na eficácia dos herbicidas, por meio da volatilização, deriva e fotodegradação, comprometendo o controle das plantas daninhas e exigindo atenção redobrada no manejo da aplicação (Embrapa, 2021). Diante disso, o uso de adjuvantes têm sido uma alternativa eficaz para estabilizar o filme herbicida sobre o solo, aumentar sua retenção e prolongar sua ação residual (Gonçalves *et al.*, 2024).

Portanto, o uso racional e integrado de herbicidas como oxadiazon e pendimetalina representa uma estratégia promissora para o controle químico eficiente de plantas daninhas na cebola, sobretudo em sistemas de semeadura direta no semiárido brasileiro. A adoção de boas práticas agronômicas, aliada à seleção criteriosa dos produtos e tecnologias auxiliares, é determinante para a sustentabilidade e produtividade da cultura.

2.3. Adjuvantes agrícolas

Adjuvantes agrícolas são componentes adicionados às caldas de pulverização com o objetivo de melhorar características como espalhamento, aderência e retenção da aplicação, além de reduzir perdas por deriva e volatilização, principalmente em aplicações de herbicidas pré-emergentes. Esses produtos não apresentam atividade herbicida própria, mas atuam modificando as propriedades físico-químicas da calda como tensão superficial, ângulo de contato e comportamento de molhamento, favorecendo a absorção e eficácia dos ingredientes ativos aplicados no solo ou sobre a vegetação (Amorim *et al.*, 2024; Holloway *et al.*, 2020).

Entre os principais grupos de adjuvantes utilizados na agricultura, os surfactantes merecem destaque por reduzirem a tensão superficial da calda, o que proporciona melhor espalhamento sobre as superfícies foliares e do solo, favorecendo a eficácia dos herbicidas (Iglesias *et al.*, 2021). Óleos minerais e vegetais também são amplamente empregados por influenciarem no tamanho das gotas, especialmente no diâmetro mediano volumétrico (DMV), reduzindo a deriva e aumentando a deposição dos produtos (Basílio *et al.*, 2023).

No caso de herbicidas pré-emergentes, os adjuvantes favorecem a retenção e adesão dos produtos às partículas do solo, aumentando a persistência do ingrediente ativo na zona de germinação das plantas daninhas (Rodrigues *et al.*, 2022). Essa maior persistência reduz perdas por volatilização e degradação fotoquímica, prolongando a eficácia do herbicida e melhorando o controle das plantas daninhas (Rodrigues *et al.*, 2020).

Estudos recentes indicam que adjuvantes, quando utilizados com herbicidas como oxadiazon e pendimetalina, têm potencial para aumentar significativamente o controle de espécies invasoras em culturas como a cebola, especialmente em sistemas de semeadura direta e em solos com baixos teores de matéria orgânica, condição comum no semiárido brasileiro (Amorim *et al.*, 2024; Rodrigues *et al.*, 2020). Segundo Pires *et al.* (2023), o posicionamento adequado desses herbicidas, aliado ao uso de adjuvantes, favorece a formação de um filme

protetor na superfície do solo, promovendo maior persistência e eficácia dos ingredientes ativos. Complementarmente, Chattopadhyay *et al.* (2016) observaram que a eficiência de herbicidas residuais pode ser maximizada em solos menos argilosos quando adjuvantes são utilizados, pois esses produtos melhoram a adesão e distribuição dos ativos na zona de germinação das plantas daninhas. Além disso, Pezenti *et al.* (2020) destacam que a escolha do adjuvante e a estratégia de aplicação influenciam diretamente a retenção da calda herbicida e seu desempenho agrônomo, reforçando a importância de estratégias integradas no manejo químico da cebola.

O adjuvante Sustain®, por exemplo, é um produto não iônico que forma uma película protetora microscópica sobre o solo e as plantas, melhorando a molhabilidade, adesão e retenção dos herbicidas, além de reduzir volatilização e degradação por raios ultravioletas (Miller Chemical, 2024). Dessa forma, a escolha correta do adjuvante e sua compatibilidade com o herbicida são essenciais para maximizar a eficiência do controle químico na cultura da cebola, reduzir impactos ambientais e garantir a sustentabilidade do sistema produtivo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado entre outubro de 2024 e fevereiro de 2025, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, vinculada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), situada no município de Mossoró-RN (5°03'37" S, 37°23'50" W, altitude $\approx$ 72 m).

