



**KLS**

# **Controle de Plantas Daninhas**



# Controle de Plantas Daninhas

---

Rodrigo Martinelli

Izabela Orzari

Carla Samara dos Santos Ferreira

© 2019 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

#### **Presidente**

Rodrigo Galindo

#### **Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica**

Mário Ghio Júnior

#### **Conselho Acadêmico**

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

#### **Revisão Técnica**

Cristiano de Almeida Bredda

Paulo Sérgio Siberti da Silva

#### **Editorial**

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Martinelli, Rodrigo

M385c Controle de plantas daninhas / Rodrigo Martinelli, Carla

Samara dos Santos Ferreira, Izabela Orzari. – Londrina :

Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

192 p.

ISBN 978-85-522-1368-0

1. Danos econômicos das plantas daninhas. 2. Métodos de controle. 3. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. I. Martinelli, Rodrigo. II. Ferreira, Carla Samara dos Santos. III. Orzari, Izabela. IV. Título.

CDD 630

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019

**Editora e Distribuidora Educacional S.A.**

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 — Londrina — PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

# Sumário

---

## Unidade 1

Biologia e ecologia das plantas daninhas ..... 7

### Seção 1.1

Introdução à ciência das plantas daninhas:  
biologia e ecologia ..... 9

### Seção 1.2

Características da agressividade de plantas daninhas..... 23

### Seção 1.3

Reprodução e disseminação de plantas daninhas ..... 38

## Unidade 2

Métodos de controle e manejo integrado de plantas daninhas  
(MIPD) ..... 57

### Seção 2.1

Introdução ao controle de plantas daninhas..... 59

### Seção 2.2

Os principais métodos de controle de plantas daninhas ..... 71

### Seção 2.3

Avaliação do controle, de perdas de produção  
e manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) ..... 84

## Unidade 3

Controle químico de plantas daninhas: herbicidas..... 99

### Seção 3.1

Classificações e interações dos herbicidas  
com o ambiente..... 101

### Seção 3.2

Classificação pelos mecanismos de ação dos herbicidas ..... 113

### Seção 3.3

Resistência e tolerância das  
plantas daninhas aos herbicidas ..... 126

## Unidade 4

Manejo de plantas daninhas nos principais cultivos  
e tecnologia de aplicação de herbicidas ..... 143

### Seção 4.1

Introdução ao manejo de plantas daninhas das principais  
culturas anuais ..... 145

### Seção 4.2

Introdução ao manejo de plantas daninhas das principais  
culturas perenes e outros cultivos ..... 159

### Seção 4.3

Tecnologia de aplicação de herbicidas  
para maior eficácia de aplicação ..... 173



## Palavras do autor

---

**C**aro aluno, seja bem-vindo à disciplina *Controle de Plantas Daninhas*, fundamental para qualquer profissional de agronomia, visto que num sistema produtivo, essas plantas podem representar o principal agente biótico causador de perdas na produção agrícola. Esta é uma ciência multidisciplinar, que requer desde conhecimentos básicos de biologia até conhecimentos avançados de ecologia, além de métodos práticos de manejo dessas plantas, sempre buscando o equilíbrio dos agroecossistemas, do qual as plantas daninhas fazem parte.

Para demonstrar a importância de se manejar as plantas daninhas, atualmente sabemos que a população tende a aumentar exponencialmente e a produção de alimentos também deve seguir esse modelo de tendência. Em contrapartida, as plantas daninhas são consideradas como o principal fator biótico de diminuição da produção agrícola mundial. Assim sendo, é de extrema importância estudarmos o seu correto manejo, ao passo que é de reconhecida nobreza que os profissionais de Agronomia sejam responsáveis por garantir parte da alimentação mundial.

Na Unidade 1 você compreenderá o que são as plantas daninhas, e por que essas plantas podem ter esse título que significa que podem ser “danosas”. Veremos ainda que esse é um conceito relativo a cada momento, pois a mesma planta daninha pode ser benéfica numa outra oportunidade. Para isso, você conhecerá as principais características das plantas daninhas, como são classificadas e como interferem no desenvolvimento de outras plantas e, por fim, conhecerá quais são seus mecanismos de sobrevivência, e pela somatória destes, como se tornam plantas indesejadas.

Na Unidade 2 você conhecerá as principais estratégias de controle às plantas daninhas, quais componentes da dinâmica de sobrevivência destas plantas devem ser controlados e como, além disso, também conhecerá como avaliar o controle destas a nível de campo, e a prever perdas de produção. Por fim, aprenderá a importância do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) na atual conjuntura da agricultura.

Já na Unidade 3, como o controle químico é o método mais utilizado e importante de controle de plantas daninhas, você conhecerá as principais classificações dos herbicidas, como estes interagem com as plantas e com os solos, e entenderá o que é a resistência de plantas daninhas aos herbicidas, bem como a diferença entre resistência e tolerância, quais fatores governam a resistência, seus impactos na agricultura e como evitar esse problema cada vez mais recorrente e de maior importância.

Por fim, na Unidade 4 você conhecerá as principais estratégias de controle de plantas daninhas nos principais cultivos na agricultura brasileira, sejam de culturas anuais ou perenes, assim como os principais equipamentos e métodos de aplicação de herbicidas.

Assim, com este material você terá capacidade de entender os principais aspectos sobre o manejo de plantas daninhas, sendo capaz de definir estratégias para controlá-las da maneira correta e no momento oportuno. Além disso, você terá um aprofundamento maior no assunto. Então, aproveite este material para iniciar seus conhecimentos sobre uma área que sempre irá precisar de especialistas, pois as plantas daninhas também são especialistas na sua própria sobrevivência e continuarão a se adaptar e evoluir, e assim perdurarão no ambiente. Você, como um profissional de agronomia, saberá como lidar com essa situação se adaptando e evoluindo as atuais técnicas de manejo.

Bons estudos!

# Unidade 1

---

## Biologia e ecologia das plantas daninhas

### Convite ao estudo

Caro aluno, estamos iniciando nossa jornada ao aprendizado à disciplina de *Controle de Plantas Daninhas*. E, para tanto, você já se perguntou o que é uma planta daninha? Por que são assim intituladas? Trata-se de um termo relativo, e, juntos, iremos descobrir o porquê.

Nesta unidade você compreenderá o conceito de plantas daninhas, as suas principais características, como são classificadas, como interferem no desenvolvimento de outras plantas e seus mecanismos de sobrevivência. Esses conhecimentos serão importantes para que você saiba analisar as características gerais das plantas daninhas e os fatores que são preponderantes para entender a dinâmica do seu manejo em sistemas produtivos.

Mas, antes que você estude o conteúdo da nossa primeira aula, aguce sua curiosidade sobre o assunto e se imagine em um cenário em que você é um agrônomo recém-contratado para coordenar o manejo de plantas daninhas de uma empresa, que tem várias áreas de produção, de diversas culturas, no estado do Paraná, região característica de produção de culturas anuais. Portanto, seu objetivo é coordenar o manejo nos sistemas produtivos que a empresa tem utilizado, realizando adicionalmente um estudo das características das plantas daninhas e quais fatores estão influenciando seu manejo.

Assim sendo, o proprietário diz que observou que o controle de plantas daninhas está decrescendo nos últimos anos, e esse baixo controle foi observado em áreas distintas que utilizam dois tipos de sistema de cultivo: o convencional e o Sistema de Plantio Direto (SPD). Em ambos os sistemas, na maioria das áreas, cultivam-se duas culturas em rotação, ou seja, que são cultivadas no mesmo espaço, mas separadas por uma sequência temporal. Assim, o preparo da área é realizado semeando-se aveia (*Avena sativa* L.) na entressafra seguido do cultivo de milho (*Zea mays* L.). No sistema convencional, após a colheita da aveia é realizada uma gradagem pesada, seguida de uma gradagem leve e o plantio do milho é realizado. Nas áreas de SPD, o plantio do milho é realizado logo após a aveia ser colhida, sendo realizado sobre sua palhada, ou seja, sem revolvimento do solo. Vale ressaltar que, ambos os plantios do milho são realizados no início das chuvas (primavera), e que essa mudança de algumas áreas para o SPD fora idealizada pelo

agrônomo anterior, que objetivou proporcionar, além da produção de aveia, uma boa camada de palhada para se obter os benefícios do plantio direto para a cultura do milho.

Assim, caro aluno, como você poderia opinar sobre tal problemática, como dois cultivos distintos podem exercer efeitos sobre as plantas daninhas sem mesmo você visitar a área? Como você imagina que ocorra um aumento ou diminuição da população de plantas daninhas em função do tipo de manejo realizado?

Para que você possa entender a importância dessas plantas, nesta unidade estudaremos desde a noção básica do que é uma planta daninha, passando pelas características de agressividade e de suas estratégias de sobrevivência, pelos processos de reprodução e disseminação. Características tais que dão essa identidade de danosas a essas plantas, como sendo plantas que interferem na produção agrícola. Portanto, nesta unidade definiremos o conceito de planta daninha, demonstrando desde os conceitos acadêmicos mais utilizados até conceitos mais simples, que façam você compreender o que é uma planta daninha, assim como identificar as características que tornam essas plantas tão agressivas de modo a competir com a produção agrícola. Também compreenderá como elas interferem, como são classificadas e quais seus mecanismos de sobrevivência.

# Introdução à ciência das plantas daninhas: biologia e ecologia

## Diálogo aberto

Conhecer o conceito e compreender o que é uma planta daninha é de extrema importância para um profissional de agronomia, sendo que essas plantas constituem como o grupo de agentes bióticos que mais causam a redução da produção agrícola mundial. Conhecer as espécies, suas possíveis interferências e fazer as tomadas de decisão para seu manejo compreendem as atribuições de um profissional de agronomia.

Voltando na questão em que você foi contratado como encarregado de coordenar o manejo de plantas daninhas, imagine que em sua primeira reunião, o seu empregador pede ajuda com o controle de plantas daninhas em áreas problemáticas de cultivo de aveia e milho, tanto no sistema convencional quanto no sistema de plantio direto, em que este enfatiza que o controle está decrescendo com o passar do tempo. Você ainda desconhece as áreas e necessita de dados para poder opinar e fazer uma tomada de decisão com segurança.

Mesmo após uma visita aos locais, devido aos altos níveis de infestação de plantas daninhas, você chega à conclusão de que é difícil diagnosticar visualmente e então pede para que um levantamento florístico de plantas daninhas seja realizado, no qual você precisa saber o número de plantas daninhas e o número de plantas de milho de algumas dessas áreas-problema. Vale ressaltar que a época atual é primavera, e todas as áreas que visitaram foram semeadas com milho, e que estas estão com as plantas com aproximadamente um mês após a emergência.

Após serem realizadas as avaliações de campo, com os dados obtidos, foi possível observar que em ambos os sistemas de cultivo, no qual há uma alta infestação de plantas daninhas, há também uma menor população de plantas de milho quando comparado ao esperado. Considerando somente a interação entre plantas daninhas versus cultura, o que causou essa correlação negativa entre o aumento de plantas daninhas e a diminuição de plantas de milho? Que efeitos foram capazes de reduzir a população de plantas de milho? Esses efeitos atuam isoladamente ou em conjunto? Por que as plantas daninhas obtiveram essa vantagem sobre as plantas de milho?

Para responder a estes questionamentos, avance nos estudos da primeira aula. Ao final deste material, você deterá uma base de conhecimentos suficiente para entender como as plantas daninhas possuem estratégias para

sobreviver em ambientes com muita alteração, como é o caso do ambiente agrícola. Assim, você começará a compreender a dinâmica dessas plantas e como poderá traçar estratégias para diminuir o seu dano nas áreas onde você está realizando o seu estudo.

Bons estudos!

Não pode faltar

## Não pode faltar

Na ciência das plantas daninhas, muitas são as tentativas de se tentar definir o que é uma planta daninha da maneira mais simples e correta possível. Você, caro aluno, já se perguntou por que essas plantas são assim conhecidas? Muitas outras nomenclaturas são utilizadas para tal, como “plantas infestantes”, “plantas espontâneas”, “mato”, entre outras. “Ervas daninhas” também é uma definição muito utilizada, porém, como veremos ao decorrer desta unidade, nem sempre uma planta daninha tem o hábito vegetativo de ser herbácea.

Assim, uma definição generalista de plantas daninhas seria que se trata de uma planta indesejada e que causa danos à outra planta. Muitas vezes, as plantas daninhas ainda são classificadas como pragas, assim como os fitopatógenos, vetores de doenças de plantas, nematoides e roedores. De maneira geral, são plantas que crescem espontaneamente em locais de atividades antrópicas e que causam prejuízos a essas atividades. Silva e Silva (2007) agrupam as plantas daninhas em comuns e verdadeiras, sendo as comuns aquelas que não sobrevivem em condições adversas, como plantas de soja remanescentes de seu semeio que germinam numa entressafra, enquanto as plantas verdadeiras são aquelas que possuem características especiais, como a dormência ou agressividade, por exemplo, que veremos mais adiante nesta unidade.

Algumas definições, como a de Monaco et al. (2002) sugerem que plantas daninhas são plantas em crescimento no qual não são desejadas e que estão “deslocadas”, ou seja, que estão fora de seu lugar. Esta definição é interessante, pois caracteriza que estas plantas estão fora de seu nicho ecológico, ou seja, fora de seu habitat e de seu papel no ecossistema. Contudo, na evolução das plantas essas tiveram um nicho ecológico de extrema importância, e Pitelli (1987) destacou isso, dizendo que são plantas pioneiras e que sempre existiram com a fundamental importância na recuperação de áreas onde a vegetação original foi extinta por processos naturais, não sendo exclusivas de ecossistemas agrícolas.

Portanto, historicamente, desde que há agricultura, há plantas daninhas. Pinturas egípcias demonstravam o trabalhador rural com implementos para retirar plantas “indesejadas” e semear as plantas selecionadas. Mesmo a Bíblia tem várias referências com plantas daninhas, em uma delas: “O reino dos céus é semelhante ao homem que semeia a boa semente no seu campo; mas, dormindo os homens, veio o seu inimigo, e semeou joio no meio do trigo, e retirou-se. E, quando a erva cresceu e frutificou, apareceu também o joio”. (Mateus 13:24-26), onde o joio (*Lolium temulentum* L.) seria a planta daninha e o centeio (*Secale cereale* L.), a cultura de interesse, tendo então origem anterior à agricultura.

Assim, pode-se dizer que as plantas, hoje consideradas daninhas, sempre existiram e sempre existirão. Quanto à sua evolução, desde o descobrimento da agricultura, o homem vem separando as espécies selvagens de interesse das espécies de não interesse. Enquanto as espécies de interesse foram selecionadas com o decorrer do tempo, sendo domesticadas sempre em condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento, as indesejadas foram se adaptando a ambientes com alto distúrbio e alta competição, e assim necessitaram de mecanismos que garantiriam sua sobrevivência.

Geralmente, as plantas daninhas são de hábito de crescimento herbáceo (veremos isso mais com detalhes adiante), com ciclo curto e alto potencial biótico (capacidade máxima de reprodução), que podem sobreviver a vários processos, desde os naturais, como seca, baixa ou alta irradiância solar e baixa fertilidade, até processos de origem antrópica, como revolvimento do solo, irrigação, alta salinidade nos locais onde é realizada a adubação, diferentes espaçamentos da cultura (levando à baixa incidência de luz), dentre outros. Assim sendo, conforme Baker (1974, p. 4), uma planta daninha considerada como ideal deve possuir as seguintes características:

1. Possibilidade de germinação em vários tipos de ambientes;
2. Germinação descontínua e grande longevidade da semente;
3. Rápido desenvolvimento da fase vegetativa para a floração;
4. Produção contínua de sementes enquanto as condições de crescimento permitirem;
5. Autocompatibilidade, mas não completa autogamia ou apomixia;
6. Polinização cruzada, quando possível, por agentes não especializados ou pelo vento;
7. Alta produção de sementes em condições ambientais favoráveis;
8. Produção de sementes em ampla gama de condições ambientais;

9. Adaptações para a dispersão de curta e longa distância;

10. Se for perene, que tenha reprodução vegetativa vigorosa ou regeneração por fragmentos;

11. Se for perene, que seja de alta plasticidade, para quando sofrer danos não ser retirada do solo facilmente;

12. Capacidade de competir com outras espécies por meios especiais, como o crescimento mais rápido que outras plantas (crescimento supressivo) e a liberação de substâncias alelopáticas.

Vale ressaltar que as plantas daninhas podem demonstrar várias dessas características, porém não todas de maneira simultânea. E, por estas plantas possuírem tais características, podem sobreviver, se desenvolver e se disseminar de uma maneira muito mais eficaz que as outras plantas, e assim causam prejuízos em cultivos agrícolas, direta e indiretamente.

De maneira geral, diretamente, elas podem competir por recursos essenciais como luz, água,  $\text{CO}_2$  e nutrientes, e de forma indireta podem hospedar pragas e patógenos, liberarem substâncias conhecidas como alelopáticas e dificultar quase todos os processos no campo, como plantio, pulverizações e colheita. E como tudo na natureza acontece em interação, todos esses danos podem atuar em conjunto, ao mesmo tempo, causando prejuízos quando essas plantas não são manejadas corretamente (Figura 1.1).

Figura 1.1 | Alta infestação de plantas daninhas em pomar de citros



Fonte: acervo do autor.



### Refleta

Como visto na Figura 1.1, temos uma alta infestação de plantas daninhas cobrindo toda a planta de citros, no qual podemos ver uma espécie suprimindo a parte aérea e outras a rodeando, como gramíneas e outras plantas. De todos os processos fisiológicos da planta de citros, qual está sendo mais afetado? A planta daninha dominante é trepadeira, epífita ou parasita? Além disso, em quanto tempo você imagina que este domínio das plantas daninhas aconteceu?

Porém, como a biodiversidade das espécies de plantas daninhas é muito grande, estas têm grande potencial de utilização também de forma benéfica, não apresentando somente características danosas à agricultura. Um manejo racional das plantas daninhas contribui para melhoria da estrutura dos solos, prevenção da compactação, ciclagem de nutrientes e redução de custos no manejo integrado de pragas e doenças. Além disso, a competição entre as plantas consideradas daninhas e a cultura não se dá em todo o ano, mas em determinado momento ou período em que um dos fatores de produção seja escasso e no momento crítico para a cultura, como mostraremos mais adiante.

Um exemplo é a utilização de plantas como do gênero *Urochloa* (também conhecido como *Brachiaria*), que são consideradas como plantas daninhas a algumas culturas, mas que podem ser utilizadas como culturas de cobertura na entrelinha de pomares de citros (Figura 1.2). Assim, promovem uma série de benefícios, como diminuição da erosão do solo, aumento das taxas de infiltração de água no solo e de ciclagem de nutrientes, melhora das condições microbiológicas do solo, entre outros benefícios (AZEVEDO et al. 2014, p. 92). Além disso, a biomassa dessas plantas, quando utilizadas como culturas de cobertura, ainda podem ser usadas para promover uma camada de palha ao redor das plantas de citros com a utilização de um equipamento denominado roçadora ecológica, camada conhecida como *mulch* e que também possui efeito no controle de plantas daninhas (MARTINELLI et al., 2017). Essa camada formada pela palhada pode ser vista na linha de plantio dos citros à direita na Figura 1.2. Outro exemplo é a utilização de espécies que promovem o aumento de agente polinizadores, como o caso da espécie nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.), como na linha de plantio à esquerda na Figura 1.2. Vale ressaltar que ambas as espécies, tanto a braquiária quanto a nabiça são consideradas plantas daninhas a várias culturas, mas se manejadas corretamente e em épocas que não interferem com a cultura, podem ter seus efeitos benéficos explorados.

Figura 1.2 | Uso de braquiária ruziziensis [*Urochloa ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Crins] como cultura de cobertura em pomares de citros



Foto de área experimental do Centro de Citricultura Sylvio Moreira – Instituto Agronômico de Campinas (IAC)  
Fonte: acervo do autor.

Portanto, podemos definir relativamente, que plantas daninhas são plantas indesejadas em algum espaço e/ou tempo, e que toda planta pode se comportar como uma planta daninha. Porém, não podemos esquecer que elas têm seu papel no meio ambiente e também podem ser utilizadas para efeitos benéficos, mesmo que seja mais difícil, demandando maior nível tecnológico do produtor.

Mas, como as plantas daninhas são classificadas? Como podemos separá-las em grupos em que possamos prever possíveis problemas e/ou padrões de competição? Geralmente, as plantas daninhas podem ser classificadas quanto ao seu ciclo biológico, hábito vegetativo, habitat e à taxonomia (por famílias). Mas vale ressaltar que esse sistema não é exclusivo das plantas daninhas e sim para qualquer planta.

Quanto ao ciclo biológico as plantas daninhas podem ser classificadas em anuais, bianuais e perenes (adaptado de MONACO et al. 2002; SILVA; SILVA, 2007).

As anuais são plantas que completam seu ciclo em menos de um ano, ou seja, de semente a produzir sementes. As plantas daninhas anuais geralmente possuem grande abundância de sementes dormentes e rápido crescimento e desenvolvimento, são persistentes e constituem um grupo problemático. Podem ainda ter uma subclassificação em anuais de inverno e de verão. As anuais de inverno germinam no outono e/ou no inverno, crescem e se desenvolvem, produzem sementes e podem morrer até no meio do verão, de maneira geral. Suas sementes ficam dormentes durante o período quente do ano por meio das temperaturas mais altas do solo, assim as sementes produzidas e disseminadas ficam dormentes até o próximo outono-inverno. As anuais de verão são o oposto

das anteriores, germinando na primavera e/ou verão, crescem e se desenvolvem, produzem sementes e podem morrer até no começo do outono, também de maneira geral. Suas sementes ficam dormentes durante o período mais frio do ano por meio das temperaturas mais baixas do solo, então as sementes produzidas e disseminadas ficam dormente até a próxima primavera.