O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018). O clima local, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Bsw h' semiárido quente, com temperaturas médias anuais em torno de 27,8 °C e precipitação média anual entre 555 e 673 mm, apresentando duas estações bem definidas: uma chuvosa, entre fevereiro e maio, e uma seca, de junho a janeiro (Melo *et al.*, 2020.)

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com 10 tratamentos e 4 repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram na combinação de dois herbicidas pré-emergente oxadiazon (Ronstar) e pendimetalina (Prowl h2o)

com diferentes doses do adjuvante Sustain®, além de uma testemunha capinada manualmente e uma testemunha sem capina (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento para avaliação da eficiência do adjuvante Sustain® associado a herbicidas pré-emergente na cultura da cebola.

Tratamento	Dose (L ha ⁻¹)
Testemunha capinada	-
Testemunha sem capina	-
Oxadiazon	0,5
Oxadiazon + Sustain®	0,5 + 0,75
Oxadiazon + Sustain®	0,5 + 1,00
Oxadiazon + Sustain®	0,5 + 1,25
Pendimetalina	0,5
Pendimetalina + Sustain®	0,5 + 0,75
Pendimetalina + Sustain®	0,5 + 1,00
Pendimetalina + Sustain®	0,5 + 1,25

As aplicações foram realizadas com um pulverizador costal de precisão pressurizado com dióxido de carbono (CO₂) (Herbicat® – Catanduva, SP, Brasil), operando com um volume de calda de 500 L ha⁻¹. O pulverizador estava equipado com duas pontas de pulverização do tipo jato plano (Teejet XR 110.02), espaçadas a 0,50 m e operando sob uma pressão constante de 2,0 kgf cm⁻². Durante as aplicações, a barra de pulverização foi mantida a uma altura de 0,50 m em relação ao dossel da cultura, garantindo cobertura uniforme.

3.3 Preparo do solo, adubação e irrigação

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com aração seguida por gradagem. Os canteiros foram formados com o auxílio de uma enxada rotativa, formando canteiros com 1,50 m de largura e 0,30 m de altura.

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na área para a realização de análise química (Tabela 2). A adubação de fundação consistiu na aplicação de 180

kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, incorporado ao solo durante o preparo dos canteiros.

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental, na fazenda Rafael Fernandes, Mossoró-RN, Brasil, 2023-2024.

Camada	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al
(cm)	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					
0-10	5,84	2,317	0,0214	0,0076	1,18	0,31	-	1,485
10-20	5,62	1,665	0,0148	0,0074	1,07	0,29	0,05	0,891

Potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), potássio (K⁺), sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), alumínio (Al³⁺), acidez potencial (H+Al).

As análises foram realizadas segundo a metodologia de Teixeira *et al.* (2017), no Laboratório de Análise de Solo, Água e Plantas do Semi-Árido (LASAPSA) da UFERSA.

A adubação de cobertura foi conduzida via fertirrigação, com frequência de duas aplicações semanais, iniciadas aos 20 dias após o plantio (DAP) e encerradas aos 104 DAP. Os fertilizantes utilizados, com respectivas doses equivalentes há kg ha⁻¹, foram: ureia (104,3), sulfato de magnésio (146,0), nitrato de cálcio (250,0), cloreto de potássio (287,8) e nitrato de potássio (137,6).

A irrigação foi realizada por meio de sistema localizado do tipo gotejamento. Cada canteiro foi equipado com quatro linhas de fita gotejadora, espaçadas entre si em 0,20 m. Os emissores foram instalados a cada 0,30 m, com vazão de 1,6 L h⁻¹ por gotejador, garantindo uniformidade de distribuição de água para o cultivo.

A cebola híbrida “Campo Lindo” foi utilizada no experimento. A semeadura foi realizada manualmente, com sementes espaçadas 6 cm entre plantas e 10 cm entre linhas.

3.4 Fatores analisados

Foram realizadas análises visuais de controle de plantas daninhas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), atribuindo notas que variaram de 0% (ausência de controle) a 100% (controle total), conforme escala da Sociedade Brasileira de Plantas Daninhas – SBPCPD (1995).

Os dados de produção foram obtidos após a colheita, aos 120 dias após a semeadura. Os bulbos foram contados, classificados de acordo com o diâmetro transversal (CEAGESP, 2001) e pesados para estimar a produtividade total.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando detectada significância estatística pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas utilizando o teste de Scott-Knott, com um nível de significância de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no RStudio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficácia dos tratamentos no controle de plantas daninhas variou significativamente ao longo dos períodos avaliados (7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação - DAA), evidenciando a influência da associação entre herbicidas e o adjuvante Sustain® sobre o desempenho dos produtos (Tabela 3).