As bianuais são plantas que vivem mais de um ano, porém menos que dois. Durante sua primeira fase de crescimento, geralmente desenvolvem somente a fase vegetativa, e após um período frio e/ou de seca, o desenvolvimento reprodutivo é iniciado com a indução floral e suas diferenciações, com a produção de frutos, seguida de morte.

As perenes são plantas que vivem mais de dois anos e são caracterizadas por renovar seu crescimento ano após ano, emitindo novos ramos sempre que têm condição para tal. A maioria se reproduz por sementes, mas muitas podem se propagar vegetativamente. As perenes são classificadas como perenes herbáceas simples e complexas, e perenes lenhosas. As perenes herbáceas simples se reproduzem por sementes e não têm condições de se propagar vegetativamente de maneira natural, somente quando feridas e/ou divididas em outras partes, sendo que essas outras partes podem formar uma nova planta. As perenes herbáceas complexas são plantas que se reproduzem por sementes e por propagação vegetativa, como por estolões, rizomas ou por um sistema radicular que possui gemas, enquanto as perenes lenhosas são aquelas cujo caule e ramos têm crescimento secundário com espessamento do caule, além de possuírem um incremento de crescimento vegetativo anual.



### Assimile

A propagação vegetativa é o método de reprodução das plantas de forma assexuada, por partes da planta como células, tecidos, órgãos ou propágulos, originando clones, ou seja, indivíduos idênticos à planta mãe. Os principais órgãos de propagação vegetativa são os rizomas, estolões, bulbos e tubérculos.

Os rizomas são um tipo de caule que cresce horizontalmente, que pode ser subterrâneo (com maior frequência) e/ou aéreo, e possui nós e gemas que podem formar raízes, folhas e originar novas plantas.

Os estolões são um tipo de caule que cresce paralelamente ao chão, produzindo gemas que podem formar raízes, folhas e originar novas plantas.

Os bulbos são órgãos formados por bainhas foliares sobrepostas em camadas e se propagam pelo desenvolvimento de gemas durante a fase reprodutiva das plantas.

Os tubérculos são tipos de caules arredondados que se desenvolvem abaixo da superfície do solo como órgãos de reserva de energia, além

de servir como meio de propagação vegetativa por possuírem gemas. Portanto, plantas que utilizam dessa estratégia têm um aumento significativo em sua sobrevivência em ambientes com distúrbio, como é o ambiente agrícola.

Quanto ao hábito vegetativo (de crescimento), podem ser classificadas como: herbáceas, que são plantas de baixo porte sem caule lignificado, como as espécies de caruru (*Amaranthus* spp.) e de braquiária (*Urochloa* spp.); subarbustivas, que são plantas com ramificações desde sua base, que possuem caule lignificado e de pequeno porte, como a malva-branca (*Sida cordifolia* L.); arbustivas, que são plantas com ramificações desde sua base, que possuem caule lignificado e alcançam um porte médio, como a mamona (*Ricinus communis* L.); arbóreas, que são plantas que apresentam ramificações bem definidas acima da base do caule que possuem caule lignificado e alcançam um porte alto, como a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit); trepadeiras, que são plantas que crescem sobre outras plantas sem utilização de seus fotoassimilados e que têm contato com o solo, como as espécies de corda-de-viola (*Ipomoea* spp.); as epífitas, que são plantas que crescem sobre outras plantas sem utilização de seus fotoassimilados e que não têm contato com o solo, a mururé (*Utricularia reniformis* A.St.-Hil.), por exemplo a mururé (*Utricularia reniformis* A.St.-Hil.) e as parasitas, que são plantas que crescem sobre outras plantas beneficiando-se de seus fotoassimilados, como as espécies de erva-de-passarinho (*Struthanthus* spp.).



### Exemplificando

As plantas daninhas classificadas como perenes herbáceas complexas têm alta capacidade de reprodução e são de difícil controle, principalmente por equipamentos agrícolas que revolvem o solo e por herbicidas que não se translocam na planta. Portanto, áreas agrícolas problemáticas com esse tipo de planta daninha necessitam de programas de manejo específicos, senão o método de controle utilizado pode vir a ser o disseminador dessas plantas.

Quanto ao habitat, por serem organismos sésseis, pode-se classificar as plantas daninhas em três grandes grupos, como as terrestres, que são plantas que vivem sobre o solo; as aquáticas, plantas que vivem em ambientes aquáticos; as aéreas, plantas que vivem com as raízes fora do solo e do ambiente aquático, adquirindo nutrientes via parasitismo, ou aproveitando da outra planta somente para suporte (plantas epífitas); e, por fim as plantas indiferentes, que são plantas que crescem tanto em ambiente aquático, como fora dele.

Quanto à taxonomia, as plantas daninhas são classificadas em monocotilôneas, comumente denominadas de “plantas de folha estreita”, e em

eudicotiledôneas, comumente denominadas de “plantas de folha larga”. É interessante notar que no reino Plantae existem cerca de 400.000 espécies, das quais cerca de 200 são consideradas plantas daninhas problemáticas em todo o mundo, e das 300 famílias de plantas, apenas 12 compreendem 68% das piores plantas daninhas do mundo (HOLM et al., 1977 apud MONACO et al., 2002). Ainda, dentre as 12 famílias, somente a Poaceae e a Asteraceae compõem 43% das plantas daninhas mais agressivas (MONACO et al., 2002).

As três das principais famílias das Monocotiledôneas são Poaceae, Cyperaceae e Commelinaceae. Os representantes de Poaceae são conhecidos popularmente como capins ou gramas, podendo ser anuais ou perenes, herbáceas até lenhosas. Como plantas daninhas muito conhecidas, alguns exemplos são: as braquiárias (*Urochloa* spp.), como a *U. decumbens* (Stapf) R. D. Webster, uma espécie perene, de crescimento cespitoso, produz rizomas e estolões, além de se reproduzir por sementes; capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde), espécie perene, que se reproduz por sementes e por rizomas; capim-colchão (*D. horizontalis* Willd. e *D. sanguinalis* (L.) Scop.), espécies anuais, com reprodução por sementes; capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.), espécie anual, emite muitas raízes, e se reproduz somente por sementes; capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), espécie perene, que se reproduz por rizomas e sementes. Nesta família também se encontram muitas culturas, como o trigo (*Triticum* spp), arroz (*Oryza* spp.), milho (*Zea mays* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), entre outras.

A família Cyperaceae é composta por plantas herbáceas, em geral, emitem rizomas e possuem caules característicos por serem triangulares em secção transversal. Podem ser anuais ou perenes. Como maiores exemplos temos a tiririca (*Cyperus rotundus* L.), espécie rizomatosa, tuberosa e que se reproduz quase que exclusivamente por tubérculos; o tiriricão (*C. esculentus* L.), espécie que se reproduz por sementes e tubérculos, formados nos rizomas; a junça (*C. iria* L.), que se reproduz por sementes; e, o junquinho (*C. difformis* L.), espécie que se reproduz exclusivamente por sementes.

Commelinaceae é composta por plantas herbáceas e perenes. Como maiores exemplos, podemos citar a trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), que é uma espécie que se ramifica muito e possui enraizamento em seus nós, e possui uma característica peculiar, produzindo flores dimórficas em brotos aéreos e subterrâneos, e dois tipos diferentes de sementes, grandes e pequenas; ainda se propaga vegetativamente quando dividida em mais pedaços. Outra espécie seria a trapoerabinha (*Murdania nudiflora* (L.) Brenan), a qual também é muito ramificada e que também possui enraizamento em seus nós, mas que se reproduz principalmente por sementes.

Com relação às Eudicotiledôneas, podemos destacar Asteraceae, Amaranthaceae e Convolvulaceae.

A família Asteraceae é uma das famílias com mais espécies dentro das angiospermas, e possui várias espécies cultivadas, como a alface (*Lactuca sativa* L.) e o girassol (*Helianthus annuus* L.). Como exemplos de plantas daninhas, têm-se as espécies de picão-preto (*Bidens pilosa* L. e *B. subalternans* DC.), que são plantas anuais, herbáceas, com alto potencial biótico, e se reproduzem por sementes; as espécies de buva (*Conyza* spp.) que são plantas anuais, com alto potencial biótico, chegando a produzir 200.000 sementes por planta; e as espécies de botão-de-ouro (*Galinsoga* spp.), a losna-branca (*Parthenium hysterophorus* L.) e o mentrasto (*Ageratum conyzoides* L.), todas anuais, com reprodução por sementes.

A família Amaranthaceae contém espécies com inflorescências muito densas, com algumas espécies demonstrando altas taxas de crescimento, sendo que muitas das plantas dessa família são invasoras. Como exemplos, têm-se: as espécies de caruru (*Amaranthus* spp.), que são espécies anuais, com alto potencial biótico, que podem atingir mais de um metro de altura e reproduzem-se por sementes; a espécie apaga-fogo (*Alternanthera tenella* Colla), que pode ser anual ou perene, com folhas de tamanho e forma variáveis, podendo chegar a mais de um metro de altura, e reproduzem-se por sementes; e a espécie ançarinhá-branca (*Chenopodium album* L.), que é uma planta anual, em média alcança até um metro de altura, porém há relatos de biótipos que alcançaram mais de dois metros, reproduzindo-se por sementes.

As espécies da família Convolvulaceae são reconhecidas pelas belas flores em formato de cone e por serem trepadeiras, com crescimento herbáceo ou como subarbustos. Como maiores exemplos, constam as cordas-de-viola (*Ipomoea* spp.), que são espécies anuais, formando ramos de vários metros de comprimento, e se reproduzem por sementes; e, a campainha (*Merremia cissoides* (Lam.) Hallier f.), que também é uma planta anual, que possui folhas palmadas bem características e que também forma ramos de vários metros de comprimento e se reproduzem por sementes.



### Pesquise mais

No texto Quais são as folhas e ervas 'não convencionais' que têm feito sucesso com médicos e chefes de cozinha, você encontrará uma interessante leitura sobre as Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), que são plantas que estão sendo descobertas (ou redescobertas) para a alimentação e medicamentos. E de quais tipos de plantas que estamos falando? Simplesmente as plantas que são denominadas como plantas daninhas, como o caruru (*Amaranthus* spp.) e a serralha (*Sonchus oleraceus* L.), por exemplo. Portanto, tenha em mente que o conceito de

planta daninha é sempre relativo, como mencionado durante todo o texto, pois algumas dessas plantas podem vir a se tornarem culturas.

WITZEL, N. Quais são as folhas e ervas 'não convencionais' que têm feito sucesso com médicos e chefes de cozinha. *Jornal O Globo*.

Agora vamos exercitar um pouco sobre as características gerais das plantas daninhas e sobre a dinâmica dessas plantas em sistemas agrícolas!

### Sem medo de errar

Caro aluno, agora que você estudou este material sobre noções da biologia e ecologia de plantas daninhas e já está um pouco familiarizado com o tema, vamos voltar ao seu trabalho como coordenador de manejo de plantas daninhas.

Somente para lembrar, seu empregador pede ajuda com o controle de plantas daninhas para algumas áreas em que são cultivados em sequência a aveia e o milho, e o que diferencia as áreas são que algumas utilizam do sistema de cultivo convencional (com revolvimento do solo) e que algumas utilizam o sistema de plantio direto (sem revolvimento do solo e plantio realizado sobre a palha). Após avaliações serem realizadas, tanto da contagem de plantas daninhas, quanto da contagem de plantas de milho, verificou-se que houve uma queda na população de plantas de milho com o aumento da população de plantas daninhas. Assim, os questionamentos feitos a você foram no sentido do porquê isso ter ocorrido, quais efeitos e se atuam isoladamente ou em conjunto, e do porquê as plantas daninhas terem obtido essa vantagem sobre as plantas de milho.

Com essas informações e o que você estudou nesta seção, essa é uma situação simples de ser resolvida e bem conceitual ao tema, porém, muito importante para o entendimento de problemas práticos.

Visto que foi ressaltado que somente o efeito da interação de plantas daninhas versus cultura de interesse deve ser considerado, essa correlação negativa (quando o aumento de um fator exerce diminuição de outro) foi devido ao convívio ao mesmo tempo, e praticamente mesmo espaço, entre as plantas recém-emergidas de milho e as plantas daninhas, levando à competição por recursos essenciais, como luz, água, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, etc.), assim como a possíveis efeitos alelopáticos, todos atuando em conjunto e a favor das plantas daninhas. Assim, por serem um tipo mais agressivo de planta, tiveram uma vantagem competitiva à cultura, e por meio de competição dos recursos essenciais, suprimiram o desenvolvimento das plantas de milho, que numa condição severa de infestação de plantas daninhas podem morrer.

Então, verifica-se que esse tipo de cultura é extremamente suscetível às plantas daninhas no começo de seu desenvolvimento e o controle de plantas daninhas não pode ser negligenciado pela sua equipe de trabalho, visto que se mal realizado pode ocasionar altíssimas perdas de produção pela empresa. Neste caso, com um mês após a emergência as plantas de milho, ainda não são capazes de sombrearem e suprimirem as plantas daninhas.

O porquê de as plantas daninhas levarem vantagem sobre a cultura do milho nesse caso se deve às características dessas espécies (demonstradas anteriormente, durante a apresentação dos conteúdos dessa aula), que são plantas com uma eficiência maior em capturar os recursos do meio ambiente e se reproduzirem numa taxa maior que as culturas.

Por fim, essa primeira situação foi bem conceitual e demonstra de uma maneira simples como as plantas daninhas podem ser agressivas e ter a vantagem competitiva sobre as culturas, e por isso são comumente conhecidas como plantas que causam danos, ou seja, plantas daninhas. Assim, é de extrema importância saber definir e entender como as plantas daninhas levam vantagens sobre as culturas em determinados fatores, pois o manejo depende de ações que interrompam ou diminuam a capacidade das plantas daninhas em se desenvolver e se disseminar.

## Avançando na prática

# Problema com planta daninha em citros orgânico

### Descrição da situação-problema

Imagine um cenário onde você trabalhe como um profissional de agronomia, como coordenador de manejo para uma empresa que produz frutos de citros de forma orgânica, ou seja, que não pode haver utilização de nenhum produto fitossanitário como herbicidas, fungicidas e inseticidas no manejo dos pomares.

Assim, em todas as suas áreas de produção você tem problemas com altas infestações de trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) na área da linha de plantio (também denominada de “coroa” das plantas) que aumentam a cada ano, se tornando a principal planta daninha, e o único modo de controle utilizado é pelo uso de roçadoras acopladas em tratores que cortam as plantas daninhas que ficam em volta do caule das plantas de citros, sendo realizado uma vez por mês durante todo o ano. Assim, **como você explicaria esse aumento dessa importante e agressiva planta daninha?** Mesmo que não tenhamos estudado sobre métodos e controle de plantas daninhas, **o que está**

## acontecendo nesse caso?

### Resolução da situação-problema

A resposta para esse caso é bem simples, pois essa é uma planta daninha que está sendo propagada ao invés de ser controlada. O método de controle utilizado mensalmente está disseminando essa planta daninha cada vez mais, e por isso essa se tornou a mais importante. A trapoeiraba, além de possuir dois tipos de sementes, se propaga de maneira vegetativa com muita facilidade, então cada corte que é realizado pela roçadora, muitas outras “trapoeirabas” são originadas e assim houve aumento de sua população no decorrer do tempo. Vale ressaltar que os citros, como as laranjas, tangerinas, limas e limões, por serem plantas perenes que convivem com as plantas daninhas durante todo o seu ciclo, são uma das culturas mais difíceis para se manejar as plantas daninhas sem a utilização de métodos químicos.

Assim, mesmo que você ainda não tenha estudado métodos de controle, uma coisa é certa: o manejo dessa planta daninha deve ser alterado, e este tipo de roçadora não deverá ser utilizada por um tempo. Portanto, como podemos controlar essa planta daninha sem utilizar métodos químicos? Você verá mais adiante em uma outra unidade.

### Faça valer a pena

**1.** As plantas daninhas compõem espécies que são especialistas em sobrevivência e dispõem de inúmeras estratégias de reprodução. Algumas destas são de maior problema para controle, pois além de se reproduzirem por sementes, têm vários órgãos especializados na propagação vegetativa, e desta maneira podem “escapar” de certos tipos de controle.

Quais espécies apresentadas possuem espécies características que se reproduzem além de sementes?

- a) *Panicum maximum* e *Amaranthus hybridus*.
- b) *Panicum maximum* e *Ipomoea triloba*.
- c) *Amaranthus deflexus* e *Digitaria insularis*.
- d) *Commelina benghalensis* e *Cyperus rotundus*.
- e) *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa*.

**2.** As espécies de plantas daninhas são classificadas de diversas maneiras, mas uma delas mostra quando as plantas anuais geralmente germinam, em épocas bem específicas, nos quais os fatores ambientais iniciarão algum tipo de sinal nas sementes para estas germinarem.

De maneira geral, em que época do ano as plantas anuais de verão e de inverno recebem condições que mantêm sua dormência e não iniciam os processos de germinação? E em que período estas se “programam” para disseminar suas sementes?

- a) Verão e inverno; inverno-primavera e verão-outono.
- b) Inverno e verão; inverno-primavera e verão-outono.
- c) Verão e inverno; verão e inverno-primavera.
- d) Inverno e verão; verão e verão-outono.
- e) Inverno e verão; inverno e verão.

**3.** Planta daninha é um termo utilizado para as plantas que podem causar danos em um determinado tempo e espaço. Porém, essa é uma classificação dada pelo homem, e algumas plantas exibem um grupo de características que fazem estas serem objeto de controle num sistema agrícola.

Qual alternativa demonstra as características das plantas que são consideradas como daninhas?

- a) Baixa produção de sementes, germinação simultânea e rápido desenvolvimento.
- b) Autocompatibilidade, germinação simultânea e rápido desenvolvimento.
- c) Germinação descontínua, dispersão de longa distância e baixa produção de sementes.
- d) Autocompatibilidade, desenvolvimento retardado e germinação simultânea.
- e) Germinação descontínua, germinação em vários ambientes e rápido desenvolvimento.

## Características da agressividade de plantas daninhas

### Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção você aprenderá quais os recursos que as plantas daninhas mais competem e, com casos reais de experimentos sendo citados durante o texto, você conseguirá contextualizar os efeitos que essas plantas causam quando competem por tais recursos e interferem na produção agrícola. Aqui você irá conhecer também sobre a alelopatia, a qual é uma estratégia química que as plantas “utilizam”, e, por fim, também conhecerá os períodos críticos de interferência, ou seja, os períodos que as plantas daninhas mais interferem no desenvolvimento das culturas.

Adicionalmente, para aplicar os conteúdos que serão adquiridos por você, vamos voltar ao caso em que você é um agrônomo recém-contratado para coordenar o manejo de plantas daninhas de uma empresa detentora de várias áreas de produção, onde, na maioria delas, é semeado aveia na entressafra seguido do cultivo de milho.

Imagine agora que o seu empregador o questiona sobre uma segunda área em que a aveia sempre apresenta altíssima produção de biomassa e de grãos, e que o controle de plantas daninhas foi eficiente, porém, que os níveis de produtividade do milho vêm curiosamente caindo nos últimos três anos, sem que as plantas demonstrem algum sintoma visual característico. Vale ressaltar que a variedade de milho utilizada nessa área é do tipo precoce.

Após o primeiro ano, o seu empregador, confuso com os resultados de produtividade pede para realizarem amostragens de solo para verificarem os suprimentos de nutrientes da área, e para o espanto, os níveis se mantiveram adequados para altas produtividades do milho, sendo que o mesmo cenário ocorreu no ano posterior. Ou seja, a depleção de nutrientes foi descartada. Então, confuso com resultados ele pede que você levante hipóteses das possíveis causas. **Considerando somente os fatores da interação entre culturas e plantas daninhas (sem considerar herbicidas neste momento), o que seria possível que tivesse ocorrido e ainda está ocorrendo nesta área? Como esse fenômeno afeta as plantas? E quais seriam suas recomendações para mitigá-lo?**

Para resolver essas questões, primeiramente você precisa entender o que compõe as características de competição das plantas daninhas sobre as culturas, e como elas podem afetá-las sem necessariamente competir por recursos e, também, quando esses processos são de maior significância.

Bons estudos!

As plantas daninhas ocasionam prejuízos basicamente pela competição a algum recurso com o ser humano, seja competindo por recursos e/ou atrapalhando o desenvolvimento de uma planta cultivada, intoxicando animais ou interferindo com o trabalho do ser humano em áreas agrícolas cultivadas ou áreas não cultivadas. Mas o que seria a interferência? No caso, interferência nada mais é do que a associação das interações negativas entre as plantas, seja por competição por recursos e/ou alelopatia.

De maneira geral, as plantas daninhas podem diminuir a produtividade vegetal e animal, diminuindo a qualidade de seus produtos e a eficiência da utilização do solo, aumentando os custos de produção com pragas e doenças, e ainda os problemas com manejo de água (MONACO et al., 2002).

Assim, como essas plantas acabam por ocasionar prejuízos? Sempre de forma direta? A resposta é que causam tanto de forma direta, quanto indireta. Silva e Silva (2007) destacam que de forma direta, as plantas daninhas podem causar prejuízos por competirem com outras plantas por recursos como a luz, água, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e, de outra forma, por liberarem substâncias alelopáticas, que podem inibir o crescimento e desenvolvimento de outras plantas e também as culturas. Além disso, os autores pontuam que reduzem a qualidade do produto comercial, que são responsáveis pela não certificação da comercialização de sementes de culturas, podem intoxicar animais domésticos em pastagens e que algumas plantas daninhas podem parasitar culturas e plantas ornamentais. De forma indireta, os mesmos autores destacam que podem ser hospedeiras intermediárias de pragas, patógenos e insetos-vetores, dificultam práticas culturais e operações no campo como a colheita, e ainda, podem diminuir o valor de terras infestadas, no caso de plantas daninhas problemáticas. Porém, nem sempre essas plantas competem de uma maneira significativa, trazendo benefícios em determinadas situações, portanto, sua interferência é sempre relativa ao espaço e tempo que essas ocorrem.

E por que as plantas competem por recursos? Competem por serem organismos sésseis, ou seja, elas têm que adquirir recursos de alguma maneira por não terem capacidade de locomoção. Assim, as plantas daninhas, como já discutido na unidade anterior, possuem características que fazem com que elas tenham vantagens sobre outras plantas. E, dentre os fatores do ambiente que são passíveis de competição pelas plantas daninhas, destacam-se a luz, a água, o  $\text{CO}_2$  e os nutrientes. Vale ressaltar que a competição por esses recursos ocorre de maneira concomitante na interação entre plantas.

A maioria das plantas daninhas demonstram um comportamento de pulsos de crescimento e de germinação (que veremos mais adiante), em resposta à quantidade e qualidade de luz para regularem seus processos

fotossintéticos. Assim, a competição entre culturas e plantas daninhas será balanceada para o lado que utilizar de maneira mais eficiente a radiação solar. Na grande maioria dos casos, essa interação entre as plantas e a radiação é mais importante para culturas anuais, na qual a janela de competição entre as culturas e as plantas daninhas pela radiação solar é menor, visto que o ciclo dessas culturas é pequeno, e estas têm que se estabelecer e levar vantagens sobre as plantas daninhas rapidamente. Para as culturas perenes, essa competição é maior na implantação da cultura, mas se não forem bem manejadas, as plantas daninhas podem durante anos competir com a cultura pela luz disponível, antes que o sombreamento pela cultura seja exercido sobre as plantas daninhas, suprimindo-as.

A questão da competição por luz é levada no sentido temporal de estabelecimento das plantas, de modo que a planta que se estabelecer primeiro tem grandes chances de ganhar essa competição, e também no sentido espacial, no qual a maior utilização da radiação solar é exercida pela planta que exercer o recobrimento sobre a outra. Porém, muitas plantas, mesmo que tenham menor radiação solar incidente, possuem maior eficiência de uso.

É de conhecimento que a competição pela luz é uma interação complexa entre plantas, que tem uma enorme variabilidade, sendo influenciada pelas espécies envolvidas, seus mecanismos de fixação e concentração de carbono (plantas  $C_3$ ,  $C_4$  e CAM), sua morfologia e também seus estádios fenológicos. A competição pela quantidade de luz é majoritariamente regada pela interceptação da luz, que é determinada pela altura da planta, área foliar e eficiência de absorção de luz pelas folhas, sendo que as plantas ainda podem apresentar diferentes características foliares como angulação, espessura e distribuição vertical, que podem garantir vantagens competitivas. Na competição pela qualidade da luz, esta é em função da relação de conversão no fitocromo entre luz vermelha / luz vermelha-distante (FV:FVd) percebida por uma planta para desempenhar um papel fundamental em influenciar interações entre plantas vizinhas.



### Assimile

Fitocromos são pigmentos proteicos que participam do processo de reconhecimento da luz nas plantas. São responsáveis também pelo fotomorfogênese das plantas em resposta aos espectros de luz vermelha (FV; 620-700 nm) e vermelho-distante (FVd; 710-850 nm). Assim, como no ambiente as plantas recebem todo o espectro de luz, os fitocromos utilizam a razão FV:FVd para regular alguns processos como a germinação de sementes e a prevenção de sombreamento, por meio da emissão de folhas mais finas e do alongamento dos entrenós.

Alguns exemplos na literatura demonstram bem como a competição por luz pode influenciar a interação de culturas e plantas daninhas. Teasdale e Daughtry (1993) relataram que plantas de ervilhaca (*Vicia villosa* Roth.), quando conduzidas como culturas de cobertura, reduziram a densidade de plantas daninhas em até 78% e reduziu a biomassa de plantas daninhas em até 70%. Essas reduções na densidade e biomassa de plantas daninhas foram atribuídas à supressão de luz, mostrando que em 87% dos locais, abaixo da cultura de cobertura, foi recebido menos que 1% de luz solar, e mudanças na qualidade da luz, em que a razão vermelha (FV) para vermelho-distante (FVd) da luz transmitida foi diminuída em 70%.

Em outro trabalho, Weiner (1986) testou vários tipos de competição em plantas de corda-de-violão (*Ipomoea tricolor* Cav.), no qual as plantas cresciam com competição: somente na parte aérea, pelas raízes, pela parte aérea e raízes e sem competição. Algumas constatações foram realizadas: (i) que as plantas que sofriam competição tanto da parte aérea quanto das raízes não diferiam das plantas que somente estavam em competição pelas raízes; (ii) que a competição entre as raízes diminuiu a biomassa média das plantas; e, (iii) a competição na parte aérea aumentou a desigualdade de tamanhos das plantas. Assim, confirmou uma hipótese de que a competição pela luz é assimétrica, na qual o aumento na variabilidade do tamanho das plantas foi devido ao aumento da densidade de plantas, ou seja, à competição pela luz. A assimetria de competição que o autor destaca quer dizer que plantas maiores são capazes de obter mais recursos do que compartilhar, suprimindo o crescimento de plantas menores. O mesmo autor ainda ressalta que a competição por nutrientes pode ser simétrica, quando os recursos são compartilhados igualmente, ou assimétrica, quando os nutrientes podem ser adquiridos pela espécie com maior sistema radicular, por exemplo.

Quanto à competição por água, ou seja, pela umidade do solo, as plantas daninhas demonstram sua altíssima capacidade competitiva, sendo plantas que possuem sistema radicular com eficiência de uso de água disponível no solo muito superior que das culturas. O estresse hídrico causado pela competição com as plantas daninhas pode reduzir a fotossíntese da planta e aumentar as deficiências de nutrientes, levando as plantas ao estresse hídrico e, conseqüentemente, a baixas taxas de crescimento e produtividade.

A maior importância da competição por água entre plantas daninhas e as culturas é determinada pelo período em que a água é um recurso escasso, pela sua magnitude, pelos atributos do solo (capacidade de retenção, textura, estrutura, condutividade hidráulica) e pelos atributos das plantas (sistema radicular, tolerância à seca, eficiência no uso da água). Assim como demonstrado anteriormente para a luz, a competição por água pode ser um processo de competição assimétrico ou simétrico, dependente das plantas em interação.

Em estudo que objetivou determinar o Ponto de Murcha Permanente (PMP) das culturas da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] e do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e das plantas daninhas amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e carrapicho-beiço-de-boi (*Desmodium tortuosum* (Sw.) DC.) (PROCÓPIO et al., 2004), os autores demonstraram que o picão-preto foi a única planta que demonstrou maior eficiência na retirada de água do solo quando se encontrava no período de enchimento de grãos, sendo capaz de extrair água do solo em potenciais hídricos até quatro vezes menores que para as demais plantas. Resultado como esse nos ajuda a entender a magnitude do potencial competitivo dessa espécie, e como tem uma ampla disseminação nas áreas agrícolas.

Num outro experimento de Dalley et al. (2006), que teve como objetivo avaliar a interferência das plantas daninhas na umidade do solo no cultivo de milho (*Zea mays* L.), em duas localidades nos Estados Unidos, os resultados demonstraram que a competição de plantas daninhas no cultivo reduziu significativamente a umidade do solo e de uma maneira rápida, visto que o efeito negativo na umidade do solo foi detectado um mês após o plantio, quando o dossel de plantas daninhas ainda era inferior a 10 cm. Neste estudo, a população de ançarinha-branca (*Chenopodium album* L.) reduziu a umidade nas profundidades de 0-18 e 54-90 cm, e a *Setaria faberi* R.A.W. Herrm., espécie do mesmo gênero do capim-rabo-de-raposa [*S. parviflora* (Poir.) Kerguelen)] reduziu a umidade do solo na profundidade de 0-72 cm. Para ambas as localidades essa menor umidade detectada contribuiu para reduzir a produtividade da cultura. Assim, é possível observar o quão rápido as plantas daninhas podem competir pela umidade do solo, visto que seu dossel era menor que 10 cm e, mesmo assim, competindo até quase um metro de profundidade.

Quanto à competição de plantas daninhas e culturas por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), pouco é discutido na literatura quanto à competição direta entre as plantas, porém, o contínuo aumento na concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico estimula a fotossíntese líquida em plantas  $\text{C}_3$  pelo aumento do gradiente de concentração de  $\text{CO}_2$  para o interior das folhas diminuindo sua perda pela fotorrespiração. Porém, as plantas  $\text{C}_4$  têm uma menor resposta ao aumento de  $\text{CO}_2$  atmosférico, já que possuem um mecanismo interno de concentração de  $\text{CO}_2$  no local da carboxilação da via  $\text{C}_3$ . Portanto, a competição por  $\text{CO}_2$  é um assunto relevante nas interações entre culturas e plantas daninhas, visto que, de maneira geral as plantas daninhas mais problemáticas são plantas de metabolismo  $\text{C}_4$ , enquanto a maioria das culturas são plantas  $\text{C}_3$ .



## Exemplificando

- Algumas plantas daninhas com metabolismo  $C_3$  :
  - Ançarinha-branca (*Chenopodium album* L.)
  - Azevém-perene (*Lolium perene* L.).
  - Buva (*Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker).
  - Capim-taboquinha (*Panicum laxum* Sw.).
  - Falsa-serralha (*Emilia fosbergii* Nicolson).
  - Picão-preto (*Bidens pilosa* L.).
  - Picão-branco (*Galinsoga parviflora* Cav.).
  - Trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.).
  
- Algumas plantas daninhas com metabolismo  $C_4$  :
  - Beldroega (*Portulaca oleracea* L.).
  - Capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde).
  - Capim-branco (*Chloris elata* Desv.).
  - Capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.).
  - Caruru (*Amaranthus retroflexus* L., *A. palmeri* S. Watson).
  - Tiririca (*Cyperus rotundus* L.).

Ziska (2000) demonstrou um interessante estudo com o cultivo de soja em ambiente com a concentração normal e com enriquecimento de  $CO_2$ , e ainda com competição de plantas daninhas de metabolismo  $C_3$  [ançarinha-branca (*C. album*)] e  $C_4$  [caruru-gigante (*A. retroflexus*)], avaliando a queda de produção. O autor relatou que ambas as plantas daninhas ocasionaram perdas de produção da soja, no qual a ançarinha-branca aumentou a perda de produtividade de 28 para 39%, com o aumento da concentração de  $CO_2$ ; e para o caruru, diminuiu-se a perda de produtividade de 45 para 30% quando em ambiente enriquecido com  $CO_2$ . Ou seja, a soja, que é uma planta  $C_3$ , obteve uma resposta maior que o caruru no ambiente com maior concentração de  $CO_2$ , diminuindo assim os efeitos de competição com esta planta daninha, que tem o metabolismo  $C_4$ , e onde houveram duas plantas  $C_3$  (ançarinha-branca + soja), tendo uma maior competição.

Outros recursos essenciais ao desenvolvimento das plantas e que são passíveis de competição são os nutrientes minerais essenciais, como os macronutrientes [nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S)] e os micronutrientes [boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), molibdênio (Mo), manganês (Mn) e zinco (Zn)].

A capacidade competitiva na interação de culturas com as plantas daninhas para a absorção de nutrientes é determinada principalmente pela eficiência de absorção de cada espécie, em função das características de seus sistemas radiculares, como a densidade e o comprimento

de raízes e da eficiência de seus transportadores transmembranas. Assim, plantas com exigência nutricional relativamente baixa, sistema radicular extenso e transportadores de membrana mais eficazes terão a vantagem competitiva.

Em estudo clássico, Vengris et al. (1953 apud Di Tomaso, 1995), demonstraram que para três culturas: pastagem, cebola e milho, a composição mineral das plantas daninhas em relação às culturas foi superior para o N, P, K, Ca e Mg, com o dobro de N e P que a composição mineral das culturas, até quatro vezes mais K, até sete vezes mais Ca e até cinco vezes mais Mg.

Em estudo de competição entre as plantas daninhas e as culturas do feijão e do tomate (*Solanum lycopersicum* L.), Qasem (1992) demonstrou que a grande maioria das plantas daninhas foram mais eficazes em acumular P que as plantas de feijão, e que a grande maioria das plantas daninhas também foram mais eficazes em acumular P e K do que o tomate.

Assim, a disponibilidade de nutrientes no solo afeta de diversas formas a interação entre culturas e plantas daninhas, também dependendo da espécie. Se uma área for altamente infestada por plantas daninhas, a prática da adubação é muitas vezes mais vantajosa para as plantas daninhas, que geralmente são capazes de absorver nutrientes de forma mais rápida e eficiente, além de estádios anteriores às culturas (LIEBMAN; DAVIS, 2000). Em estudo com a aplicação de fosfato suplementar, foi verificado aumento da competição de várias espécies com o milho, no qual o crescimento das plantas daninhas em tratamentos com baixo teor de fosfato foi menor. Ou seja, neste caso, os altos níveis de nitrogênio e potássio, juntamente com fosfato suplementar favoreceram a interferência negativa das plantas daninhas sobre o milho (VENGRIS et al. 1955 apud PATTERSON, 1995).

Além disso, as populações de plantas daninhas podem se adaptar ao aumento da fertilidade do solo. Bravo et al. (2018) demonstraram que populações de *A. palmeri* se adaptaram em áreas onde era realizada intensa adubação nitrogenada, sendo mais eficazes em sua absorção, alocando mais recursos em seu crescimento do que populações de áreas com adubação menos intensa em nitrogênio.

Porém, além de competirem por nutrientes, as plantas daninhas podem interferir negativamente com as culturas (ou qualquer outra planta da rizosfera circundante) por meio da liberação no ambiente de uma grande variedade de metabólitos secundários (também chamados de metabólitos especializados) a partir de todas as partes das plantas, principalmente folhas e raízes, vivas e em decomposição. Assim, os estudos realizados sobre os efeitos desses compostos químicos em plantas constituem o campo da alelopatia, e as substâncias são conhecidas como aleloquímicos. Essas podem

ser liberadas principalmente por meio de lixiviação, exsudação radicular, volatilização e decomposição de seus resíduos.

Na grande maioria dos casos, essa é uma estratégia que as plantas utilizam para obter vantagens sobre as outras plantas daninhas, conhecidas como alelopatia negativa, de modo que poucos são os casos dessas substâncias favorecerem naturalmente outras plantas, que seria a alelopatia positiva. Efeitos inibitórios de uma planta sobre a germinação e o crescimento de outras plantas são frequentemente associados à alelopatia. Assim, este processo é de suma importância na compreensão das interações vegetais em ambientes naturais e/ou de produção agrícola.

De maneira geral, os efeitos alelopáticos negativos estão associados à inibição de germinação e também do desenvolvimento das plantas receptores dos aleloquímicos, no qual podem promover o estresse oxidativo pela formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), causando danos em processos fisiológicos e alterando o desenvolvimento inicial das plântulas.

Na literatura há diversos trabalhos demonstrando efeitos indiretos da alelopatia entre plantas daninhas e culturas. Coberturas mortas de aveia (*Avena sativa* L.) demonstraram efeitos alelopáticos negativos sobre o crescimento inicial do milho, quando essas foram cultivadas durante o inverno e tiveram sua biomassa incorporada no solo anteriormente à semeadura do milho, diminuindo a velocidade de emergência de suas plântulas (SPIASSI et al., 2011). Silva et al. (2007) relataram uma redução na produtividade de milho quando em sucessão com a aveia-preta (*Avena strigosa* L.), e inferiram que isso foi devido a uma janela de tempo muito curta entre o manejo da palha da aveia, e a semeadura do milho. Além disto, esta espécie como cultura de cobertura do solo pode causar imobilização do N do solo, reduzindo assim o desenvolvimento de culturas em sua sucessão. Fay e Duke (1977) avaliaram três mil acessos *Avena* spp., no qual o germoplasma dessas espécies foi rastreado quanto à sua capacidade de exsudar escopoletina (6-metoxi-7-hidroxycumarina), um composto que ocorre naturalmente e que apresenta propriedades inibidoras do crescimento das raízes, e destes, 25 acessos demonstraram maior capacidade de exsudar a escopoletina. Os mesmos autores demonstraram que um dos acessos das plantas de aveia quando conviveu com um tipo de mostarda-selvagem [*Brassica kaber* (D.C.) L.C. Wheeler], essa última demonstrou clorose, nanismo e deformações, o que foi relatado como indicativo de efeitos químicos ou alelopáticos em vez de simples competição. Porém, esse teste foi realizado em condições controladas, em substrato arenoso, o que pode superestimar os efeitos de alelopatia.

Um exemplo de espécie de planta daninha que tem vários relatos de alelopatia contra diversas culturas é a braquiária-decumbens (*U. decumbens*).

Esta, que é a gramínea mais disseminada em todo o Brasil, e além de demonstrar alta agressividade pela alta produção de biomassa, também demonstra efeitos alelopáticos contra outras plantas daninhas e também contra várias culturas, como: algodão, arroz, citros, eucalipto, feijão, milho, trigo, entre outras (MARTINELLI et al., 2017, SOUZA et al., 1997; SOUZA et al., 2006; VILLELA, 2018).

No caso dos citros, Martinelli et al. (2017) demonstraram em experimento uma redução de até 39% da produção em pomares de lima ácida Tahiti (conhecida popularmente como limão Tahiti) pelos efeitos combinados de competição e alelopatia da *U. decumbens*, que era manejada na entrelinha como uma cultura de cobertura. Além deste, em outro estudo, Villela (2018) demonstrou uma redução de 42% na taxa de crescimento das raízes de citros pelo efeito alelopático dos exsudados das raízes dessa braquiária. Porém, no mesmo estudo também foi observado que a palhada e os exsudados radiculares dessa braquiária podem inibir significativamente a germinação de espécies de plantas daninhas que são problemáticas, como a buva (*C. canadensis*) e a trapoeraba (*C. benghalensis*), e assim pode ser utilizada como uma estratégia de manejo adicional de plantas daninhas, como um controle preventivo, visto que essas duas espécies são de difícil controle.

Como demonstrado durante o texto, as plantas daninhas causam muitos danos por sua capacidade de interferência às outras plantas, porém, tal interferência ocorre sempre? As plantas daninhas não podem conviver com as outras plantas em nenhum momento? Toda a interferência (competição e/ou alelopatia) que as plantas daninhas causam às outras plantas não ocorre de maneira significativa em alguns períodos da convivência com outras, seja concomitantemente ou numa sequência temporal. Esse é um período de importância para estimar as perdas de produção durante o período de convívio.

De uma maneira geral, as plantas daninhas que emergem juntamente com a cultura ou logo após a cultura causam mais danos do que as que emergem mais tardiamente no ciclo de desenvolvimento da cultura. Porém, isso vale mais se pensarmos numa planta anual, como a soja, ou o milho, que são plantas que têm ciclos curtos, e que podem então ser definidos períodos em que essa interferência seja maior, como no estabelecimento de plantas de milho, por exemplo, e que logo após um certo período o dossel da cultura sombreia significativamente as plantas daninhas, suprimindo-as. Entretanto, quando pensamos em plantas perenes, como no caso das frutíferas, que passam seu ciclo todo convivendo com as plantas daninhas, esse período mais significativo de interferência é diferente de uma planta anual.

Assim, quanto maior for o período de convivência, e conseqüentemente de interferência, maior será a perda de produção. Porém, o grau de interferência

depende da composição da comunidade de plantas daninhas, da cultura, do ambiente e do tempo de convivência. Uma terminologia e metodologia foi criada por Nieto et al. (1968) para esse processo, intitulada Período Crítico de Controle de Plantas Daninhas (PCCPD), com suas subdivisões, como o Período Crítico para Remoção das Plantas Daninhas (PCRPD) e Período Crítico Livre de Plantas Daninhas (PCLPD). Estes conceitos foram criados para reduzir a utilização de herbicidas, pela aplicação somente no tempo ótimo para tais e assim reduzir danos ambientais e ecológicos, sendo uma ferramenta para o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD).

Na ciência das plantas daninhas do Brasil, os termos foram adaptados por alguns autores (PITELLI; DURIGAN, 1984), que sugeriram a terminologia de Período Total de Prevenção da Interferência (PTPI) para o PCCPD; de Período Anterior à Interferência (PAI), para o PCRPD; e, Período Crítico de Prevenção da Interferência (PCPI) para o PCLPD.

Assim, o PTPI representa o intervalo de tempo entre duas medidas na interação entre cultura e planta daninha:

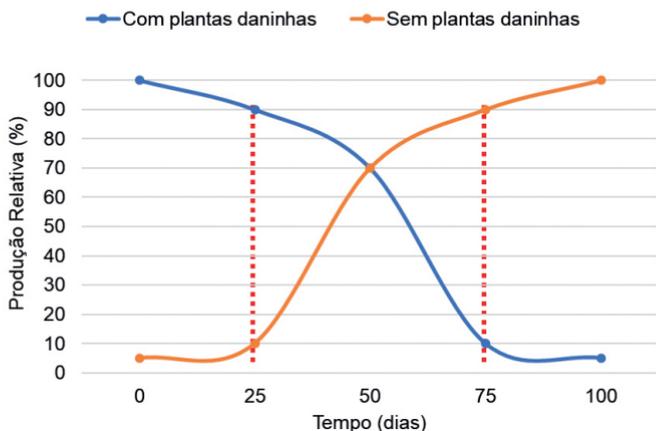
(i) Período Anterior à Interferência (PAI), o qual determina o máximo de tempo que a cultura tolera a interferência das plantas daninhas.

(ii) Período Crítico de Prevenção da Interferência (PCPI), o qual determina o período mínimo sem plantas daninhas do plantio da cultura para prevenção de perdas de produção.

Assim sendo, o PAI estima o início do período crítico de competição, e o PCPI estima o fim do período crítico de competição. Os resultados de ambos os componentes são combinados para determinar o PTPI, onde teoricamente, o controle de plantas daninhas deve ser realizado para não reduzir a produção da cultura (KNEZEVIC et al., 2002).