Tabela 3. Controle de plantas daninhas (%) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) de herbicidas, isolados ou associados ao adjuvante Sustain®, na cultura da cebola conduzida em sistema de semeadura direta, no semiárido brasileiro.

Tratamentos	Controle de plantas daninhas (%) (Dias Após a Aplicação - DAA)			
	7	14	21	28
Testemunha capinada	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Testemunha não capinada	00,00 d	0,00 d	0,00 d	0,00 d
Oxadiazon (0,5 L ha ⁻¹)	67,50 c	57,50 c	47,50 c	40,00 c
Oxadiazon + Sustain® (0,75 L ha ⁻¹)	65,00 c	56,25 c	47,50 c	35,00 c
Oxadiazon + Sustain® (1,00 L ha ⁻¹)	65,00 c	55,00 c	42,50 c	32,50 c
Oxadiazon + Sustain® (1,25 L ha ⁻¹)	77,50 b	67,50 b	60,00 b	52,50 b

Pendimetalina (0,5 L ha ⁻¹)	60,00 c	52,50 c	47,50 c	42,50 c
Pendimetalina + Sustain® (0,75 L ha ⁻¹)	67,50 c	65,00 b	62,50 b	60,00 b
Pendimetalina + Sustain® (1,00 L ha ⁻¹)	80,00 b	75,00 b	72,50 b	67,50 b
Pendimetalina + Sustain® (1,25 L ha ⁻¹)	75,00 b	70,00 b	67,50 b	67,50 b

Letras diferentes na coluna indicam médias estatisticamente diferentes pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). DAA = Dias após a aplicação.

Aos 7 DAA, todos os tratamentos com herbicidas apresentaram algum nível de controle de plantas daninhas (Tabela 3). A testemunha capinada manteve 100% de eficácia, enquanto a testemunha não capinada não apresentou controle (0,00%). Entre os tratamentos testados, os maiores percentuais de controle foram observados nas combinações pendimetalina + Sustain® (1,00 L ha⁻¹) e oxadiazon + Sustain® (1,25 L ha⁻¹), com 80,00% e 77,50% de controle, respectivamente. Resultados também expressivos foram obtidos com pendimetalina + Sustain® nas doses de 1,25 L ha⁻¹ (75,00%) e 0,75 L ha⁻¹ (67,50%). O uso do adjuvante Sustain® demonstrou incremento positivo na eficiência dos herbicidas em relação às aplicações isoladas de oxadiazon (67,50%) e pendimetalina (60%) (Tabela 3).

A importância do uso de adjuvantes, como o Sustain®, é evidente já nos primeiros dias após a aplicação. Eles atuam modificando as propriedades físico-químicas da calda, como a tensão superficial e o ângulo de contato, favorecendo um melhor espalhamento e aderência do herbicida sobre a superfície do solo. Como destacado no estudo por Castro *et al.* (2018), o que evidencia claramente o efeito direto dos adjuvantes na redução da tensão superficial e consequente otimização da cobertura da calda. Essa formação de uma película mais uniforme e estável sobre o solo aumenta a retenção do produto, tornando-o mais disponível para as plantas daninhas em germinação e protegendo-o contra fatores de degradação inicial, como a fotodegradação e a volatilização, que são comuns em ambientes semiáridos e podem comprometer a eficácia dos herbicidas, Castro *et al.* (2018).

Estudos corroboram que a adição de adjuvantes pode prolongar o período residual de herbicidas pré-emergentes no solo, ampliando sua eficácia no controle de plantas daninhas. Por exemplo, Rodrigues *et al.* (2020) destacam a capacidade de adjuvantes em aprimorar a atividade

residual de herbicidas aplicados ao solo. A maior taxa de controle observada com o uso do Sustain® nesse período inicial reflete essa capacidade de otimizar a distribuição e a estabilidade das moléculas dos herbicidas, garantindo um contato mais eficaz com as sementes das plantas daninhas.

Aos 14 DAA, observou-se uma leve redução na eficácia da maioria dos tratamentos (Tabela 3). No entanto, o tratamento com pendimetalina + Sustain® (1,00 L ha⁻¹) continuou apresentando um dos maiores níveis de controle (75,00%), seguido por pendimetalina + Sustain® (1,25 L ha⁻¹) (70%), pendimetalina + Sustain® (0,75 L ha⁻¹) (65,00%), e oxadiazon + Sustain® (1,25 L ha⁻¹) (67,50%). Comparativamente, os herbicidas isolados tiveram desempenho inferior, com oxadiazon (57,50%) e pendimetalina (52,50%), confirmando o efeito potencializador do adjuvante (Tabela 3).

Essa ligeira diminuição na eficácia é um comportamento esperado para herbicidas pré-emergentes ao longo do tempo. Fatores como a degradação do ingrediente ativo no solo por processos físicos (volatilização, fotodegradação), químicos (hidrólise) e biológicos (atividade microbiana) contribuem para a perda gradual de sua persistência. A velocidade e a intensidade desses processos são influenciadas por fatores como as propriedades do solo e as condições climáticas, o que resulta na diminuição do período residual e na possível emergência de novos fluxos de plantas daninhas (Correia, 2018). A persistência do controle observada em tratamentos com o adjuvante Sustain® em comparação com os herbicidas isolados sugere que o adjuvante pode estar retardando a degradação ou otimizando a disponibilidade do ingrediente ativo no solo por mais tempo. Conforme demonstrado por pesquisas anteriores, a persistência de herbicidas no solo é um fator crítico para o controle de plantas daninhas a médio e longo prazo (Kaur & Bhullar, 2017; Opuku, 2019). A incorporação de adjuvantes pode prolongar a atividade residual dos herbicidas ao melhorar sua estabilidade e reduzir perdas por lixiviação ou volatilização, garantindo que uma quantidade suficiente de ingrediente ativo permaneça disponível na zona de germinação das plantas daninhas por um período mais estendido.

Aos 21 DAA, embora se tenha observado uma redução geral na eficácia dos tratamentos em relação aos períodos anteriores, os melhores resultados ainda foram consistentemente obtidos com as combinações de pendimetalina + Sustain®. Especificamente, as doses de 1,00 L ha⁻¹ (72,5%) e 1,25 L ha⁻¹ (67,5%) do adjuvante associado a pendimetalina demonstraram superioridade. Em seguida, destacaram-se pendimetalina + Sustain® (0,75 L ha⁻¹) com 62,50% e

oxadiazon + Sustain® (1,25 L ha⁻¹) com 60,00%. É notável que os tratamentos com oxadiazon + Sustain® nas doses de 0,75 L ha⁻¹ e 1,00 L ha⁻¹ apresentaram controle de 56,25% e 55,0%, respectivamente, não diferindo estatisticamente da aplicação isolada de oxadiazon (57,50%), enquanto a aplicação isolada de pendimetalina resultou no menor controle de plantas daninhas, com apenas 47,50% de eficácia (Tabela 3).

A superioridade do controle observado com a pendimetalina associada ao adjuvante em comparação com o oxadiazon nas mesmas condições pode ser atribuída às características físico-químicas intrínsecas de cada herbicida e à sinergia com o adjuvante. A pendimetalina, pertencente ao grupo químico das dinitroanilinas, é amplamente reconhecida por sua alta residualidade no solo. Essa característica é resultado de sua baixa solubilidade em água e forte adsorção às partículas do solo, o que se traduz em uma liberação mais gradual e prolongada do princípio ativo (University of Hertfordshire - PPDB, 2025; Chagas *et al.*, 2022).

Por outro lado, o oxadiazon atua predominantemente por contato e, em condições típicas de solos agrícolas tropicais, apresenta menor persistência que a pendimetalina — com valores de meia-vida frequentemente inferiores a 30 dias, enquanto a pendimetalina apresenta valores médios de 72 a 98 dias (Vighi M. *et al.*, 2016; Huang B. *et al.*, 2016). Essa menor persistência em campo torna o oxadiazon mais dependente de condições ideais de aplicação e de adjuvantes que aumentem sua estabilidade e aderência ao solo, como observado com doses elevadas do adjuvante Sustain® (University of Hertfordshire – PPDB, 2025). A ação dos adjuvantes em ambos os herbicidas contribui para maior adesão às partículas do solo, formação de película homogênea e proteção contra degradação, fatores particularmente relevantes em condições semiáridas (Hassan, 2022; Gonçalves *et al.*, 2024).