Como um exemplo hipotético para determinar o PCPI da Figura 1.3, a curva azul é usada para determinar o PAI, e demonstra a produção de uma cultura no período com a convivência com as plantas daninhas. Por exemplo, com nenhum dia de convivência, a cultura teve 100% de produção relativa; com convivência até os 25 dias, a cultura teve 90% de produção relativa (diminuição de 10% da produção). Já a curva de cor laranja é utilizada para determinar o PCPI, e demonstra a produção da cultura no período sem convivência; as plantas daninhas, por exemplo, com 100 dias sem convivência, a cultura produziu 100%. Repare que com convivência dos 25 aos 100 dias a cultura produziu 10% (diminuição de 90% da produção). Portanto, neste exemplo, o PTPI seria de 75 dias, onde o PAI se estabeleceu aos 25 dias e o PCPI dos 25 aos 75 dias.

Figura 1.3 | Esquema prático do Período Total de Prevenção da Interferência (PTPI) das plantas daninhas, com o Período Anterior à Interferência (PAI) e Período Crítico de Prevenção da Interferência. O tempo (dias) se refere à quantidade de dias que a cultura conviveu ou não com as plantas daninhas



Fonte: elaborada pelo autor.



### Refleta

O **Período Total de Prevenção da Interferência (PTPI)** para as plantas anuais é relativamente fácil de ser determinado, em que por exemplo para o milho, o PTPI é de aproximadamente 42 dias, sendo que o PAI é de 14 dias e o PCPI de 14 a 42 dias (RAMOS; PITELLI, 1994). E para uma cultura perene, como no caso de frutíferas, que começam a produzir após alguns anos, quais seriam esses períodos pensando num ano agrícola? Seria pelo tempo em dias, como é feito para as culturas anuais no modo mais convencional? Ou por meses? Ou ainda, seria por estágio vegetativo?

Agora vamos aplicar os conceitos sobre interferência aqui aprendidos, tanto sobre a competição que as plantas daninhas causam às culturas, como a alelopatia. Ainda, veremos um interessante caso sobre plantas invasoras!

### Sem medo de errar

Relembrando que você é um agrônomo contratado para coordenar o manejo de plantas daninhas de uma empresa, e um dos problemas encontrados seria de uma área de milho com variedades precoces que estão com decréscimos de produção recorrentes nos últimos anos. Neste caso específico, a cultura anterior é de aveia, ou seja, estão numa sequência temporal, de

modo que a aveia também serve como cultura de cobertura para o milho ser plantado via sistema de plantio direto.

No caso, os seguintes pontos devem ser levantados: o que seria possível que tivesse ocorrido e ainda esteja ocorrendo nesta área? Como esse fenômeno afeta as plantas? E quais seriam suas recomendações para mitigá-lo?

Assim, é possível que um processo esteja afetando a produtividade do milho nesta área, e seria a alelopatia, pois, dentre as interações entre plantas, a interferência é em função da competição por recursos essenciais e/ou pela liberação no ambiente de substâncias do metabolismo secundário das plantas que são conhecidas como substâncias alelopáticas. Visto que as amostragens de solo mostram níveis adequados de produção, a adubação está sendo feita corretamente e estes não são os impeditivos da produção, portanto, neste caso a alelopatia pode ser o fenômeno que esteja interferindo com a cultura e fazendo com que ela não utilize o recurso mineral. Vale ressaltar que há casos na literatura de espécies de aveia que liberam substâncias alelopáticas, conforme descrito anteriormente no texto.

Lembrando que a alelopatia pode ser causada por materiais vegetais em decomposição, e como foi levantado na situação, nos últimos anos o manejo foi mudado com o plantio de aveia anteriormente ao milho. Esta é uma planta que produz elevados níveis de biomassa e, neste caso, mesmo que tenha a dupla função de produzir grãos e servir de cultura de cobertura para o milho, esta se comporta como uma planta daninha e, possivelmente, liberando substâncias alelopáticas no solo, seja via exsudação radicular ou pela decomposição de sua biomassa. E lembrando que este manejo foi mudado há alguns anos, a biomassa da aveia foi acumulando-se em função do tempo, o que pode ter potencializado os efeitos alelopáticos.

Certas sucessões de culturas não são recomendadas por tais motivos, e essa sequência temporal entre aveia e milho pode não estar sendo muito proveitosa. Além disso, a variedade de milho utilizada é uma variedade precoce, e por ter um ciclo menor, é mais suscetível a qualquer fator limitante. Ou seja, por completar seu ciclo mais rápido, ela é mais sensível a qualquer fator que possa atrapalhar seu desenvolvimento.

Assim, a alelopatia, como discutida no texto, pode ajudar no controle de plantas daninhas pela inibição da germinação, como também inibir o desenvolvimento de culturas. Um primeiro passo para poder mitigar o efeito da alelopatia nesta área, caso seja comprovada em situações controladas (laboratório ou casa de vegetação), seria ter uma janela de tempo maior entre a colheita da aveia e o milho, adiando por alguns dias o plantio da cultura principal. Outra opção seria revolver o solo para “diluir” as substâncias

alelopáticas ali presentes, porém, todos os benefícios já criados no solo pela utilização de sistema de plantio direto poderiam ser perdidos, como melhores atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Uma opção mais viável seria efetuar a mudança da aveia por outra cultura de inverno, por alguma que não tenha relatos de efeitos alelopáticos com o milho, e também efetuar a mudança na variedade de milho escolhida para uma mais tardia e que consiga tolerar mais esses efeitos.

Portanto, caro aluno, antes de mudanças em sistemas de manejo, principalmente os que promovem mais culturas em interação como nesse caso, devemos nos embasar na literatura, procurando relatos de experimentações.

## Avançando na prática

# Período crítico de controle de plantas daninhas em soja

### Descrição da situação-problema

Imagine um cenário no qual você trabalha como pesquisador e deve estudar os períodos críticos de controle de plantas daninhas para uma nova variedade de soja superprecoce, com um ciclo de 100 dias. Assim, você deve montar dois grupos de tratamentos, em que: (i) deve haver o convívio com plantas daninhas desde o início de seu desenvolvimento até a colheita, em diferentes tempos, e (ii) deve haver plantas sem o convívio, também em diferentes tempos, com as plantas daninhas até a colheita. Assim, **como você acha que deveriam ser estabelecidos esses períodos?** Além disso, **como você montaria um experimento que mostrasse esses efeitos?** Lembrando que sempre num experimento você tem que ter um grupo “controle”, geralmente denominado de testemunha.

### Resolução da situação-problema

Para resolver essa questão, primeiro devemos entender a metodologia que é empregada para desenvolvermos um experimento que demonstre diferentes resultados de produção das plantas de soja, com diferentes épocas de convívio com as plantas daninhas.

Portanto, precisa-se de dois grupos de tratamentos, (A) um com diferentes datas de convívio com daninhas, desde o plantio até a colheita, e o outro grupo (B), com diferentes datas sem o convívio com plantas daninhas, também desde o plantio até a colheita.

Como neste caso o ciclo desta variedade é de 100 dias, podemos criar o primeiro grupo de tratamentos com um intervalo de 25 dias cada, totalizando quatro períodos: T1 (tratamento 1): 25 dias convivendo com plantas daninhas e os 75 dias restantes com controle total das plantas daninhas; T2: 50 dias convivendo com plantas daninhas e os 50 dias restantes com controle total das plantas daninhas; T3: 75 dias convivendo com plantas daninhas e os 25 dias restantes com controle total das plantas daninhas; T4: 100 dias com plantas daninha (sem controle).

Para o segundo grupo seria o contrário do primeiro grupo: T1: 25 dias sem plantas daninhas e os 75 dias restantes convivendo com plantas daninhas; T2: 50 dias sem plantas daninhas e os 50 dias restantes convivendo com plantas daninhas; T3: 75 dias sem plantas daninhas e os 25 dias restantes convivendo com plantas daninhas; T4: 100 dias sem plantas daninhas (controle absoluto).

Dessa maneira, no fim do ciclo, com a produção dos grãos de soja sendo avaliada, teríamos uma curva para o grupo A e outra para o grupo B, com valores de produção para cada tratamento (Figura 1.3). Assim, juntando-se as duas curvas de produção, criam-se dois pontos em comum entre essas duas curvas, um dos pontos seria o PAI e o outro ponto seria o PCPI, e assim teríamos o período crítico de controle para a nova variedade de soja.

## Faça valer a pena

**1.** A interferência negativa das plantas daninhas é definida por vários processos que podem afetar o desenvolvimento e diminuir a produtividade das culturas e de qualquer produto de origem agrícola. Por exemplo, uma planta daninha adulta de corda-de-violão (*Ipomoea* spp.), que tem hábito vegetativo de trepadeira, pode interferir no desenvolvimento de uma planta de cana-de-açúcar de diversas maneiras.

Qual das alternativas descrevem alguns dos processos que uma planta daninha como essa pode interferir numa planta de cana-de-açúcar?

- a) Competição por nutrientes minerais, água e fotoassimilados.
- b) Competição por nutrientes minerais, fotoassimilados e liberação de substâncias alelopáticas.
- c) Competição por luz, água e fotoassimilados.
- d) Competição por  $\text{CO}_2$ , água e fotoassimilados.
- e) Competição por luz, nutrientes minerais e liberação de substâncias alelopáticas.

**2.** As plantas daninhas podem causar prejuízos de diversas maneiras à agricultura, seja de maneira direta ou indireta, interferindo com o trabalho do homem e com o desenvolvi-

mento das plantas cultivadas e provocando diminuição da qualidade do produto agrícola.

Qual das alternativas demonstra um efeito direto e um efeito indireto da interferência das plantas daninhas, respectivamente?

- a) Redução da produção e intoxicação de animais em pastagens.
- b) Hospedeira intermediária de pragas e redução da produção.
- c) Intoxicação de animais em pastagens e hospedeiras intermediárias de insetos-vetores.
- d) Hospedeira intermediária de patógenos e liberação de substâncias alelopáticas.
- e) Liberação de substâncias alelopáticas e competição por nutrientes minerais.

**3.** Dentro de um sistema de manejo, as plantas daninhas podem interferir de diversas maneiras, com as culturas e com outras espécies de plantas daninhas. Os mecanismos que as plantas daninhas utilizam para competir e interferir com outras plantas são diversos.

Em relação à interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas e nas outras plantas daninhas, analise as seguintes afirmativas:

- I. As culturas de metabolismo  $C_4$  aumentam sua capacidade de competição com as plantas daninhas  $C_3$  quando estão num ambiente enriquecido com  $CO_2$ .
- II. As culturas de metabolismo  $C_3$  aumentam sua capacidade de competição com as plantas daninhas  $C_4$  quando estão num ambiente enriquecido com  $CO_2$ .
- III. As plantas daninhas são mais eficazes na utilização de recursos essenciais e mesmo que tenham um porte menor de maneira geral, conseguem competir com as culturas.
- IV. Algumas plantas daninhas podem utilizar de substâncias para inibir a absorção de nutrientes minerais de outras plantas.

A partir da análise das assertivas citadas anteriormente, conclui-se que estão corretas:

- a) Apenas I e II.
- b) Apenas I, II e IV.
- c) Apenas I, II e III.
- d) Apenas II, III e IV.
- e) Apenas I, III e IV.

## Reprodução e disseminação de plantas daninhas

### Diálogo aberto

Caro aluno, nesta parte do material você estudará algumas características de reprodução, dispersão e disseminação das plantas daninhas, além do banco de sementes, algumas características sobre germinação e dormência, num viés mais relacionado ao que pode acontecer no campo, e como o manejo pode influenciar. Além disso, conhecerá um pouco sobre plantas daninhas invasivas/exóticas, que por serem nativas de outros ecossistemas podem se disseminar caso encontrem condições para tal.

Então vamos retornar ao seu trabalho como coordenador de manejo de plantas daninhas, lembrando que a empresa que você trabalha tem muitas áreas produtivas, e o problema ocorreu em áreas com rotação de aveia-milho, em dois sistemas de cultivo distintos: sistema de plantio direto (sem revolvimento do solo) e convencional (com revolvimento do solo).

Portanto, considere agora que, em uma reunião, seu empregador relata que vocês tiveram problemas com produtividade em uma terceira área, em que foi utilizado o método de cultivo convencional, com uso de revolvimento do solo por meio de gradagem leve, sem aplicação de herbicidas, e que o solo ficou em pousio alguns meses antes da semeadura do milho (sem a aveia como cultura anterior). Durante o cultivo do milho, a adubação também foi realizada corretamente, assim como o manejo de pragas e doenças, além de não ter faltado água para o desenvolvimento da cultura.

Sobre o controle de plantas daninhas, os funcionários perceberam uma maior incidência no mesmo período da semeadura do milho, efeito este não observado nas outras áreas que utilizaram do sistema de plantio direto. No fim da safra, a produtividade dessa mesma área foi mediana. Prontamente você pede para realizarem dois tipos de avaliação no campo, para caracterizar a infestação de plantas daninhas. **Quais seriam esses dois tipos de avaliação e como se deve proceder para tais avaliações serem realizadas?**

Com os resultados das avaliações em mãos, você verifica mais duas questões que precisam ser respondidas:

(i) A flora emergida de amostras de solo difere-se significativamente da flora emergida no campo, onde a planta daninha ançarinha-branca (*Chenopodium album* L.) foi a espécie dominante nas avaliações em casa de vegetação e que as espécies trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) e a tiriricão (*Cyperus esculentus* L.) foram as plantas daninhas dominantes

em levantamento no campo, sendo que a trapoeraba já tinha sido identificada pelos funcionários no período de preparo do solo. **Qual dos tipos de avaliação tem maior probabilidade de demonstrar que população de plantas daninhas interferiu mais na produtividade? E como isso é possível?**

(ii) Considerando-se somente os fatores da interação cultura vs. plantas daninha, **o que pode ter acontecido com a comunidade de plantas daninhas nessa área e que não ocorreu nas de sistema de plantio direto? Como o manejo realizado influenciou na população de trapoeraba e tiriricão a ponto dessas plantas competirem tanto com a cultura? Além disso, por que as plantas de tiriricão não foram avistadas pelos funcionários na época do preparo do solo?**

(iii) Mesmo que não tenhamos entrado na questão de controle de plantas daninhas, **o que podemos perceber e realizar para não acontecer o mesmo numa próxima safra?**

Assim, caro aluno, neste material você conhecerá mais sobre como a reprodução e disseminação das plantas daninhas podem afetar um sistema de produção agrícola, e como é importante conhecer essas características para as tomadas de decisão no manejo de uma área, pois uma escolha errada pode até disseminar uma espécie!

Bons estudos!

### Não pode faltar

---

As plantas daninhas se reproduzem e se multiplicam de maneira sexuada e assexuada (por propagação vegetativa). Sexualmente, por meio da fecundação de um gameta masculino com um gameta feminino, dando origem a um zigoto, que ocorre pela polinização da flor que subsequentemente produzirá a semente. Assexuadamente, por meio do desenvolvimento de uma nova planta originada de modificações em alguns órgãos vegetativos, basicamente os rizomas, estolões, tubérculos e bulbos. E como citado anteriormente, na primeira aula da disciplina, muitas plantas daninhas demonstram a capacidade de se reproduzir sexuada e/ou assexuadamente, e assim, aumentam as chances de garantir a perpetuação de sua espécie.

Outro processo de muita importância é o de como as plantas daninhas conseguem dispersar suas sementes. Como as plantas não têm meios de movimentação direta, então elas dependem de outros meios para se dispersarem dentre os ambientes mais diversos possíveis, como por meio de diversos agentes dispersores como o vento (termo botânico: anemocoria),

a água (hidrocoria), pelo próprio peso da semente/fruto (barocoria), pelos animais (zoocoria) como as aves (ornitocoria), o homem (antropocoria), as formigas (mirmemocoria), dentre outros.



### Refleta

Você sabe a diferença entre disseminação e dispersão? Ambos os termos são utilizados em botânica, porém promovem algumas confusões.

As plantas daninhas possuem adaptações e especializações que as ajudam a serem dispersadas, como sementes que possuem pilosidades para serem levadas com o vento a longas distâncias (Figura 1.4 A e B). Outras têm especializações que as ajudam a flutuar em água e assim sendo carreadas ao longo de rios e canais de irrigação (Figura 1.4 C). Algumas sementes têm farpas e espinhos que se aderem em várias superfícies, como na pele e nos pelos dos animais (Figura 1.4 D). Ainda, algumas sementes possuem um tegumento muito resistente, sendo que muitas sementes de plantas daninhas passam pelo trato digestivo de animais e permanecem viáveis por muito tempo, sendo frequentemente encontradas germinando em excrementos de animais.



### Assimile

A disseminação está relacionada à capacidade das plantas daninhas se reproduzirem das mais variadas formas, enquanto dispersão é a distribuição espacial de suas estruturas de disseminação, sejam sementes ou qualquer órgão de propagação vegetativa.

Ainda, pela ação do homem (o qual provavelmente seja o principal agente dispersor das plantas daninhas) as plantas daninhas conseguem aumentar sua dispersão aliando ainda o ambiente e as adaptações de suas sementes. Qualquer maquinário agrícola que não seja limpo após a utilização, pode carregar sementes e propágulos vegetativos para outras áreas. Maquinários que revolvem o solo, como cultivadores, arados e grades, podem carregar sementes e propágulos vegetativos para outras áreas, ou aumentar a dispersão destas para a mesma área; equipamentos de colheita, como colhedoras de grãos, podem carregar junto com os grãos, sementes de plantas daninhas, aumentando o grau de impureza do produto agrícola, neste caso, grãos colhidos. Pulverizadores de alta pressão podem distribuir facilmente sementes de plantas daninhas que possuam adaptações para se dispersarem pelo vento. Ainda, são dispersas pelo homem por comercialização de

sementes que possuem alto grau de impureza, pela comercialização de grãos, feno e palha para alimentação animal.

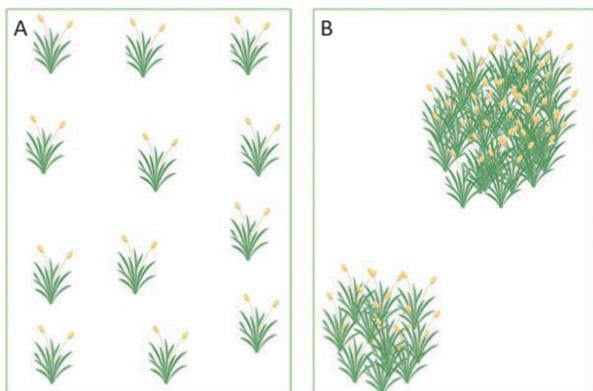
Figura 1.4 | Plantas daninhas demonstrando adaptações em suas sementes para dispersão pelo vento, como o (A) capim-amargoso [*Digitaria insularis* (L.) Fedde] e a (B) buva (*Coryza* spp.); (C) sementes de *Rumex crispus* L., que são adaptadas a serem carregadas pela água; e, (D) sementes de *Bidens pilosa* L., adaptadas para dispersão pela fixação em animais



Fonte: (A) acervo do autor. (B) adaptado de iStock. (C) adaptado de iStock; (D) adaptado de iStock.

Outro fator importante é o padrão de dispersão, ou seja, a distribuição espacial das plantas daninhas numa área agrícola, em função de suas características de disseminação, ou seja, de suas sementes e/ou propágulos vegetativos, podendo seguir um padrão relativamente regular (Figura 1.5 A), em padrão agrupado, também conhecido como “reboleira” (Figura 1.5 B) e também de forma aleatória. Plantas daninhas que se reproduzem vegetativamente tendem a ocorrer em padrão agrupado, enquanto plantas daninhas que se dispersam pelo vento, por exemplo, tendem a ocorrer num padrão regular ou aleatório. Além disso, esses padrões de dispersão podem ser influenciados pelo manejo realizado na área e, assim sendo, o manejo pode ser diferenciado para cada tipo de dispersão. Como exemplo, as plantas daninhas que seguem padrão regular podem ser beneficiadas por maquinários que podem carrear sementes durante seu trânsito, enquanto plantas daninhas de padrão de reboleira, podem ser controladas pontualmente na área em que ocorrem.

Figura 1.5 | Padrões de dispersão de plantas daninhas. (A) regular e (B) agrupado (“reboleira”)



Fonte: elaborada pelo autor.

Além das especializações para dispersão, as sementes têm adaptações para sobreviverem em diferentes ambientes por longos períodos. Por exemplo, um estudo com sementes embebidas em água durante longos períodos, de várias espécies de plantas daninhas, demonstrou que sementes de: *Convolvulus arvensis* L. se mantiveram com alta viabilidade (54%) mesmo após quatro anos e meio; 50% das sementes da cardo-das-vinhas (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) se mantiveram viáveis mesmo após três anos; e, 9% das sementes de caruru-gigante (*Amaranthus retroflexus* L.) se mantiveram viáveis após 33 meses (MONACO et al., 2002).

Egley (1990) demonstrou que 96% das sementes de corda-de-violão (*Ipomoea lacunosa* L.) e 100% das sementes de caruru-gigante sobreviveram e continuaram viáveis após tratamento de sete dias consecutivos com a temperatura de 40 °C em solos úmidos, e que 26% das sementes de corda-de-violão, e 100% das sementes de caruru-gigante eram viáveis mesmo após tratamentos durante sete dias consecutivos a 70 °C em solo seco. Westerman et al. (2012) demonstraram que 32 e 25% de sementes das plantas daninhas folha-de-veludo (*Abutilon theophrasti* Medik.) e malva (*Malva neglecta* Wallr) permanecem viáveis mesmo após o processo de silagem e de digestão anaeróbica, respectivamente.

Essa capacidade das plantas daninhas de se dispersarem aliada à capacidade de seus propágulos (sementes e/ou propágulos vegetativos) permanecerem viáveis durante muitos anos (dormência) compõem a principal dificuldade de seu manejo, o que torna quase impossível a erradicação em áreas agrícolas de espécies que produzem um alto número de sementes (MONACO et al., 2002). Assim, o estudo tanto da reprodução quanto da dispersão das plantas daninhas compõe um importante fator na ecologia

dessas plantas, da capacidade de novas infestações ao longo do tempo por meio da reserva de sementes e/ou propágulos vegetativos (banco de sementes) num sistema agrícola.