Aos 28 DAA, observou-se a menor eficácia geral dos tratamentos, confirmando a tendência de declínio do controle de plantas daninhas ao longo do ciclo da cultura, possivelmente devido à degradação natural, redistribuição ou redução da atividade residual dos herbicidas no solo ao longo do tempo (como discutido para os 14 DAA). Mesmo com essa redução, os tratamentos com pendimetalina + Sustain® nas doses de 1,00 L ha⁻¹ e 1,25 L ha⁻¹ mantiveram os maiores níveis de controle, ambos com 67,50%, reiterando a maior persistência deste herbicida, especialmente com o adjuvante. Em seguida, destacaram-se os tratamentos com pendimetalina + Sustain® (0,75 L ha⁻¹), com 60% de controle, oxadiazon + Sustain® (1,25 L ha⁻¹), com 52,50%, e a pendimetalina aplicada isoladamente, que apresentou 42,50%. O oxadiazon isolado obteve

40,00% de controle, enquanto os menores desempenhos foram registrados com oxadiazon + Sustain® nas doses de 0,75 e 1,00 L ha⁻¹, com percentuais de controle de 35,00% e 32,50%, respectivamente (Tabela 3).

A acentuada diminuição da eficácia dos herbicidas pré-emergentes aos 28 DAA levanta a importante questão da necessidade de estratégias complementares de manejo de plantas daninhas em culturas de ciclo mais longo, como a cebola. A persistência dos herbicidas no solo é finita, e a emergência contínua de novos fluxos de plantas daninhas, somada à degradação dos produtos aplicados, resulta na perda do controle inicial. Neste ponto, é crucial considerar a intervenção com outras táticas. A realização de aplicações de herbicidas pós-emergentes, onde recomendado e permitido, pode ser uma opção para estender o período de controle, contanto que seja respeitada a seletividade para a cultura e o intervalo de segurança para a colheita.

Alternativamente, e talvez de forma mais pragmática aos 28 DAA, a integração com herbicidas pós-emergentes se torna uma estratégia fundamental. A entrada com uma aplicação de herbicida pós-emergência, seletivo para a cultura da cebola, permitiria o controle das plantas daninhas que emergiram após a perda da residualidade dos produtos aplicados em pré-emergência. Esta abordagem de manejo integrado é essencial para garantir que a cultura permaneça livre da competição de plantas daninhas durante as fases críticas de seu desenvolvimento, otimizando o potencial produtivo. O sucesso dessa estratégia dependerá da identificação correta das espécies de plantas daninhas presentes e da escolha de herbicidas pós-emergentes eficazes contra elas, como abordado por Teodoro e Araújo (2023). A decisão sobre qual estratégia adotar deve ser baseada no monitoramento contínuo da infestação, na espécie de planta daninha predominante e na viabilidade econômica e ambiental.

Portanto, os resultados indicam que o adjuvante Sustain®, especialmente quando associado à pendimetalina, desempenha papel crucial na otimização do controle químico em pré-emergência. Ao favorecer a formação de um filme mais estável e contínuo sobre a superfície do solo, o Sustain® aumenta a retenção do herbicida, reduzindo perdas por volatilização e degradação microbiana. Isso resulta em um controle mais eficiente e duradouro das plantas daninhas, particularmente em condições desafiadoras do semiárido brasileiro, onde fatores ambientais adversos frequentemente comprometem a eficácia dos produtos químicos. Dessa forma, o uso integrado do adjuvante com herbicidas de alta residualidade constitui uma estratégia

promissora para o manejo sustentável em sistemas de semeadura direta, contribuindo para a produtividade e sustentabilidade da cultura da cebola.

A produtividade da cultura da cebola, expressa em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$), não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos testados com o uso de herbicidas (Figura 1). Esse resultado indica que a aplicação isolada ou associada dos herbicidas oxadiazon e pendimetalina ao adjuvante Sustain® não influenciou diretamente no rendimento final da cultura, dentro das condições edafoclimáticas do semiárido e do sistema de semeadura direta adotado. É importante ressaltar, contudo, que essa ausência de diferença estatística na produtividade entre os tratamentos pode ser atribuída ao fato de que, após a última avaliação de controle de plantas daninhas (28 DAA), a área experimental foi submetida à capina, eliminando a interferência da comunidade infestante no período subsequente ao controle químico. Com a remoção das plantas daninhas, a cultura da cebola pôde se desenvolver livre da competição por recursos (luz, água e nutrientes) em uma fase crítica do seu ciclo, resultando na minimização das diferenças de produtividade que poderiam ter sido observadas caso a interferência das plantas daninhas tivesse persistido até a colheita. Esse fator, portanto, sugere que o controle inicial proporcionado pelos tratamentos com herbicidas foi suficiente para proteger a cultura até o momento da capina, nivelando o impacto sobre a produtividade final.

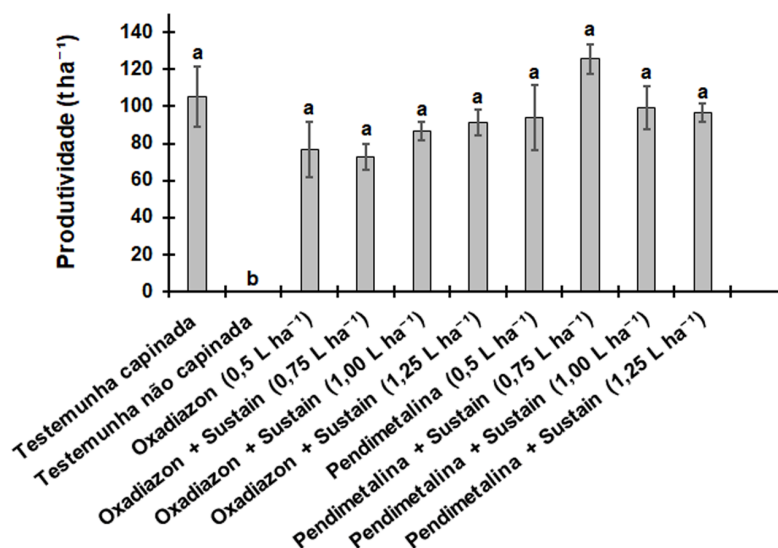


Figura 1. Produtividade da cultura da cebola ($t\ ha^{-1}$) em função de tratamentos herbicidas, com ou sem adjuvante Sustain®, conduzida sob semeadura direta no semiárido brasileiro.

Barras indicam erro padrão da média.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que o manejo químico de plantas daninhas por meio da aplicação de herbicidas pré-emergentes é uma estratégia viável e eficaz para a cultura da cebola conduzida em sistema de semeadura direta no semiárido brasileiro. Os herbicidas oxadiazon e pendimetalina, registrados para essa finalidade, proporcionaram níveis satisfatórios de controle das principais plantas daninhas, como gramíneas e dicotiledôneas, especialmente nas primeiras semanas após a aplicação.

Entre os tratamentos avaliados, observou-se que a pendimetalina apresentou e desempenho maior controle no solo ao longo do tempo, enquanto o oxadiazon mostrou menor residualidade, sendo mais beneficiado pela associação com o adjuvante Sustain®. A utilização desse adjuvante contribuiu significativamente para o aumento da eficácia dos herbicidas, especialmente nas doses mais elevadas, ao favorecer a retenção do ingrediente ativo no solo e a formação de um filme mais uniforme, reduzindo perdas por volatilização e fotodegradação.

Apesar de não haver diferença estatística significativa na produtividade final da cultura entre os tratamentos, o controle eficaz das plantas daninhas garantiu o bom desenvolvimento das plantas de cebola, reforçando a importância do manejo preventivo nas fases iniciais do ciclo.

Assim, conclui-se que a escolha criteriosa do herbicida, aliada à tecnologia do adjuvante apropriado, representa uma abordagem promissora para o manejo sustentável de plantas daninhas em áreas de clima semiárido. Esses resultados oferecem suporte técnico para a tomada de decisões em campo e indicam a necessidade de novas pesquisas sobre a interação entre herbicidas e adjuvantes em diferentes condições edafoclimáticas e tipos de solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAPAR – AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ. **Flumioxazin CHDS: modo de uso na cultura da cebola**. Maringá, PR: ADAPAR, 2025.

AMORIM, V. A. et al. Importância dos adjuvantes no controle de plantas daninhas. *ResearchGate*, 2024. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/383506554>.

BASÍLIO, S. et al. Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas, tamanho das gotas e potencial de redução de deriva. *Agriculture*, v. 14, n. 12, p. 2271, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/12/2271>.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **AGROFIT**: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, DF, [s.d.]. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.

CASTRO, E. B. de; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; GOMES, G. L. G. C.; BELAPART, D. Influence of adjuvants on the surface tension, deposition and effectiveness of herbicides on fleabane plants. *Planta Daninha*, v. 36, e018166251, 2018. DOI: 10.1590/S0100-83582018360100067. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327432218_Influence_of_Adjuvants_on_the_Surface_Tension_Deposition_and_Effectiveness_of_Herbicides_on_Fleabane_Plants.