Para se estudar a ecologia de plantas daninhas, dois tipos de estudos são utilizados: levantamento florístico (fitossociologia das plantas daninhas) e banco de sementes. O primeiro visa estudar as interações entre as plantas e o ambiente e como estão dispersas, e o segundo, visa estudar a dinâmica entre a flora que emergiu e se reproduziu por meio da identificação e quantificação de suas reservas no solo (banco de sementes). A dinâmica entre a flora emergida e o banco de sementes também pode ser estudado por meio de estudos de correlação e também por índices de similaridade.

Para o levantamento fitossociológico, primeiramente deve-se definir um número de amostras a serem aplicadas, em que se verifica a relação entre o número de espécies versus o número de amostragens. A de número amostral é determinado quando esta relação chega a uma curva assíntota, ou seja, que a partir de um certo número de amostras não se identifiquem novas espécies. Assim sendo, diversas são as variáveis a serem utilizadas segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), como: densidade, frequência, abundância e dominância. Com estes valores, pode-se chegar a um índice conhecido como Índice de Valor de Importância, no qual se classificam as espécies predominantes no agroecossistema.



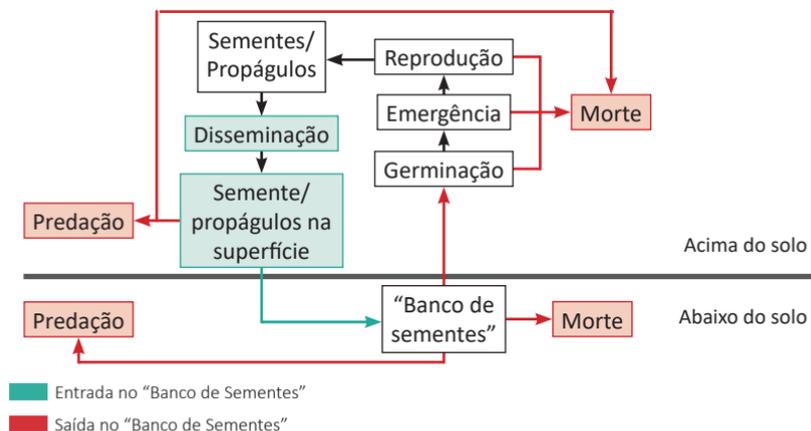
### Assimile

A fitossociologia avalia um grupo ecológico de plantas com o objetivo de providenciar uma visão geral da composição florística e distribuição das espécies das plantas numa dada comunidade. Estes estudos, conhecidos como levantamentos fitossociológicos, primeiramente foram criados e utilizados para comunidades com relativa estabilidade, como florestas e pradarias, sem ação antrópica. Porém, foi amplamente adaptado para outras áreas do conhecimento, como para a ciência das plantas daninhas.

Como mencionado anteriormente, as plantas daninhas, se reproduzindo e se disseminando irão enriquecer o solo com suas vias de reprodução e propagação, e esse repositório no solo é denominado de “Banco de Sementes”. São assim denominados, visto que se trata da reserva de futuras populações de plantas, sendo o repositório de sementes e/ou propágulos vegetativos viáveis, que ficam na superfície ou enterradas no solo. Assim sendo, é o suprimento de novos indivíduos para as comunidades vegetais, podendo substituir as plantas que morreram, seja por causas naturais ou antrópicas.

A dinâmica do banco de sementes é apresentada na Figura 1.6, que consiste de um esquema do banco de sementes simplificado, no qual é possível visualizar quais processos são passíveis de efetuar o aumento e a diminuição do repositório de sementes do solo, desde a morte de sementes e plantas, até a diminuição do banco de sementes pela predação das sementes por microrganismos e/ou pequenos roedores, por exemplo.

Figura 1.6 | Esquema simplificado do banco de sementes



Fonte: elaborada pelo autor.

Nos estudos agrônômicos, os bancos de sementes têm a importância de revelar o potencial de novas infestações das plantas daninhas, além de demonstrar se o manejo correto está sendo feito. Por meio destes estudos, pode-se construir modelos de estabelecimentos populacionais tanto temporalmente, quanto espacialmente, possibilitando a definição de estratégias de controle, pois uma predição correta do banco de sementes permite um controle mais eficiente de plantas daninhas.

Ainda, podem ser classificados como 'transitórios' ou 'persistentes'. Os transitórios são constituídos de sementes que podem permanecer viáveis por no máximo um ano, e quando é verificado que se excede este período, é denominado de persistente, no qual há uma grande quantidade de sementes dormentes, com potencial de infestação de curto (menor que cinco anos, geralmente) e longo prazo (maior que cinco anos). Por exemplo, espécies como a trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) podem ter seu banco de sementes ainda viável mesmo após 40 anos (VOLL et al., 1997), enquanto algumas plantas possuem alta germinação e podem diminuir significativamente seu banco de sementes em poucos anos, como as espécies de caruru [*Amaranthus palmeri* S. Watson e *A. tuberculatus* (Moq.) J.D. Sauer], que tiveram de 5-7% de viabilidade após três anos (KORRES et al., 2018).

Quanto ao tamanho dos bancos de sementes, estes são muito variáveis segundo Carmona (1995), que estimou o banco de sementes de diversas áreas agrícolas (em 10 cm de profundidade) e verificou uma ordem crescente do banco de sementes: pastagens (529 sementes por  $m^2$ ) < na faixa da área de plantio/"coroa" das plantas de citros (3.595 sementes por  $m^2$ ) < culturas anuais em rotação: milho-milho-feijão (6.768 sementes por  $m^2$ ) < área de várzea (22.313 sementes por  $m^2$ ). Além das diferenças entre tipos de cultivos, Yenish et al. (1992) demonstraram que o manejo do solo também influencia no banco de sementes, em áreas com monocultura de milho e em rotação milho-soja, com resultados de dois anos de estudos, sendo relatada uma média anual de 224 mil sementes por  $m^2$  na camada do solo de 0-19 cm em sistema de cultivo com revolvimento do solo, e de 199 mil sementes por  $m^2$  em sistema sem revolvimento do solo, sendo que neste 60% das sementes se concentraram de 0-1 cm de profundidade.

Estudos revelam que áreas agrícolas são as maiores detentoras de banco de sementes, pois a grande parte da agricultura moderna ainda é de monocultura, onde há pressão de seleção de forma ativa e contínua das plantas daninhas. Como exemplos, são as espécies de caruru e de buva que são plantas daninhas de grande importância na maioria das culturas. Elas possuem alto potencial prolífico (mais de cem mil sementes por planta por ciclo) e com vários relatos de resistência a herbicidas, portanto, são espécies que se não forem controladas têm alta capacidade de enriquecer o banco de sementes, promovendo novas infestações sempre que as condições necessárias forem atendidas.

A amostragem para o banco de sementes deve ser realizada como amostragem para análises de teores de nutrientes, sendo feita por glebas homogêneas dentro da propriedade, com a utilização de trados e com coletas numa profundidade de no máximo 10 cm quando o sistema de cultivo utilizado é sem revolvimento do solo (Ex.: sistemas de plantio direto ou cultivo mínimo), pois 95% das sementes permanecem nos 5 cm iniciais do solo; e, em até 40 cm em sistemas convencionais (com revolvimento anual do solo), visto que muitas plantas daninhas podem germinar e emergir de profundidades maiores de 20 cm, com o caso das espécies de *Ipomoea* (corda-de-violão), por exemplo. O direcionamento da amostragem deve ser realizado em zigue-zague preferencialmente, sendo realizado anteriormente ao plantio da cultura, se anual, ou durante o desenvolvimento da cultura perene, sendo realizado na faixa da linha de plantio (também denominada de projeção da copa). Após a coleta, pode-se levar as amostras e condicioná-las em bandejas em casa-de-vegetação, e assim que as plantas daninhas forem germinando e emergindo é realizada a identificação e contabilização. Ainda, um outro método pode ser utilizado para identificação direta das sementes em que há

separação entre o solo e as sementes por meio do processo químico de flotação (separação de partículas sólidas pela suspensão em líquido), com a utilização de cloreto de cálcio di-hidratado. (VOLL et al., 1997; VOLL et al., 2001).

De maneira geral, como as plantas daninhas produzem muitas sementes e algumas espécies ainda possuem capacidade de se propagarem vegetativamente, isso assegura sua grande disseminação, dispersão e consequente enriquecimento dos bancos de sementes e perpetuação das espécies. Assim, é fundamental o estudo dos processos de germinação das plantas daninhas, seja via semente ou por vias vegetativas, e de seus processos de dormência.

Para uma semente germinar ela necessita de fatores ambientais favoráveis, e cada espécie necessita de uma série de prerrequisitos. Assim, a germinação segue vários passos que vão desde a mudança do embrião quiescente a um embrião metabolicamente ativo, que cresce em tamanho e emerge da semente. Porém, mesmo que os fatores ambientais sejam atendidos, algumas sementes podem não germinar e a isso se deve a algum tipo de dormência. A dormência é definida como um tipo de período de inatividade da semente, podendo determinar uma época do ano que a semente germina ou atrasar em anos a germinação, garantindo a viabilidade da semente no tempo (MONACO et al., 2002). Portanto, a dormência é um processo que assegura a perpetuação de espécies contra eventos desfavoráveis.



### Assimile

Segundo Silva e Silva (2007), dois conceitos causam muita confusão: dormência e quiescência. Segundo os autores, dormência é um processo inerente à própria semente, podendo ser física, mecânica ou fisiológica, no qual a semente não germina mesmo que as condições ambientes sejam favoráveis. Enquanto a quiescência é um repouso metabólico da semente devido a condições externas desfavoráveis para sua germinação. O simples revolvimento do solo, irrigação e drenagem podem estimular a germinação dessas sementes, por exemplo.

Assim, os fatores ambientais para a germinação são: luz (comprimento de onda e intensidade) para as espécies fotoblásticas positivas, e ausência de luz para as fotoblásticas negativas; quantias adequadas de água, gases e temperatura. Esses mesmos fatores governam a dormência. Porém, além destes, é possível citar outros fatores diretamente relacionados às sementes ou a dormência inerente delas, como a ação de substâncias alelopáticas inibidoras da germinação, a impermeabilidade à água e/ou oxigênio, à resistência mecânica pelo tegumento da semente, embriões imaturos e estágio de maturação da semente.



## Exemplificando

Como exemplos, dentre as espécies de plantas daninhas mais comuns estão classificadas como:

(a) **fotoblásticas positivas**, temos: ançarinha-branca (*Chenopodium album* L.), mentrasto (*Ageratum conyzoides* L.) e caruru-rasteiro (*Amaranthus deflexus* L.).

(b) **fotoblásticas negativas**: caruru-gigante (*Amaranthus retroflexus* L.), mamona (*Ricinus communis* L.) e nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.).

(c) **indiferentes**: capim-amargoso [*Digitaria insularis* (L.) Fedde], capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), malva-branca (*Sida cordifolia* L.) e picão-preto (*Bidens pilosa* L.) (KLEIN; FELIPPE, 1991; GÓRSKI et al., 2013).

A temperatura ótima para germinação varia para cada espécie, há uma temperatura mínima e uma máxima em que a germinação não ocorrerá, portanto, há uma faixa ideal de temperatura. E essa faixa pode ser mais baixa, geralmente para plantas anuais de inverno, ou pode ser mais alta para plantas daninhas anuais de verão. Quanto à água no solo, a germinação pode começar simplesmente pelo acréscimo dos teores de água nas sementes, que expandem suas paredes celulares e começam o seu metabolismo. De maneira geral, muitas sementes permanecem numa baixa taxa respiratória necessária quando os teores de água estão abaixo de 14%, e assim, pode-se dizer que as sementes estão dormentes. É o que acontece em solos secos, por exemplo. Além disso, se iniciada a absorção de água e o solo estiver com uma temperatura fora do ideal, ou seja, muito baixa ou muito alta, essa semente ainda pode se degradar e morrer.

Assim, além das condições ideais de temperatura e de umidade, a germinação depende de oxigênio ( $O_2$ ). Algumas sementes podem iniciar o processo de germinação em condições anaeróbicas e mudam para a condição aeróbica quando seu tegumento se rompe. Assim como para os outros fatores, deve haver uma concentração ideal de  $O_2$ . E essa concentração é obtida em função das características do solo, principalmente a porosidade, sendo que a falta dessa concentração ideal pode deixar as sementes em estado inativo.

Um outro tipo de dormência é pela imaturidade da semente, ou seja, mesmo que a parte externa da semente esteja desenvolvida, o embrião pode estar se desenvolvendo lentamente. Além disso, em alguns casos, mesmo após a maturação do embrião, e mesmo que o tegumento da semente seja retirado para favorecer a absorção de água, muitas sementes ainda ficam em estado dormente. Geralmente, é necessário um tempo de baixas temperaturas por alguns meses, que pode quebrar essa dormência, encontrada em sementes de gramíneas (Poaceae) e de brássicas (Brassicaceae) (MONACO et al., 2002).

Vale ressaltar que órgãos vegetativos também têm dormência, mesmo que em menor intensidade que das sementes. Assim, muitas plantas teriam como insignificantes sua reprodução vegetativa se não fosse a ajuda dos maquinários agrícolas, pois muitas vezes os equipamentos disseminam as plantas daninhas por revolver o solo, cortar, carregar e lançar pedaços de órgãos vegetativos das plantas daninhas, seja verticalmente no solo por meio de revolvimento do solo por cultivadores, grades e arados, ou horizontalmente, por meio dos próprios tratores e de roçadoras. Por exemplo, tubérculos de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) ficam dormentes até terem um dano mecânico ou serem separados da planta-mãe.

Durante a primeira seção desta unidade, foi definido que plantas daninhas são plantas indesejadas em algum tempo e/ou espaço, podendo causar danos. Atualmente, há uma crescente preocupação mundial em relação às “plantas invasoras”, que são plantas naturais de outros ecossistemas, também conhecidas como plantas exóticas. Portanto, as plantas daninhas sempre são plantas invasoras? A resposta é que nem sempre são. Desde que o conceito defina que são plantas indesejadas, uma planta pode até ser indesejada numa propriedade agrícola, porém, ela pode ser natural do ecossistema que habita.

Booth et al. (2003) conceituam a invasão por outras espécies:

(i) Uma invasão é a expansão geográfica de uma espécie em uma área não anteriormente ocupada por ela; assim, espécies nativas e não nativas podem ser invasoras.

(ii) A maioria das invasões falha porque as espécies não possuem o conjunto de características necessárias para dispersar, estabelecer, reproduzir e se disseminar em um habitat.

(iii) Três características de habitats que geralmente promovem invasões são perturbações, baixa riqueza de espécies e alta disponibilidade de recursos.

(iv) O impacto de uma invasão depende da área coberta pela espécie, sua abundância e o efeito por indivíduo.

Uma vez que uma espécie invasora se estabelece, ela afeta o ecossistema e as pessoas de várias maneiras, e o custo tanto para o meio ambiente quanto para a economia é enorme (estimado em bilhões de dólares) quando ervas invasoras são encontradas na terra ou na água, seja na agricultura, pecuária, silvicultura, indústria ou em parques, áreas naturais ou pastagens (MONACO et al., 2002).

Um exemplo clássico de plantas daninhas na agricultura brasileira que são exóticas é da braquiária decumbens [*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.], sendo que essa espécie hoje é a gramínea mais disseminada no país.

Mais recentemente, houve o primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil, planta daninha de altíssima agressividade que preocupou as autoridades

loais, espécie esta que é exótica, e que hoje é uma das piores plantas daninhas na América do Norte (ANDRADE JÚNIOR et al., 2015). Outra invasora que vale ressaltar seriam as ervas-de-bruxa, que são plantas do gênero *Striga*, e que constam dentre as 20 pragas agrícolas quarentenárias mais importantes que ainda não chegaram no Brasil, numa lista criada pela EMBRAPA. As plantas desse gênero parasitam o sistema radicular das culturas drenando nutrientes, carboidratos e água das plantas hospedeiras causando atrofia, murcha e clorose, sendo que mais de 30 espécies de *Striga* são reconhecidas no mundo, 80% das quais são endêmicas na África, sendo que *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke já foi encontrada na Flórida e Guiana (VALE, 2017).



### Pesquise mais

No texto Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso, você encontrará uma boa leitura sobre uma espécie que se tornou uma das principais plantas daninhas da América do Norte e que teve recentemente o primeiro relato no Brasil. É uma publicação técnico-científica que demonstra desde a contextualização do problema desta espécie, as características da planta, até as informações sobre a resistência desta espécie a herbicidas. Esse texto irá aguçar sua curiosidade sobre plantas daninhas invasoras!

ANDRADE JÚNIOR, E. R. de et al. Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso. Circular Técnica IMA-MT, v. 19, p. 1-8, 2015.

Assim sendo, nesta aula vimos que as plantas daninhas têm muitas estratégias para a perpetuação de suas espécies, com diversas adaptações evolutivas que fazem destas plantas especialistas em sobrevivência.

Agora vamos aplicar um pouco dos conceitos aqui aprendidos em algumas atividades!

### Sem medo de errar

Caro aluno, agora que você estudou este material sobre reprodução e disseminação de plantas daninhas, vamos voltar ao seu trabalho como coordenador de manejo.

Somente para lembrar, seu empregador pede ajuda com o controle de plantas daninhas para uma área específica, onde houve uma maior incidência de plantas daninhas no mesmo período da semeadura do milho, com menores produtividades em tal área. Assim, foram levantadas questões sobre os tipos de avaliação da área para um melhor entendimento do problema,

além da análise dos resultados dessas avaliações.

Primeiramente, sobre as avaliações, seria o levantamento florístico, que é feito por meio de amostragens na área identificando e contabilizando as espécies emergidas, com o intuito de se verificar a comunidade infestante atual. A segunda avaliação seria amostragens de solo da área para quantificar e especificar o banco de sementes do solo, para verificar o potencial de infestação do solo, além de uma possível predição do mesmo.

Com os resultados em mãos, é possível responder que:

(i) O levantamento florístico é que teve maior probabilidade de ter uma maior similaridade com o que ocorreu no campo neste caso, visto que os resultados da avaliação do banco de sementes demonstraram que a principal planta daninha foi a ançarinha-branca, que possivelmente não germinou no campo por questões de quiescência ou dormência de suas sementes. Esta é uma planta anual que se reproduz por sementes, e que segundo Stevens (1932), é uma espécie que pode produzir mais de 72 mil sementes por planta. Outra possibilidade é que os funcionários que amostraram podem não ter feito a amostragem de maneira correta na área que houve o problema, não demonstrando a realidade do campo, fazendo amostras de onde estavam concentradas as sementes de ançarinha-branca. Neste caso específico a avaliação do banco de sementes não condiz com a realidade do campo, porém essa é uma ferramenta de extrema utilidade quando corretamente utilizada.

(ii) O que pode ter ocorrido nesta área que utiliza do sistema de cultivo convencional, é que este sistema pode ter disseminado as plantas daninhas e a tiriricão, que são espécies com alto potencial de propagação vegetativa, visto que a área ficou em pousio durante um tempo e não foi utilizado herbicida, o que aumentou as condições para essas plantas daninhas se disseminarem. Assim sendo, quando foi feito o revolvimento do solo por meio do uso de gradagens, essas duas espécies de propagação vegetativa podem ter se disseminado. E para a planta daninha tiriricão, deve ter havido favorecimento do brotamento de seus tubérculos pela ação física deste tipo de cultivo, por isso essa planta não foi avistada no momento do preparo do solo.

(iii) Para uma próxima safra nesta área problemática, deve-se intensificar o manejo contra essas duas plantas dominantes, podendo-se utilizar do sistema de plantio direto de modo que a ausência do revolvimento do solo – típico deste sistema de cultivo – não disseminará ainda mais essas plantas daninhas. Além disto, o emprego de culturas de cobertura anteriores ao cultivo de milho e a utilização de herbicidas devem ser considerados.

Por fim, pode ser apresentado ao seu empregador um relatório com os resultados das avaliações realizadas, no qual podem ser demonstradas quais espécies

são dominantes e as medidas corretivas em cada situação trabalhada ao longo desta unidade. Além disso, um relatório como esse pode demonstrar correlações da produção das áreas com todos os valores gerados das avaliações, com o intuito de verificar o que mais influenciou na redução de produção.

Portanto, caro aluno, essa última situação demonstra como podemos avaliar a infestação de plantas daninhas em áreas que tiveram problemas e tentarmos entender o que aconteceu mesmo após o problema ter ocorrido. Ainda, é possível compreender como a capacidade de reprodução, disseminação e dispersão de cada espécie de planta daninha pode influenciar a tomada de decisão do manejo e como o próprio manejo pode ser um agente disseminador, o que demonstra como um profissional da área deve conhecer as principais características de cada espécie.

### Avançando na prática

## Área com nova planta daninha invasora

### Descrição da situação-problema

Vamos exercitar o seu raciocínio novamente para que você assimile o conteúdo deste material. Imagine uma situação na qual você trabalha para uma empresa que precisa adquirir áreas no estado do Mato Grosso. E numa das visitas de uma área, que estava com o preço bem atrativo, especificamente numa área de histórico de cultivos sucessivos de soja, milho e algodão sempre em sistema de plantio direto, você verifica que uma espécie de planta daninha predomina em toda a área, e conversando com um funcionário da empresa detentora desta área, ele conta que essa planta se estabeleceu há um ano, e que cresce muito rápido, principalmente em períodos muito quentes.

O que mais chama sua atenção são que as características dessa planta daninha, que parece uma espécie de caruru (*Amaranthus* spp.) e que tem porte muito alto, sendo muito vigorosa. Então, você se identifica como a espécie exótica de caruru *A. palmeri*, que tem uma característica marcante que a difere das demais espécies de caruru: possui somente flores femininas ou somente flores masculinas. Além disto, é de conhecimento que essa é uma espécie que se tornou uma das mais problemáticas nos últimos anos na América do Norte.

Deste modo, você acha que compensa comprar uma área infestada por esta espécie? Mesmo que não tenhamos entrado no âmbito do controle de plantas daninhas, você acredita que as características que essa planta demonstra permitem que ela seja de fácil controle para tornar essa área viável?

## Resolução da situação-problema

A resposta é que não compensaria adquirir uma área infestada por esta espécie, que é exótica, e que hoje é uma das piores plantas daninhas na América do Norte. Estudos demonstram que a infestação desta planta daninha pode reduzir a produção em mais de 70% de culturas importantes como milho, soja e algodão. Esta planta daninha apresenta características de agressividade que são notáveis, como ciclo  $C_4$ , alta capacidade fotossintética mesmo em altas temperaturas foliares (ponto ótimo aos 42 °C), alta taxa de crescimento (até três cm por dia), porte de até 1,5 metros de altura, pode produzir até um milhão de sementes por planta e é resistente a vários herbicidas. Além disso, foi publicada a Instrução Normativa INDEA-MT N° 047/2015, que lista 11 medidas fitossanitárias para contenção e erradicação desta espécie de planta daninha, o que demonstra como o risco desta espécie foi considerado como potencialmente danoso à economia do estado de Mato Grosso.

### Faça valer a pena

**1.** Os bancos de sementes compõem o repositório de sementes e propágulos vegetativos das plantas daninhas no solo, e as interações destas com o ambiente pode aumentá-lo ou reduzi-lo, ou seja, pode haver “saques” ou “depósitos”, sendo que cada tipo de cultivo agrícola pode ter um número diferente do banco de sementes em função dos diferentes manejos executados.

Analise as seguintes afirmações sobre o banco de sementes:

- I. A predação de sementes pode ocorrer por microrganismos do solo e roedores.
- II. O processo de germinação sempre acarreta no acréscimo do banco de sementes.
- III. O processo de disseminação acarreta no acréscimo do banco de sementes.
- IV. Pode haver diminuição do banco de sementes pela degradação de sementes.

Quais afirmações expressam corretamente as interações do banco de sementes?

- a) Somente I e II.
- b) Somente I e III.
- c) Somente I, II e III.
- d) Somente I, II e IV.
- e) Somente I, III e IV.

**2.** A dormência é um tipo de estágio de repouso para a semente e pode determinar a época do ano em que uma semente germina ou pode atrasar a germinação por anos e, assim, garantir a viabilidade da semente e assegurar a perpetuação da espécie.

Sobre dormência de plantas daninhas, analise as seguintes afirmações:

I. Se a semente de planta daninha tem condições ambientais e mesmo assim não germina, isso caracteriza a dormência.

II. Se a semente de planta daninha tem condições ambientais e mesmo assim não germina, isso caracteriza a quiescência.

III. A alelopatia é um fator que pode inibir o processo de germinação de sementes.

IV. Os fatores diretamente relacionados à semente e à sua dormência incluem camadas de sementes impermeáveis à água, ao oxigênio ou a ambos, revestimentos de sementes mecanicamente resistentes e embriões imaturos.

De acordo com o conteúdo apresentado, quais afirmações estão corretas sobre a dormência de plantas daninhas?

- a) I e II, somente.
- b) I e III, somente.
- c) I, II e III, somente.
- d) I, II e IV, somente.
- e) I, III e IV, somente.

**3.** O fotoblastismo exerce uma função de iniciar os processos de germinação na presença de luz ou ausência de luz, sendo esta característica que pode ajudar o manejo de plantas daninhas por meio da prevenção de sua germinação. As fotoblásticas positivas necessitam de luz, enquanto as negativas necessitam da ausência de luz. Nesta classificação ainda incluem as indiferentes à luz para germinarem.

Quais são as plantas daninhas que necessitam de luz para germinar, que necessitam de sua ausência e que são indiferentes, respectivamente?

- a) *Amaranthus retroflexus* L.; *A. deflexus* L.; e, *Digitaria insularis* L.
- b) *Amaranthus retroflexus* L.; *A. deflexus* L.; e, *Bidens pilosa* L.
- c) *Amaranthus deflexus* L.; *A. retroflexus* L.; e, *Ageratum conyzoides* L.
- d) *Amaranthus deflexus* L.; *A. retroflexus* L.; e, *Bidens pilosa* L.
- e) *Ageratum conyzoides* L.; *Amaranthus deflexus* L.; e, *A. retroflexus* L.

- ANDRADE JÚNIOR, E. et al. Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso. **Circular Técnica IMA-MT**, v. 19, p. 1-8, 2015. Disponível em: <[http://www.imamt.com.br/system/anexos/arquivos/294/original/circular\\_tecnica\\_edicao19\\_bx\\_ok.pdf?1434631723](http://www.imamt.com.br/system/anexos/arquivos/294/original/circular_tecnica_edicao19_bx_ok.pdf?1434631723)>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- AZEVEDO, F. A. et al. Manejo da cobertura do solo na citricultura brasileira. **Citrus Research & Technology**, 35(2): 85-95 2014.
- BAKER, H. G. The evolution of weeds. **Annual review of ecology and systematics**, 5(1), 1-24. 1974.
- BRAVO, W. et al. Evolutionary Adaptations of Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) to Nitrogen Fertilization and Crop Rotation History Affect Morphology and Nutrient-Use Efficiency. **Weed Science**, v. 66, n. 2, p. 180-189, 2018.
- BOOTH, B. D.; MURPHY, S. D.; SWANTON, C. J. **Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems**. CABI Pub., 2003.
- CARMONA, R. Banco de sementes e estabelecimento de plantas daninhas em agroecossistemas. **Planta daninha**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 1995.
- DALLEY, C. D.; BERNARDS, M. L.; KELLS, J. J. Effect of weed removal timing and row spacing on soil moisture in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, v. 20, n. 2, p. 399-409, 2006.
- DI TOMASO, J. M. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. **Weed Science**, v. 43, n. 3, p. 491-497, 1995.
- EGLEY, G.H. High-temperature effects on germination and survival of weed seeds in soil. **Weed Science**, v. 38, n. 4-5, p. 429-435, 1990.
- FAY, P. K.; DUKE, W. B. An assessment of allelopathic potential in *Avena* germ plasm. **Weed science**, v. 25, n. 3, p. 224-228, 1977.
- GÓRSKI, T.; GÓRSKA, K.; STASIAK, H. Inhibition of seed germination by far-red radiation transmitted through leaf canopies. **Polish Journal of Agronomy**, v. 13, p. 10-38, 2013.
- KLEIN, A. L.; FELIPPE, G. M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 7, p. 955-966, 1991.
- KNEZEVIC, S. Z. et al. Critical period for weed control: the concept and data analysis. **Weed science**, v. 50, n. 6, p. 773-786, 2002.
- KORRES, N. E. et al. Seedbank persistence of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) across diverse geographical regions in the United States. **Weed Science**, v. 66, n. 4, p. 446-456, 2018.
- LIEBMAN, M.; DAVIS, A. S. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. **Weed Research**, v. 40, n. 1, p. 27-48, 2000.
- MARTINELLI, R. et al. Ecological Mowing: An Option for Sustainable Weed Management in Young Citrus Orchards. **Weed Technology**, v. 31(2), 260-268, 2017.
- MONACO, T. J.; WELLER, S. C.; ASHTON, F.M. **Weed science: principles and practices**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley, 1974. 547 p.

NIETO, H. J.; BRONDO, M. A.; GONZALEZ, J. T. **Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds**. 1968.

PATTERSON, D. T. Effects of environmental stress on weed/crop interactions. **Weed Science**, v. 43, n. 3, p. 483-490, 1995.

PITELLI, R. A. **Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas**. Série técnica IPEF, 4(12), 1-24. 1987.

PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas daninhas, 15, Belo Horizonte, 1984. **Resumos**, p. 37.

PROCÓPIO, S. O. et al. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2004.

QASEM, J. R. Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. **Journal of Horticultural Science**, v. 67, n. 2, p. 189-195, 1992.

RAMOS, L. R. M.; PITELLI, R. A. Efeitos de diferentes períodos de controle da comunidade infestante sobre a produtividade da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 10, p. 1523-1531, 1994.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007.

SILVA, A. A. D. et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007.

SPIASSI, A. et al. Alelopatia de palhadas de coberturas de inverno sobre o crescimento inicial de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, 2011.

STEVENS, O. A. The number and weight of seeds produced by weeds. **American Journal of Botany**, v. 19, n. 9, p. 784-794, 1932.

SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C. A. Possíveis efeitos alelopáticos de *Brachiaria decumbens* Stapf. Sobre o desenvolvimento inicial de limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck). **Planta Daninha**, 15, p. 122-129, 1997.

\_\_\_\_\_. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha** 24, p. 2006 ,668-657.

TEASDALE, J. R.; DAUGHTRY, C. S. T. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia villosa*). **Weed Science**, v. 41, n. 2, p. 207-212, 1993.

VALE, A. **Brasil lista 20 pragas agrícolas mais importantes que ainda não chegaram ao País**. EMBRAPA. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28666392/brasil-lista-20-pragas-agricolas-mais-importantes-que-ainda-nao-chegaram-ao-pais>>. Acesso em: 29 set. 2018.

VILLELA, A. G. **Alelopatia de *Urochloa* spp. a plantas daninhas e porta-enxertos de citros**. 61f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas-IAC, Campinas.

VOLL, E.; KARAM, D.; GAZZIERO, D. L. P. Dinâmica de populações de trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) sob manejos de solo e de herbicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 571-578, 1997.

VOLL, E.; TORRES, E.; BRIGHENTI, A. M.; GAZZIERO, D. L. P. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo do solo. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2001.

WEINER, J. How competition for light and nutrients affects size variability in *Ipomoea tricolor* populations. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1425-1427, 1986.

WESTERMAN, P. R.; HILDEBRANDT, F.; GEROWITT, B. Weed seed survival following ensiling and mesophilic anaerobic digestion in batch reactors. **Weed Research**, v. 52, n. 3, p. 286-295, 2012.

YENISH, J. P.; DOLL, J. D.; BUHLER, D. D. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. **Weed Science**, v. 40, n. 3, p. 429-433, 1992.

ZISKA, L. H. The impact of elevated CO<sub>2</sub> on yield loss from a C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> weed in field-grown soybean. **Global Change Biology**, v. 6, n. 8, p. 899-905, 2000.

## Unidade 2

---

### Métodos de controle e manejo integrado de plantas daninhas (MIPD)

#### Convite ao estudo

Caro aluno, nesta unidade, você aprenderá sobre o controle de plantas daninhas, desde o conceito até as estratégias utilizadas e o que controlar, ou seja, quais são os principais componentes para se controlar, seja a flora emergida ou o banco de sementes. Um profissional de Agronomia deve saber que tipo de controle é viável para cada situação e se isso vai influenciar somente nas plantas emergidas e/ou nas reservas das plantas daninhas no solo.

No decorrer do texto, você compreenderá quais são os conceitos de controle, como o manejo exercido no campo pode influenciar as plantas daninhas e ser utilizado como estratégias de controle de tais plantas. Ainda, esperamos que você conheça e entenda os principais métodos de controle e os componentes a serem controlados e como controlar as perdas de produção, assim, saberá aplicar as principais estratégias e como integrá-las para um manejo mais sustentável e com menores perdas de produção agrícola.

Portanto, agora, imagine um cenário, no qual você trabalha como agrônomo em uma unidade de produção de cana-de-açúcar, que é uma usina produtora de açúcar e etanol. Você é o mais novo responsável pelo manejo de plantas daninhas de algumas áreas, sendo de sua competência aplicar estratégias de controle delas. Em metade dos campos produtivos que são de sua responsabilidade, **o manejo é realizado retirando-se a palhada da cana-de-açúcar, para usar como biomassa; e na outra metade, mantém-se a palhada.** Lembrando que a palha de cana-de-açúcar é um resíduo gerado a partir da colheita mecanizada dessa cultura, podendo ser utilizada no campo para beneficiar o solo e o canavial, e na indústria, pode ser utilizada como um subproduto para geração de eletricidade e etanol.

Seu gestor aponta que o controle de plantas daninhas está insatisfatório, comprometendo a produtividade das áreas. Salienta que esse problema apareceu após dois ciclos de produção de cinco anos cada, e que as mesmas áreas recebem exatamente o mesmo programa de herbicidas, mesmo que isso não seja o ideal.

Para que você possa entender a importância dessas plantas e tomar as melhores decisões, nesta unidade, estudaremos desde a noção básica do que é

controle, compreendendo as suas estratégias e quais são os componentes que deverão ser alvos de controle, como a flora infestante e o banco de sementes. Ainda, aprenderemos os principais métodos de controle de plantas daninhas, como avaliar o controle em si, como são calculadas as perdas de produção e, por fim, sobre o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD), que é uma tendência para uma agricultura mais sustentável.

Mas, primeiro, precisaremos definir: **o que é controle?** Sempre que se fala em controle, entendemos que, por definição, é possuir domínio sobre algo. E no caso das plantas daninhas, como é possuir domínio sobre elas? Além disso, **quais estratégias devem ser utilizadas para controlá-las? Quais são os métodos de controle? Como avaliar se o controle foi bem realizado?** Reflita sobre isso e bons estudos!

## Introdução ao controle de plantas daninhas

### Diálogo aberto

Caro aluno, neste material, você compreenderá o que é controle, quais estratégias o compõem e quais são os principais componentes que devem ser controlados, por exemplo, **devemos controlar somente o que está acima do solo (plantas daninhas emergidas), ou o que está no solo (sementes de plantas daninhas que não germinaram)? Ou devemos controlar ambos? Isso é possível?**

Para isso, vamos exercitar a questão de possibilidades de controle, voltando ao fato de que você foi contratado como encarregado para coordenar o manejo de plantas daninhas em uma usina de cana-de-açúcar. Em visita ao campo, você e seu gestor verificaram que, em uma área produtiva de sua responsabilidade, na qual a palhada da cana-de-açúcar era retirada, havia sempre uma altíssima infestação de espécies de buva (*Conyza* spp.) em comparação à área que mantinha a palhada no campo. Além disso, foi relatada uma menor produtividade de cana-de-açúcar na área sem a palhada.

Diante disso, **o que pode ter ocasionado essa diferença? Qual(is) efeito(s) pode(m) ter ocorrido no banco de sementes e/ou na flora emergida dessas espécies? Qual dos dois componentes devem ser priorizados para o controle? Deve ser priorizado algum deles? E qual(is) conceito(s) das estratégias de controle deve(m) ser utilizado(s)?**

Para resolver essas questões, primeiramente, você precisa compreender os conceitos de controle e como isso pode afetar a flora estabelecida e o banco de sementes. Bons estudos!

### Não pode faltar

O controle de plantas daninhas é essencial em qualquer sistema de produção agrícola, principalmente, os que utilizam o solo como substrato para o cultivo. Porém, o que é controle? Eliminar todas as plantas daninhas? Impedir novas infestações? Manter a população de plantas daninhas em níveis adequados?

Controle é um termo relativo, o qual pode ser utilizado de diversas maneiras. Pode ser relacionado, por exemplo, a nenhuma planta daninha no campo, ou a um modo que a manutenção de um baixo nível de infestação de plantas daninhas não reduza a produtividade, ou ainda a benefícios, como realizar a cobertura do solo ou atrair agentes polinizadores.

Porém, na maioria das vezes, é necessário controlar, de modo a se manterem níveis mínimos de plantas daninhas, pois elas constituem o grupo de agentes bióticos que mais causa dano à agricultura. Uma afirmação do especialista de plantas daninhas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), Ricardo Labrada-Romero, demonstra a importância de se controlar essas plantas: “As plantas daninhas não são tão espetaculares quanto as secas, insetos e doenças, que chamam mais a atenção, porque seus efeitos são dramáticos. As plantas daninhas são diferentes, elas promovem estragos em silêncio, ano após ano” (FAO, 2018, [s.p.]). Portanto, muitas vezes, as plantas daninhas são subestimadas pelos agricultores, que preferem utilizar os recursos para controlar insetos e doenças que têm efeitos mais contrastantes, porém não percebem o verdadeiro potencial produtivo de suas culturas devido aos “estragos em silêncio” que elas podem ocasionar.

Assim sendo, quando necessário controlar as plantas daninhas, como isso deve ser feito? Utilizando-se de estratégias de controle e de manejo do sistema de produção, desde que o resultado seja viável. Silva et al. (2007) definem que a redução da interferência das plantas daninhas (quando essas estão em interação com a cultura) deve ser realizada somente quando as perdas pela interferência sejam iguais ao incremento no custo do controle, ou seja, que os custos para controle sejam viáveis.

O controle de plantas daninhas é baseado em três estratégias: prevenção, supressão e erradicação:

- a. **Prevenção:** é o impedimento de uma planta daninha invadir uma área e se estabelecer, ou impedir a planta daninha de se disseminar na área. Como exemplos: utilizar sementes certificadas para implantar uma cultura que tenha altos níveis de pureza; não carrear sementes e propágulos de plantas daninhas por meio de maquinários agrícolas, água de irrigação e substratos; não deixar as plantas daninhas produzirem sementes ou propágulos vegetativos; eliminar plantas daninhas nos carreadores; entre outros. Silva et al. (2007) definem que o ser humano é o controlador da prevenção, e salientam que, no Brasil, há legislações que regulamentam a entrada de sementes no país e nos estados e a sua comercialização interna, com os limites toleráveis de semente de cada espécie de planta daninha e a lista de sementes proibidas por cultura ou grupo de culturas. Em âmbito local, é de responsabilidade do agricultor ou de cooperativas prevenir a entrada e disseminação das espécies de plantas daninhas (Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças, e o anexo do Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004, que regulamenta a Lei nº 10.711. Além disso, há uma recente Instrução Normativa (IN) nº 25, de 27 de junho de 2017, que dispõe de normas para importação e exportação de sementes e mudas).



## Pesquise mais

No texto Confira as 20 pragas que ameaçam atingir as lavouras do Brasil, você encontrará uma boa leitura sobre espécies invasoras que, caso entrem no país, podem prejudicar culturas, como milho, soja, mandioca, batata, arroz e várias frutíferas. Na listagem, constam duas espécies muito agressivas de plantas daninhas: o cardo-das-vinhas (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) e a erva-de-bruxa (*Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke).

GLOBO RURAL. Confira as 20 pragas que ameaçam atingir as lavouras do Brasil. 2017.

- b. **Supressão:** refere-se à eliminação das plantas daninhas, visando à diminuição de sua população por meios físicos, químicos, biológicos e culturais. Como exemplo, a utilização de métodos, como a remoção manual, a capina, o revolvimento do solo, o uso de fogo, eletricidade, herbicidas, inimigos-naturais, etc.
- c. **Erradicação:** é a completa eliminação da planta daninha da área, incluindo a planta e suas partes reprodutivas, como as sementes e estruturas de propagação vegetativa, ou seja, é a extinção da espécie na área. Essa estratégia é de difícil realização quando em larga-escala, sendo necessário que as estratégias de prevenção e supressão sejam realizadas em conjunto.

Vale ressaltar que a integração de métodos e processos de controle é o ideal a ser realizado. O manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) será melhor discutido mais adiante.

Quando o controle deve ser realizado, dois componentes de toda a dinâmica das populações de plantas daninhas devem ser muito bem analisados: a flora infestante, ou seja, as plantas que emergiram, e o banco de sementes, o qual é o repositório de sementes e propágulos vegetativos das plantas daninhas.

O controle da flora infestante é o principal componente de controle, pois é a infestação visível, a que demonstra quais plantas daninhas estão interagindo com a cultura ou que estão infestando a área anteriormente à cultura, no caso de áreas agrícolas.



## Refleta

Qual componente da dinâmica das populações de plantas daninhas você considera mais importante? Qual é o mais fácil de manejar? Você acha que a população que está acima do solo representa sempre a população abaixo do solo (banco de sementes)?

Assim sendo, qualquer tipo de controle ou manejo que seja realizado em uma área de produção agrícola, ou qualquer área não-agrícola, é baseado na avaliação visual das espécies. Geralmente, a maior infestação de plantas daninhas em uma área agrícola é composta por poucas espécies, enquanto o restante pode ser constituído por inúmeras espécies. Martinelli (2017) demonstrou que, em um levantamento florístico durante 5 anos de avaliação em área de citros, foram encontradas e identificadas 46 diferentes espécies de plantas daninhas, de 18 famílias distintas, havendo predominância de eudicotiledôneas e da família Asteraceae. Porém, cinco espécies predominaram: picão-preto (*Bidens pilosa* L.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), apaga-fogo (*Alternanthera tenella* Colla) e mentruz (*Lepidium virginicum* L.), em ordem decrescente de importância. Porém, essas espécies demonstraram diferentes frequências com o decorrer do tempo. Por exemplo, dentre as cinco principais espécies, a planta daninha picão-preto foi a espécie mais importante até o terceiro ano agrícola, enquanto as demais aumentaram sua importância com o tempo.

Ainda segundo o autor, diferentes manejos demonstraram diferentes composições florísticas, por exemplo, a trapoeraba foi beneficiada pelo manejo que utilizava palhada, criando um microclima adequado a essa espécie, porém esse mesmo microclima foi desfavorável ao capim-colonião. Ainda, a espécie mentruz demonstrou preferência pela utilização de palhada e uso do herbicida glyphosate. Portanto, a avaliação da flora infestante deve ser sempre realizada, pois as populações sofrem alterações com o decorrer do tempo, e o manejo realizado precisa ser sempre analisado conforme a atual flora infestante.