CEPEA. Nordeste deve ter redução de área plantada em 2025. *Hortifruti Brasil*, Piracicaba, SP, 28 fev. 2025. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/hortifruti/395487-cebola-cepea-nordeste-deve-ter-reducao-de-area-plantada-em-2025.html>.

CHAGAS, L. A. et al. Avaliação do controle de plantas daninhas na cultura da cebola (*Allium cepa*) em sistema de semeadura direta na região da Fazenda Rio Grande – PR. *Revista Ciência da Sabedoria*, [S. l.], v. 3, n. 1, p. e56, 2022. Disponível em: <https://revista.faciencia.com.br/index.php/rcs/article/view/56>.

CHATTOPADHYAY, N. et al. Effect of different herbicides on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Crop and Weed*, v. 12, n. 1, p. 88-97, 2016. Disponível em: https://cwss.in/Journal/Complete_jurnal/Vol.12-No.1__20.pdf.

CORREIA, N. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018.

DEZAN, I. M. N. et al. Alterações morfológicas e produtivas da cebola sob aplicação de vitaminas e silício. In: SEMANA AGRONÔMICA DE CASSILÂNDIA, XVIII; SEMANA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, XI, 2023, Cassilândia (MS). **Anais...** Cassilândia (MS): UEMS, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xviiiisagxisppguems2023/686816-alteracoes-morfologicas-e-produtivas-da-cebola-sob-aplicacao-de-vitaminas-e-silicio>.

EMBRAPA. Cebola. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cebola>.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Brasília, DF, 2018.

EMBRAPA. Tecnologia de aplicação de herbicidas. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-de-plantas-daninhas/tecnologia-de-aplicacao-de-herbicidas>.

EMBRAPA. Tecnologia de aplicação de herbicidas. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 160). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1099141/1/DOC160.pdf>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Cebola é contemplada no Zoneamento de Risco Climático. *Agência de Informação Tecnológica – Ageitec*, Brasília, DF, 15 fev. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/87025868/cebola-e-contemplada-no-zoneamento-de-risco-climatico>.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. Roma: FAO, 2023. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/fba4ef43-422c-4d73-886e-3016ff47df52/download>.

FREITAS SOUZA, M. de et al. Can irrigation systems alter the critical period for weed control in onion cropping? *Crop Protection*, v. 147, p. 105457, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2020.105457>.

GONÇALVES, H. et al. Adjuvants Enhancing the Residual Activity of Soil-Applied Herbicides. In: *Pesticide Formulation and Delivery Systems: 42nd Volume, Building the Future of Agrochemicals for 2030 and Beyond*. [S. l.: s. n.], p. 81-99, 2024.

HASSAN, R. A. Effect of Pendimethalin+ Five Adjuvants on Control of Purslane (*Portulaca oleracea*) and Cocklebur (*Xanthium brasiliicum*) and Analysis Its Residues in Soil. *Journal of Plant Protection and Pathology*, v. 13, n. 12, p. 303-310, 2022.

HEWITT, A. J. Adjuvant use for the management of pesticide drift, leaching and runoff. *Pest Management Science*, v. 80, n. 10, p. 4819-4827, 2024.

HOLLOWAY, P. J. et al. The role of adjuvants in modern agrochemical formulations. *Crop Protection*, v. 136, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219420304609>.

HUANG, B.; LI, J.; FANG, W.; LIU, P.; GUO, M.; YAN, D.; WANG, Q.; CAO, A. Effect of Soil Fumigation on Degradation of Pendimethalin and Oxyfluorfen in Laboratory and Ginger Field Studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 64, n. 46, p. 8710-8721, 23 nov. 2016. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b01437.

IGLESIAS, L. et al. Avaliação de combinações de bioinseticidas e adjuvantes para o manejo de *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) em sistemas de produção de cebola. *Crop Protection*, v. 142, p. 105527, 2021.

KAUR, P.; BHULLAR, M. S. Effect of repeated application of pendimethalin on its persistence and dissipation kinetics in soil under field and laboratory conditions. *Environmental Technology*, v. 38, n. 1, p. 1–11, 2017. DOI: 10.1080/09593330.2017.1415378. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321684737_Effect_of_repeated_application_of_pendimethalin_on_its_persistence_and_dissipation_kinetics_in_soil_under_field_and_laboratory_conditions?utm_source.