Os diferentes tipos de sistemas de cultivo também influenciam a dinâmica das populações de plantas daninhas. A utilização de sistemas de cultivo convencionais que utilizam do revolvimento do solo pode tanto controlar algumas espécies quanto quebrar a dormência de outras, aumentando os processos de germinação. O mesmo é visto para o sistema de cultivo mínimo (mínimo revolvimento do solo), em que, além do revolvimento, poder quebrar a dormência de algumas espécies aumenta a compactação em locais onde não há revolvimento, assim, pode-se aumentar o número de espécies que germinam pelo maior contato do solo com as sementes.-

Já para os sistemas conservacionistas (pouco ou sem revolvimento do solo), como o sistema de plantio direto (SPD), mesmo que eles trouxeram muitas vantagens sobre os sistemas convencionais, uma desvantagem é que as plantas daninhas são um problema nos estágios iniciais de adoção, visto que as sementes podem se concentrar na camada superficial do solo, além de criar um ambiente que pode selecionar espécies. Além disso, a adição de palhada no sistema de cultivo pode influenciar no manejo de herbicidas,

demandando um maior nível técnico da unidade produtiva. Porém, com o decorrer do tempo, de maneira geral, os problemas são reduzidos, e os resíduos que são gerados por esse sistema de cultivo podem ajudar a suprimir a germinação, a emergência e o desenvolvimento das plantas daninhas.

Ainda, a flora infestante pode ser influenciada pela utilização de herbicidas. Como Monquero e Christoffoleti (2003) relataram, a utilização de um mesmo herbicida ou de vários herbicidas com o mesmo mecanismo de ação e espectro de controle de plantas daninhas, em alta frequência, por diversos anos, pode selecionar espécies tolerantes, assim como herbicidas com efeito residual curto podem selecionar espécies com germinação tardia.

Outro componente de extrema importância para o manejo de plantas daninhas é o repositório de sementes no solo, conhecido como banco de sementes. Ele, talvez, seja o mais difícil de se controlar, pois algumas plantas daninhas podem produzir centenas de milhares de sementes por indivíduo e, uma vez que o controle delas não seja realizado, novas adições de sementes são realizadas, aumentando significativamente o banco de sementes. Há um ditado popular que faz uma boa analogia a esse efeito: “Um ano de plantas daninhas semeando, sete anos controlando”.

Dentre os tipos de bancos de sementes, as espécies de plantas daninhas que formam bancos persistentes são uma preocupação maior para o manejo de plantas daninhas. A persistência de sementes viáveis no banco de sementes do solo depende de fatores bióticos e abióticos em interação, como condições ambientais que servem como sinais para a germinação, a capacidade de dormência de sementes, as características delas (tamanho e idade fisiológica, por exemplo), a predação e degradação por microrganismos, a profundidade e o tempo que a semente está em determinada profundidade.



### Assimile

Relembrando os tipos de bancos de sementes, eles podem ser classificados como ‘transitórios’, os quais são constituídos de sementes que podem permanecer viáveis por um ano no máximo, ou ‘persistentes’, que são constituídos de uma grande quantidade de sementes dormentes, com potencial de infestação de curto (menor que cinco anos, geralmente) e longo prazo (maior que cinco anos).

Além disso, as diversas práticas agrícolas influenciam o banco de sementes e sua dinâmica de diversas maneiras. Por exemplo, conforme estudo realizado por Kuva et al. (2008), a colheita mecanizada de cana-de-açúcar acarreta mudanças significativas na composição da

flora infestante pela manutenção da camada de palha, reduzindo a movimentação do solo e dispensando a prática da queimada. Nessa mesma pesquisa, utilizaram diversas áreas com histórico de colheita convencional com a queimada da cana-de-açúcar, em que, na sequência, empregaram o sistema de colheita mecanizada (sem a queimada) por cinco anos seguidos. Diante disso, relata-se que o banco de sementes nem sempre se correlacionava com a flora infestante, ou seja, a composição florística demonstrada no campo diferia, na maioria das vezes, da composição do banco de sementes. Isso demonstra que, devido às características de algumas espécies terem alta produção e longevidade de suas sementes, a maior parte da composição do banco de sementes foi criada por infestações anteriores à colheita mecânica.

Outro fator importante é a profundidade que as sementes se encontram, pois sistemas convencionais com revolvimento do solo podem mudar a profundidade do banco de sementes, enquanto sistemas conservacionistas, sem revolvimento ou com pouco revolvimento, podem concentrar o banco de sementes na camada de 0-10 cm de profundidade do solo.

Ainda, o manejo de herbicidas pode alterar o banco de sementes das plantas daninhas, com o aumento da pressão de seleção por se utilizar o mesmo herbicida, ou com o mesmo mecanismo de ação, pode favorecer o estabelecimento de espécies resistentes e/ou tolerantes.



### Exemplificando

Monquero e Christoffoleti (2003) demonstraram que a utilização isolada de glyphosate favoreceu o estabelecimento de espécies tolerantes, principalmente nas menores doses desse herbicida, porém o banco de sementes das espécies suscetíveis diminuiu ao longo do tempo, mesmo nas menores doses dele.

Portanto, qualquer programa de controle que consiga diminuir o banco de sementes do solo está prevenindo a germinação e emergência de novas plantas daninhas, assegurando baixas infestações futuras. Além disso, o manejo do banco de sementes de plantas daninhas ganha mais importância, dado o cenário atual de casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas, visto que um princípio fundamental do manejo de resistência é a prevenção da produção de sementes de plantas daninhas, pelo menos para aquelas que apresentam alto risco de evolução da resistência (NORSWORTHY; KORRES; BAGAVATHIANNAN, 2018).

Martinelli (2017) estimou o banco de sementes de plantas daninhas em um pomar de citros, verificando acréscimos anuais do número de sementes até o 5º ano após o plantio, com valores de, aproximadamente, 6.000 sementes por m<sup>2</sup> na camada de 0-10 cm de profundidade do solo, com um pequeno decréscimo no 6º ano, para 5.000 sementes por m<sup>2</sup>. O acréscimo foi ocasionado pelo manejo adotado, no qual há o acréscimo de biomassa roçada de espécies de braquiárias (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster e *U. ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Morrone & Zuloaga), as quais são cultivadas na entrelinha e cuja biomassa é lançada na faixa da linha de plantio (ao redor das plantas de citros) por meio do uso de roçadora do tipo ecológica. Assim, essa camada de palha acaba por inibir a germinação das plantas daninhas e, por consequência, concentra as sementes na camada superficial, enquanto o decréscimo no último ano de avaliação é devido, provavelmente, à deterioração e/ou predação das sementes/propágulos. Portanto, o uso de manejos que não revolvem o solo pode, em um primeiro momento, concentrar as sementes das plantas daninhas na camada superficial do solo, mas, com o passar do tempo, pode diminuir, quando são impossibilitadas de germinar e/ou emergir, como neste caso, pelo efeito da palhada (Figura 2.1).

Figura 2.1 | Palhada ao redor das plantas de citros em toda a faixa da linha de plantio. O efeito da palhada suprime a germinação e/ou emergência de plantas daninhas



Fonte: elaborada pelo autor.



## Assimile

O efeito de supressão proporcionado por resíduos vegetais promove efeitos físicos, químicos e biológicos nas plantas daninhas, nas suas sementes e nos propágulos vegetativos, sendo estes dependentes da espécie da cultura de cobertura e da quantidade de seus resíduos depositados sobre o solo. Os efeitos físicos do *mulch* podem ser atribuídos pela formação de barreira física; os efeitos químicos se devem à liberação de substâncias alelopáticas, que podem inibir a germinação e emergência das plantas daninhas; e os efeitos biológicos se devem ao aumento da população de microrganismos na camada superficial do solo, que podem utilizar sementes, propágulos vegetativos e plântulas como fonte de energia, provocando a deterioração e perda de viabilidade de sementes no solo.

Assim sendo, nesta aula, vimos o conceito de controle, além das estratégias existentes, e como o manejo pode influenciar os principais componentes da dinâmica de populações de plantas daninhas. Agora, vamos exercitar um pouco sobre os conteúdos desta aula!

### Sem medo de errar

Agora que você estudou o material sobre introdução ao controle de plantas daninhas, vamos voltar ao seu trabalho como coordenador de manejo. Seu empregador questionou sobre duas áreas de produção de cana-de-açúcar: na metade delas, retira-se a palha após a colheita, e na outra metade, não se retira a palha. Assim, seu gestor apontou que certas espécies dominaram a área em que se retirou a palha da cana-de-açúcar, apresentando menor produtividade.

Caro aluno, a resolução desse caso é simples e bem conceitual, pois o que ocorreu nessas áreas foi que o manejo exercido influenciou na seleção das espécies de buva, visto que esses problemas apareceram após dois ciclos de cinco anos cada, ou seja, 10 anos realizando-se o mesmo manejo específico de cada área. A retirada da palha da cana-de-açúcar foi um fator primordial para a seleção, porque essas espécies podem produzir até 200 mil sementes por planta, as quais se reproduzem somente por sementes e tem sementes especializadas para se dispersarem com o vento. Vale ressaltar ainda que essa espécie possui sementes muito pequenas, com pouca reserva, e ainda são fotoblásticas positivas, ou seja, necessitam de luz para sua germinação. Assim, a ausência da palha, primeiro, favoreceu a germinação dessas espécies, e mesmo que o nível de palha não fosse tão alto a ponto de impedir completamente a passagem de luz, as plântulas emergidas, provavelmente,

não conseguiriam transpassar a camada de palha e morreriam, pois suas reservas energéticas nas sementes são muito pequenas.

Ainda, mais um ponto merece atenção: as áreas receberam o mesmo manejo de herbicidas durante todo esse tempo, o que foi mais um fator de seleção para essas espécies. As buvas (*Conyza* spp.) são consideradas umas das plantas daninhas com mais casos de resistência a herbicidas no mundo, chegando a mais de 60 casos, além de eventos de múltipla resistência (HEAP, 2018), ou seja, são resistentes a mais de um mecanismo de ação de herbicidas (veremos isso com mais detalhes em outra unidade).

Aliando todos esses fatores, essas plantas daninhas, tendo ambiente para germinar e emergir (ausência de palha) e não sendo muito bem controladas por herbicidas, se estabeleceram como dominantes e com altíssima produção de sementes, enriquecendo o banco de sementes de maneira muito significativa. Assim, os dois componentes devem ser melhor manejados: primeiro, a flora infestante, ou seja, as plantas que emergiram devem ter ações para melhor controlá-las a ponto de não se disseminarem e dispersarem para não aumentarem o banco de sementes; e segundo, ações devem ser realizadas para que o banco de sementes seja diminuído. Quanto às estratégias de controle, todas devem ser utilizadas nesse caso. Porém, somente a erradicação para áreas em larga escala que não é viável de maneira geral. Assim, deve-se prevenir que essas espécies se disseminem mais e suprimi-las, visando à diminuição de sua população.

Todavia, caro aluno, as ações que podem ser realizadas para essas estratégias de controle você aprenderá melhor na próxima aula.

## Avançando na prática

# Controle de arroz-vermelho em área de arroz

## Descrição da situação-problema

Caro aluno, vamos exercitar o seu raciocínio para que você assimile um pouco mais o conteúdo desta seção. Imagine uma situação em que você é o produtor de uma pequena área de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, na qual você não utiliza variedades transgênicas resistentes a herbicidas.

Sobre o cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) nesse estado, sabe-se que a interferência exercida pelo arroz-vermelho (*O. sativa* L.) sobre a cultura é um dos principais fatores que limita a produtividade desse cereal, e essa

planta daninha está presente na totalidade das regiões cultivadas com arroz irrigado, sendo, às vezes, denominada de “arroz-daninho”. Botanicamente, ela pertence à mesma espécie do arroz cultivado, porém a sua denominação se deve à coloração avermelhada do pericarpo dos grãos. Devido à semelhança entre ambos, o seu controle é muito difícil. Assim, você tem as seguintes opções:

- a) O arranquio manual dessa planta daninha.
- b) O uso de cultivares precoces de arroz (menor ciclo que o arroz-vermelho).
- c) Como sua área tem grande infestações dessa planta daninha, o pousio da área é praticamente obrigatório, assim sendo, sabe-se que o revolvimento do solo favorece a germinação/emergência dela, que fica suscetível a um novo revolvimento.

Assim sendo, **qual(is) dessas opções de controle você acha que é(são) viável(is)? Quais conceitos das estratégias de controle cada opção de controle utiliza? E em quais componentes da dinâmica de populações de plantas daninhas essas estratégias atuam? E como atuam?**

### **Resolução da situação-problema**

A resposta, em um caso delicado desses, é que todas as opções são viáveis, visto que você é um pequeno produtor.

O arranquio manual utiliza as estratégias de supressão, pela diminuição da população, e de prevenção, pelo impedimento de novas disseminações, agindo na flora infestante, por meio da retirada da população da planta daninha, diminuindo, conseqüentemente, o banco de sementes.

Já o uso de cultivares precoces utiliza a estratégia de prevenção, pois o menor ciclo de maturação previne que as plantas de arroz-vermelho completem sua maturação fisiológica, assim a colheita do arroz é realizada antes, diminuindo a flora infestante da planta daninha (fica visível após a colheita) e o banco de sementes, por a prevenção da produção de sementes pelo ciclo do planta daninha ser anteriormente interrompido.

Quanto ao revolvimento do solo, esse manejo utiliza a estratégia de supressão e prevenção, pois, quando em pousio, reduz a população das plantas de arroz-vermelho remanescentes, prevenindo que elas enriqueçam o banco de sementes.

**1.** O “controle de plantas daninhas” é baseado em três estratégias: prevenção, supressão e erradicação. Sobre elas, analise as seguintes afirmações:

I. Prevenção é a estratégia de controle que utiliza ações, de modo a prevenir que uma planta daninha se dissemine em uma área.

II. Prevenção é a estratégia de controle que utiliza ações, de modo a prevenir que uma planta daninha invada uma área.

III. Supressão se refere à eliminação das plantas daninhas, visando à diminuição de sua população em uma área.

IV. Erradicação é a completa eliminação de uma planta daninha de uma área, sem incluir suas sementes e seus propágulos vegetativos.

**A partir da análise, conclui-se que estão corretas somente as afirmações:**

a) I e II.

b) I, II e IV.

c) I, II e III.

d) II, III e IV.

e) I, II, III e IV.

**2.** Todo o manejo de plantas daninhas é baseado em três estratégias de controle: (i) prevenção, (ii) supressão e (iii) erradicação. Sobre os conceitos e exemplos dessas três estratégias, analise as seguintes afirmações:

I. A diminuição do banco de sementes se refere à estratégia de erradicação.

II. O controle por meio de capina manual pode se referir à estratégia de supressão.

III. A utilização de sementes de cultivos com alto grau de pureza se refere à estratégia de prevenção.

IV. A utilização de sementes de cultivos com alto grau de pureza se refere à estratégia de erradicação.

**A partir da análise, conclui-se que estão corretas somente as afirmações:**

a) I e II.

b) I, II e IV.

c) I, II e III.

d) II, III e IV.

e) I, III e IV.

**3.** Analise o seguinte parágrafo:

“Os diferentes tipos de sistemas de cultivo também influenciam a dinâmica das populações de plantas daninhas. A utilização de sistemas de cultivo \_\_\_\_\_, que utilizam \_\_\_\_\_, pode tanto controlar algumas espécies, como também quebrar a dormência de outras, aumentando os processos de \_\_\_\_\_. O mesmo é visto para

o sistema \_\_\_\_\_ (mínimo revolvimento do solo), no qual, além de o revolvimento quebrar a dormência de algumas espécies, a compactação em locais onde não há revolvimento pode aumentar o número de espécies que germinam, pois pode haver um maior contato do solo com as \_\_\_\_\_ e o solo.”

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) conservacionistas; do revolvimento do solo; germinação; de cultivo mínimo; sementes.
- b) convencionais; do revolvimento do solo; germinação; de cultivo mínimo; sementes.
- c) conservacionistas; do não revolvimento do solo; emergência; de cultivo mínimo; sementes.
- d) conservacionistas; do revolvimento do solo; germinação; conservacionistas; culturas.
- e) convencionais; do não revolvimento do solo; emergência; de cultivo mínimo; sementes.

## Os principais métodos de controle de plantas daninhas

### Diálogo aberto

Caro aluno, nesta aula, você aprenderá quais são os principais métodos de controle de plantas daninhas nos quatro efeitos possíveis: físico (que pode englobar o mecânico), biológico, químico e cultural, e como eles podem interagir. Assim, você terá uma base de quais tipos de controle podem ser utilizados para qualquer situação em que é necessária uma tomada de decisão para o manejo de plantas daninhas.

Para aplicar os conhecimentos que serão adquiridos, vamos voltar ao caso em que você é agrônomo em uma unidade de produção de cana-de-açúcar e responsável pelo manejo de plantas daninhas.

Na metade dos campos produtivos que são de sua responsabilidade, o manejo é realizado retirando a palhada da cana-de-açúcar para uso como biomassa para geração de energia; na outra metade, mantém-se a palhada sobre o solo. Nessas áreas, diferentes populações estão se estabelecendo devido à pressão de seleção, e em cada uma delas uma planta daninha é dominante e está interferindo na cultura da cana-de-açúcar pelo convívio.

Um dos problemas das áreas em questão é que o campo que deixa a palhada sobre o solo está com problemas de dominância de *Ipomoea* spp., comumente conhecida como corda-de-violão, a qual diminui a eficácia da colheita e a produtividade da cultura. Lembre-se de que esse é um gênero de espécies herbáceas, que têm hábito de crescimento de trepadeira e se reproduzem somente por sementes. Na outra área, em que se retira a palhada, as corda-de-violão são pouco frequentes, porém há predominância de uma planta daninha muito agressiva, a qual é uma gramínea perene, possui crescimento do tipo cespitoso e se reproduz por sementes, rizomas e estolões, porém estudos mostram que essa espécie é medianamente sensível ao sombreamento e que suas sementes precisam de luminosidade para germinarem, pois são fotoblásticas positivas.

**Qual recomendação você daria para seu gestor sobre o manejo dessas duas áreas? Que tipo de controle seria feito para cada situação? Alguma dessas espécies possuem algum tipo de controle contraindicado? Em sua resposta, sinalize quais efeitos afetariam as plantas daninhas em questão, tanto na flora emergida quanto no banco de sementes.**

Vale ressaltar dois pontos importantes: a) não é necessário se preocupar com herbicidas no momento, portanto desconsidere-os; e b) a palhada remanescente da cana-de-açúcar pode chegar a valores altos, de mais de 10 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, constituindo uma grande barreira física.

Para resolver essas questões, primeiramente, você precisa ter conhecimento sobre os tipos de controle possíveis, portanto, bons estudos!

## Não pode faltar

O manejo de plantas daninhas é um conceito amplo e complexo, de tomadas de decisão, que abrange estratégias (prevenção, supressão e erradicação) e tipos de controle (físico, biológico, químico e cultural), sempre em interação com os sistemas de plantio e de cultivo, com a cultura e o ambiente. A questão é: todo produtor pode utilizar todos os tipos de controle, de modo a controlar o máximo possível as plantas daninhas? A resposta é não, pois os tipos de controle e o manejo sempre são relacionados ao objetivo do agricultor e à tecnologia disponível.

Os principais métodos de controle de plantas daninhas se dividem nos quatro efeitos possíveis de serem causados a essas plantas: físico (que pode englobar o mecânico), biológico, químico e cultural.

Os métodos de controle físicos são relacionados aos métodos que possuem capacidade de causar impacto às plantas daninhas por meio da força física. Eles também são conhecidos como mecânicos, porém o conceito de mecânico é de algo executado em movimento, ou que necessita de recursos manuais para ser exercido. Portanto, nada mais são que métodos que causam impactos físicos nas plantas daninhas.

O primeiro e mais antigo método de controle físico de plantas daninhas é o arranque manual, também conhecido como “monda”. Ele consiste na remoção manual de plantas indesejadas. Ainda é muito utilizado, porém em pequenas áreas de produção, ou em jardins e hortas caseiras. A capina manual é outro exemplos de método físico, no qual há a utilização de alguns tipos de enxadas para remoção de plantas daninhas, seja somente da parte aérea, seja da planta inteira (Figura 2.2A). Porém, esses dois métodos (capina e monda) carecem de mão de obra, pois esta se encontra cada vez mais escassa nas áreas rurais, sendo utilizada, hoje, somente em áreas pequenas ou em sistemas de cultivo orgânico, nos quais não se pode utilizar herbicidas.

Cultivadores são implementos utilizados desde os primórdios da agricultura para revolver o solo e controlar as plantas daninhas por meio de arranque, por causar ferimentos e por recobrir os resíduos vegetais pelo solo.

Eles podem ser manuais, geralmente tracionados por animais, ou mecanizados, que são acoplados a tratores (Figura 2.2B e Figura 2.2C). Outro método seria a roçagem, que pode ser manual ou automatizada, na qual se utilizam implementos que cortam a parte aérea da planta, suprimindo seu crescimento. Essa técnica é muito utilizada nas entrelinhas de pomares de frutíferas, assim como em canteiros e beiras de estradas. Um tipo de roçadora que vem ganhando popularidade para pomares é a lateral do tipo ecológica, que corta toda a biomassa e a lança lateralmente, formando uma camada de “palhada” da biomassa roçada ao redor das plantas (Figura 2.2D).

Figura 2.2 – Tipos de controle físico: capina manual (A), cultivador manual (B), cultivador acoplado ao trator (C) e roçadora do tipo ecológica (D)



Fonte: (A) <<https://www.istockphoto.com/br/foto/ferramenta-de-jardinagem-gm157193336-3219640>>; (B) <<https://www.istockphoto.com/br/foto/fazendeiro-arar-um-campo-de-cavalo-gm1038854954-278077903>>; (C) <<https://www.istockphoto.com/br/foto/o-trator-em-campo-arado-gm531943178-94035599>>. Acesso em: 3 out. 2018; (D) elaborada pelo autor.



### Refleta

Em áreas de produção agrícola que sofrem com plantas daninhas que se reproduzem por propagação vegetativa, é viável o controle por meio de equipamentos que revolvam o solo e/ou que cortem sua parte aérea? E quanto às espécies que se disseminam por meio de estruturas que se aderem na maioria das superfícies, qual é o melhor tipo de controle para elas?