KUCHARSKI, M.; SADOWSKI, J. Behaviour of metazachlor applied with additives in soil: laboratory and field studies. [S.l.: s.n.], 2011.

KUMAR GUPTA, R. et al. WEED MANAGEMENT IN TRANSPLANTED ONION (*ALLIUM CEPA* L.) THROUGH EARLY POST-EMERGENCE HERBICIDES. [S. l.: s. n.], [s.d.].

MATZENBACHER, F. O. et al. Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: a literature review. *Planta Daninha*, v. 32, p. 457-463, 2014.

MELO, T. K. et al. Impacts of climate change scenarios in the brazilian semi-arid region. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 33, n. 3, p. 794–802, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/download/9045/10292>.

MILLER CHEMICAL & FERTILIZER. Sustain® Adjuvant. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.millerchemical.com/products/adjuvants/sustain/?highlight=sustain>.

MINZ, A. et al. Herbicides effect on growth, yield and quality of onion. [S.l.: s.n.], 2018.

OLESCOWICZ, D. et al. Seletividade de herbicidas com atividade residual em cebola cultivada em semeadura direta. *Weed Control J*, v. 20, e202100739, dez. 2021.

OPUKU, J. K. Impact of Pre-Emergence Weed Management Using Pendimethalin (456 g/L EC) And Oxadiargyl (400 g/L SC) on the Growth, Development and Minimum Residue Levels in Two Onion (*Allium cepa* L.) Varieties. Tese (Doutorado) – Universidade de Ghana, [ADICIONAR LOCAL DA UNIVERSIDADE], 2019. Disponível em: <https://ugspace.ug.edu.gh/items/0fa82d35-c2b0-45c8-b060-374a87348a05>.

PEZENTI, M. et al. Eficiência de pendimetalina, ioxynil e inibidores da ACCase no controle de plantas daninhas em semeadura direta de cebola. *Científica*, v. 48, n. 4, p. 311-316, 2020. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/1352>.

PIRES, I. A. et al. **Posicionamento do herbicida oxadiazon na cultura da cebola em semeadura direta.** 2023. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2023. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3403/1/Dissertação_Ibrain Pires.pdf.

RODRIGUES, J. H.; ALMEIDA, F. A.; GARCIA, C. L. Técnicas de aplicação de herbicidas: uma abordagem prática. *Revista de Tecnologia Agropecuária*, v. 27, n. 4, p. 234-247, 2022.

RODRIGUES, R. A.; SANTANA, G. S.; MARTINS, L. P. Uso de adjuvantes para aumentar a eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas. *Weed Science Journal*, v. 29, n. 4, p. 450-463, 2020.

SMAGRICHEM. Oxadiazon 26% EC – Herbicide Product Sheet. 2024. Disponível em: <https://www.smagrichem.com/herbicide/oxadiazon-26-ec/>.

TEODORO, R. N.; ARAÚJO, A. V. de. Manejo de plantas daninhas em cebola implantada via semeadura direta e transplantio de mudas. *Revista Vitae – Educação, Saúde & Meio Ambiente*, Patrocínio, v. 2, n. 13, p. 773–783, ago. 2023. Disponível em: <https://revistas.unicerp.edu.br/index.php/vitae/article/view/2525-2771-v2n13-5>.

UNIVERSITY OF HERTFORDSHIRE. Pendimethalin (Ref: AC 92553). *Pesticide Properties DataBase (PPDB)*. Hatfield: Agriculture & Environment Research Unit (AERU), 26 maio 2025. Disponível em: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/511.htm>.

UNIVERSITY OF HERTFORDSHIRE. Pesticide Properties DataBase (PPDB): Oxadiazon. Hatfield: Agriculture & Environment Research Unit (AERU), 2025. Disponível em: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/496.htm>.

VERA OJEDA, P. A. et al. Effect of pre-emergent herbicides applied by drip irrigation in the transplanted onion crop. [S.l.: s.n.], 2023.

VIGHI, M.; MATTHIES, M.; SOLOMON, K. R. Critical assessment of pendimethalin in terms of persistence, bioaccumulation, toxicity, and potential for long-range transport. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 36, n. 12, p. 3021-3034, 2016. DOI: 10.1002/etc.3605. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27830991/>.

WANG, Z. et al. Dynamic evaporation of droplet with adjuvants under different environment conditions. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v. 13, n. 2, p. 1-6, 2020.
ADAPAR – AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ. Flumioxazin CHDS: modo de uso na cultura da cebola. Maringá, PR: ADAPAR, 2025.