A cobertura do solo por biomassa (Figura 2.2D) ou plásticos também consta como método de controle físico, em que, por meio de uma barreira física formada por esses materiais, há uma inibição da germinação de espécies fotoblásticas positivas, e as plantas que conseguem germinar, muitas vezes, não transpassam essa barreira e morrem.

A inundação de áreas planas é um método de controle muito utilizado para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.), no qual as plantas morrem pela inundação prolongada de áreas e falta de suprimento de oxigênio para as raízes.

A queima de plantas daninhas utilizando-se de fogo, por meio de equipamento lança-chamas, em que há supressão pela queima da parte aérea das plantas, é uma técnica de uso limitado pelo alto custo, porém vem ganhando força novamente em áreas de sistema de cultivo orgânico.

A solarização é uma técnica que utiliza da cobertura do solo por filmes plásticos que aumentam a temperatura do solo e erradicam as plantas daninhas, por suprimirem as plantas emergidas, assim como pela degradação de suas sementes e de seus propágulos vegetativos.

Novas técnicas, como eletricidade e vapor d'água, constam como métodos de controle físico. A utilização da eletricidade é uma técnica nova, na qual equipamentos que liberam corrente elétrica sobre a parte aérea das plantas daninhas causam sua morte, assim como a utilização de equipamentos que liberam vapor d'água em altíssimas temperaturas. Ambos os métodos têm potencial de uso em áreas de sistema de cultivo orgânico.

Referente aos métodos de controle químico, a aplicação de substâncias de origem natural ou sintética tem ação herbicida por interferir nos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas daninhas, suprimindo-as ou matando-as.

Talvez, o primeiro relato de se utilizar uma substância para impedir o desenvolvimento de plantas, venha do ano de 146 a. C., quando um general romano distribuiu sal nos campos da cidade de Cartago, para impedir a agricultura nesse local. Já no século XX, as plantas daninhas foram controladas seletivamente com uso de sais inorgânicos, mas essa prática era limitada a poucas culturas que toleravam essa substância, a partir disso os herbicidas seletivos modernos foram criados durante a Segunda Guerra Mundial, com a descoberta de propriedades herbicidas em reguladores sintéticos de crescimento de plantas – atualmente, a descoberta, produção e venda de herbicidas compõem uma indústria multibilionária (MONACO; WELLER; ASHTON, 2002).

A grande aceitação do uso de herbicidas veio, principalmente, pela facilidade de uso e do baixo custo, ambos em relação ao controle que era exercido até então por meio de arranque, capina e utilização de cultivadores. Pode-se destacar algumas vantagens que aumentaram a aceitação e o uso

desses produtos (MONACO; WELLER; ASHTON, 2002; SILVA et al., 2007; ZIMDHAL, 2007):

1. Maior rendimento energético, por menor dependência de mão de obra.
2. Facilidade de uso, podendo ser aplicados de modo manual e mecanizado (Figura 2.3).
3. Alta eficiência de controle, considerando mesmo o uso em alta-escala.
4. Possibilidade de controle de plantas daninhas em sistemas de cultivo sem revolvimento do solo.
5. Controle de plantas daninhas convivendo na linha de plantio de outras culturas (Figura 2.4).
6. Alta eficiência, mesmo em épocas chuvosas.
7. Controle de espécies de propagação vegetativa.
8. Diminuição da necessidade de técnicas, como arranque, capina e revolvimento do solo, para controle das plantas daninhas.

Figura 2.3 | Aplicação manual (A) e mecanizada (B) de herbicida



Fonte: (A) <<https://www.istockphoto.com/br/foto/spraying-herbicide-gm185331341-19257784>>; (B) <<https://www.istockphoto.com/br/foto/espalhando-herbicide-gm494238373-40971444>>. Acesso em: 3 out. 2018.

Vale ressaltar que a utilização de resíduos vegetais, como as palhadas, também consta como um método de controle químico, pois, por meio da liberação de substâncias alelopáticas, pode haver a supressão de outras plantas daninhas, além da prevenção da germinação por meio da inibição por essas substâncias. Essa integração de métodos que a palhada pode promover será melhor discutida na próxima aula.



### Exemplificando

Quando há altas infestações de plantas daninhas na linha de plantio da cultura, dificilmente métodos físicos conseguem controlá-las nessas áreas, devido ao convívio com a cultura, pois métodos que revolvem o solo, por exemplo, não podem ser utilizados. Assim, poucos métodos são viáveis nesse caso, principalmente quando se tratam de culturas anuais, as quais, por serem muito sensíveis, somente a capina ou a monda poderiam ser realizadas. Já em culturas perenes, por terem caules mais resistentes, a roçadora costal motorizada pode ser utilizada quando viável, além de que algumas roçadoras especializadas, que são acopladas na frente dos tratores, realizam esse controle. Assim, a utilização de herbicidas é o tipo de controle mais viável para tal situação (Figura 2.4).

Figura 2.4 | Alta infestação de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) na faixa da linha de plantio de pomar jovem de citros



Fonte: elaborada pelo autor.

Além dos métodos físicos e químicos, há o método de controle biológico, que consiste no uso de inimigos naturais capazes de suprimir uma determinada população de plantas daninhas, diminuindo sua interferência e dominância em um agroecossistema. Os inimigos naturais podem ser outras plantas, fungos, bactérias, vírus, insetos e animais.

Esse tipo de controle não é muito difundido para plantas daninhas, pela necessidade de alta especificidade do inimigo natural para com elas, pois, uma vez que a planta hospedeira (planta alvo) é suprimida ou erradicada, o inimigo natural não pode atacar outras plantas, de modo a se manter um equilíbrio no sistema. Entretanto, para as plantas daninhas serem controladas por esse método, devem ter seu hábitat conhecido, pois muitas estão distribuídas no mundo todo e têm origem desconhecida, assim, se um hábitat para uma planta daninha é desconhecido, não se pode rastrear um inimigo natural (ZIMDHAL, 2007).

Porém, há casos de sucesso no mundo, especialmente no controle de plantas daninhas invasoras. Monaco, Weller e Ashton (2002) citam o caso mais conhecido de controle biológico de uma planta, que seria o controle de cactos (*Opuntia* spp.) na Austrália, com utilização de larvas do inseto *Cactoblastis cactorum*, nativo da Argentina. Antes do controle biológico, eles chegaram a ocupar milhões de hectares. Silva et al. (2007) mencionam o caso de controle do angiquinho (*Aeschynomene virginica* (L.) Britton, Sterns & Poggenb.) nas culturas de milho e soja nos Estados Unidos, por um herbicida biológico à base do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*.

Vale ressaltar que a inibição por substâncias alelopáticas, em que se utilizam outras espécies de plantas para o controle, também é considerada como controle biológico, assim como coberturas vegetais, como as “palhadas”, pois elas criam um microclima favorável também para pequenos roedores, os quais predam as sementes e plântulas, além de aumentarem a população de microrganismos na camada superficial do solo, assim, estes podem se utilizar de sementes, propágulos vegetativos e plântulas como fonte de energia, provocando a deterioração e perda de viabilidade das sementes no solo.

Por último, o controle cultural se refere à implantação de métodos que se utilizam das próprias culturas para manejar as plantas daninhas, com alterações no arranjo espacial e temporal delas. São exemplos: a rotação de culturas, o uso de culturas de cobertura e em consórcio, variação no espaçamento das culturas, escolha de cultivares/variedades e variação temporal de plantio/semeadura/transplântio.

A rotação de culturas tem como conceito prevenir o estabelecimento de plantas daninhas em uma área por meio da diminuição da pressão de seleção pela diversificação temporal de espécies cultivadas, ou seja, quando se utiliza da rotação de culturas, diferentes tratos culturais são utilizados para cada cultura, desde o preparo do solo até a colheita, prevenindo a dominância de uma planta daninha que necessita sempre das mesmas condições para se estabelecer e ser dominante na área. Quando se utiliza desse tipo de controle especificamente para plantas daninhas, as culturas em rotação devem ser as mais contrastantes possíveis.

O uso de culturas intercalares, sejam de cobertura e/ou em consórcio, tem como definição que haja a diversificação de espécies de maneira espacial, de modo que elas possam competir com as plantas daninhas para prevenir o seu estabelecimento, assim como na rotação de culturas. No caso de cultivos de plantas perenes, em que não há possibilidade de rotação de culturas, esse método é o mais aconselhado, pois pode ser implantada outra cultura na entrelinha, que pode ser somente para cobertura do solo (cultura de cobertura) e/ou para fins econômicos (consórcio). Porém, vale ressaltar que essa cultura intercalar deve ser muito bem escolhida, porque qualquer escolha imprópria pode fazer com que ela se comporte como uma planta daninha, que poderá competir com a cultura principal.

A interação da rotação de culturas com a diversificação de espécies é preconizada pela FAO (2018), que utiliza o conceito de Agricultura de Conversação (AC), Ela vem ganhando muita popularidade no mundo, e é conhecida como agricultura conservacionista ou sistemas de cultivo conservacionistas. A AC garante uma agricultura mais sustentável e, dentre os benefícios citados, também é uma forma de controle mais sustentável de plantas daninhas.



### Assimile

**Agricultura de Conservação (AC)** é um conceito de sistema de plantio e de cultivo, preconizado pela FAO (2018), para uma agricultura mais sustentável. Baseia-se em três princípios: a) promoção da manutenção de uma cobertura do solo de forma permanente (mínimo de 30% de cobertura); b) deve haver a perturbação mínima do solo; e c) todo sistema de produção deve utilizar a diversificação de espécies de plantas, seja em sequência temporal (rotação de culturas), seja em diversificação espacial (culturas de cobertura, culturas em consórcio). Esse sistema comprovadamente aumenta a biodiversidade e os processos biológicos naturais acima e abaixo

da superfície do solo, contribuindo para diversas melhorias, como o aumento da eficiência do uso de água e nutrientes, menor uso de combustíveis fósseis, entre outros, assim há maior sustentação da produção agrícola.

A variação no espaçamento da cultura principal pode contribuir para a redução da interferência das plantas daninhas, proporcionando uma vantagem competitiva para a cultura. A redução do espaçamento, por exemplo, pode diminuir a luz incidente nas plantas daninhas e no solo, podendo prevenir a germinação de sementes fotoblásticas positivas, porém pode favorecer as fotoblásticas negativas. Esse tipo de controle deve sempre levar em consideração um mínimo que a própria cultura tolera, de modo que não haja competição entre sua própria população.

A variação temporal de plantio/semeadura/transplante pode prevenir que as culturas fiquem suscetíveis à interferência das plantas daninhas em momentos mais críticos, ou seja, pode-se planejar o plantio de uma determinada cultura em períodos que elas estejam em uma infestação mínima, “escapando” de um momento crítico de interferência. Por fim, a escolha de diferentes tipos de cultivares/variedades tem como conceito também “fugir” da interferência de plantas daninhas pela seleção daqueles que tenham desenvolvimento mais rápido que o normal, e que, assim, possam sombrear mais rapidamente as plantas invasoras e evitar sua interferência. Cultivares/variedades que tenham um ciclo menor também podem escapar da interferência das plantas daninhas por ficarem menos tempo no campo convivendo com elas. Porém, vale ressaltar que, para esses dois tipos de controle cultural, devem ser consideradas todas as recomendações para cada cultura e região.

Agora que você estudou sobre os principais tipos de controle de plantas daninhas e seus conceitos, vamos exercitar seu conhecimento.

### Sem medo de errar

Agora que você estudou este material sobre os principais métodos de controle de plantas daninhas, vamos voltar ao seu trabalho como coordenador de manejo delas. Seu empregador questionou sobre duas áreas de produção de cana-de-açúcar, e seu gestor apontou que a corda-de-viola dominava a área onde se mantém a palha da cana-de-açúcar, causando muitos problemas na produção e na colheita, enquanto que, na outra área, onde se retira a palha, uma gramínea invasora dominou a área.

Caro aluno, a resolução desse caso é que, na primeira área, houve seleção de espécies tolerantes ao manejo realizado, e uma maneira simples de resolver seria inverter o manejo realizado nela, porém, logicamente, somente se isso for viável dentro da realidade e logística da unidade produtora. Assim, se for o caso, a área em que se retira a biomassa poderia mantê-la, e vice-versa. Isso atenuaria os efeitos de seleção que foram realizados durante o tempo, pois as espécies de corda-de-viola se estabeleceram nesse ambiente criado pela manutenção da palha e, com a retirada, outras espécies podem até competir com essa planta daninha e diminuir sua dominância nessa área, classificando esse **tipo de controle** em **cultural**. Para essa espécie, somente as plantas de corda-de-viola emergidas seriam afetadas nesse primeiro momento, pois a ausência da palha pode não interferir em seu banco de sementes.

Enquanto que, para a gramínea invasora, o contrário pode acontecer. A manutenção de palha pode suprimir essa planta daninha, que é altamente agressiva, pois, mesmo ela sendo medianamente sensível à luminosidade, a manutenção de níveis de 10 toneladas por hectare de palha de cana-de-açúcar, por exemplo, é uma **grande barreira física** a ser transpassada. Além disso, como suas sementes são fotoblásticas positivas, necessitam de luminosidade para germinar, e mesmo que germinem, podem morrer antes de transpassarem a palhada, pois, de maneira geral, as sementes das gramíneas possuem poucas reservas. Assim, para essa planta daninha, **os controles físico e cultural** poderiam ser realizados. Vale ressaltar, ainda, que, para essa espécie, o controle físico, no que se refere ao corte e revolvimento de suas partes, pode disseminá-la ainda mais, por suas características de propagação vegetativa. Dessa forma, neste caso, a manutenção da palha, além de afetar as plantas emergidas dessa braquiária, pode diminuir seu banco de sementes.

Portanto, caro aluno, antes de mudanças em sistemas de manejo, alterando os tipos de controle, a(s) planta(s) daninha(s) dominante(s) deve(m) ser identificada(s), e as estratégias de controle, muito bem planejadas, de modo que, ao longo do tempo, as tomadas de decisão relacionadas à planta-alvo ocasionem a diminuição de sua interferência.

## Área com problemas de controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.)

### Descrição da situação-problema

Caro aluno, vamos exercitar o seu raciocínio para que você assimile um pouco mais o conteúdo desse material. Assim, imagine uma situação na qual você é o agrônomo encarregado dos tratos culturais de uma fazenda produtora de café.

Assim sendo, parte de seus funcionários realizam toda a parte operacional mecanizada, desde preparo do solo, roçagens, e aplicação de defensivos agrícolas (fungicida, inseticida e herbicida), e cada funcionário possui maquinários separados, pois cada um é responsável por suas áreas e equipamentos de trabalho. Salienta-se que todas as áreas eram muito homogêneas quanto à infestação de plantas daninhas, anteriormente à divisão de áreas por funcionários.

Assim sendo, você verifica que, ultimamente, as áreas entre os funcionários estão diferindo na produção, porém todos os funcionários seguem o mesmo planejamento e utilizam os mesmos produtos, desde as recomendações de preparo do solo até as mesmas recomendações dos defensivos agrícolas. Então, em visitas ao campo, você verifica que todas as áreas do funcionário A possuem altíssimas infestações de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), enquanto as áreas dos funcionários B e C não possuem a mesma infestação.

**Portanto, por que as áreas de um funcionário diferem das áreas dos outros? Qual tipo de controle você acha que não está sendo efetuado pelo funcionário A? Qual tipo de controle deve ser realizado para evitar que isso continue acontecendo?**

### Resolução da situação-problema

Neste caso, para podermos fazer qualquer inferência, temos que analisar algumas características das plantas daninhas encontradas e que estão dominando a área, além de analisarmos o tipo de manejo que é realizado nesse tipo de cultura.

Assim, verifica-se que tanto o picão-preto quanto o capim-carrapicho compartilham uma característica em comum: ambas possuem sementes que

têm estruturas especializadas em se dispersarem se anexando em algo. Outro ponto sobre a cultura do café, por essa ser uma planta perene e conviver com as plantas daninhas por muito tempo, todos os tratos culturais são realizados na mesma população de plantas ao longo do tempo, o que permite um alto trânsito de maquinários.

Portanto, o tipo de controle que o funcionário A provavelmente não está realizando seria o controle preventivo, por não higienizar seus maquinários depois do uso. Se os mesmos tratos culturais são realizados nas outras áreas e as plantas daninhas não estão tão disseminadas, isso implica que o manejo está sendo feito corretamente. Assim, o funcionário A está carregando as sementes em seus maquinários, sendo o principal agente disseminador das plantas daninhas.

Em um caso como esse, é fácil imaginar que o controle não está sendo feito pelo uso errado de herbicidas, seja em escassez ou em excesso, ou algum trato cultural que não tenha sido feito. Vale ressaltar que isso é muito comum em culturas perenes, nas quais a mesma população de plantas convive durante muitos anos e há um alto trânsito de maquinários agrícolas. Portanto, a ação humana é o principal fator de controle preventivo, e a higienização dos maquinários agrícolas e do próprio uniforme de trabalho é uma etapa muito importante para evitar a disseminação de certas espécies de plantas daninhas, como o picão-preto e o capim-carrapicho.

## Faça valer a pena

---

**1.** Os principais métodos de controle de plantas daninhas se dividem nos quatro efeitos possíveis de serem causados às plantas daninhas: físico (que pode englobar o mecânico), biológico, químico e cultural, sendo que se pode utilizar vários métodos ao mesmo tempo.

Os exemplos dos tipos de controle físico, químico, biológico e cultural são, respectivamente:

- a) Solarização; inimigos naturais; herbicidas; rotação de cultura.
- b) Solarização; herbicidas; inimigos naturais; fogo.
- c) Roçagem; herbicidas; inimigos naturais; rotação de cultura.
- d) Roçagem; inimigos naturais; herbicidas; fogo.
- e) Inimigos naturais; herbicidas; solarização; rotação de cultura.

**2.** Analise o seguinte parágrafo:

“O efeito de supressão proporcionado por resíduos vegetais promove efeitos físicos, químicos e biológicos nas plantas daninhas como um todo, principalmente nas suas

sementes e \_\_\_\_\_, sendo estes dependentes da espécie da cultura de cobertura e da quantidade de seus resíduos depositados sobre o solo. Os efeitos físicos do *mulch* podem ser atribuídos pela formação de uma \_\_\_\_\_, que pode inibir a germinação de algumas espécies; os efeitos químicos se devem à liberação de \_\_\_\_\_, que podem inibir a germinação e emergência das plantas daninhas; e os efeitos biológicos se devem ao aumento da população de \_\_\_\_\_ na camada superficial do solo, que podem utilizar de sementes, propágulos vegetativos e plântulas como fonte de energia, provocando a deterioração e perda de viabilidade de sementes no solo.”

Assinale a alternativa que preenche as lacunas corretamente.

- a) propágulos vegetativos; substâncias alelopáticas; microrganismos; barreira física.
- b) raízes; substâncias alelopáticas; microrganismos; substâncias alelopáticas.
- c) propágulos vegetativos; barreira física; microrganismos; substâncias alelopáticas.
- d) raízes; barreira física; microrganismos; substâncias alelopáticas.
- e) propágulos vegetativos; barreira física; substâncias alelopáticas; microorganismos.

**3.** A grande aceitação do uso de herbicidas ocorreu, principalmente, pela facilidade de uso e do baixo custo em relação ao controle que era exercido até a comercialização dos herbicidas, por meio de arranque, capina e utilização de cultivadores. Sobre as vantagens do uso herbicidas, analise as seguintes afirmações:

I. Menor rendimento energético, por menor dependência de mão de obra.

II. Possibilidade de controle de plantas daninhas em sistemas de cultivo **sem** revolvimento do solo.

III. Controle de plantas daninhas convivendo na linha de plantio de outras culturas, afetando somente aquelas, sem exceções.

IV. Controle de espécies de propagação vegetativa.

V. Cessa a necessidade de técnicas, como arranque manual, capina e revolvimento do solo.

Sobre as vantagens da utilização de herbicidas, conclui-se que estão corretas somente as afirmações:

- a) I, II e V.
- b) I, II e IV.
- c) II e IV.
- d) I, II, III e IV.
- e) I, II, III, IV e V.

## Avaliação do controle, de perdas de produção e manejo integrado de plantas daninhas (MIPD)

### Diálogo aberto

Caro aluno, nesta aula, você aprenderá como podemos avaliar as comunidades de plantas daninhas de diversas formas, além de como calcular perdas de produção ocasionada por elas. Além disso, estudará o conceito de manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) e conhecerá alguns exemplos de sucesso que demonstram que pode é possível um manejo mais sustentável de plantas daninhas.

Para aplicar esses conteúdos, vamos voltar ao trabalho em que você é agrônomo em uma unidade de produção de cana-de-açúcar e responsável pelo manejo de plantas daninhas. Em uma determinada reunião, seu gestor, novamente, levanta a questão de problemas com plantas daninhas, porém em outra área sob sua responsabilidade, a qual retira toda a palhada da cana-de-açúcar. Esse local é caracterizado por estar em processo de finalização de longos ciclos sucessivos de plantio de cana-de-açúcar, o que acabou por selecionar plantas daninhas na área.

Entretanto, por motivos financeiros e de logística, como ausência de herbicidas no estoque, essa área não poderá receber aplicação desses produtos tão cedo, e os gestores pressionam para que você possa dar uma solução viável, pois foi observada uma grande infestação de plantas daninhas duas semanas após o término da colheita da atual safra. Diante disso, os gestores querem a área pronta e limpa para receber outra cultura o mais rápido possível. Além disso, solicitam uma opinião sobre qual planta cultivar na sequência.

Em uma reunião de equipe, vocês debateram os seguintes pontos: **qual é a primeira providência a ser tomada nesse caso? Qual tipo de avaliação seria a mais recomendada para um calendário curto como esse? Como ela deve ser feita pensando que a cana-de-açúcar já foi colhida?**

Três dias após a reunião, uma avaliação foi realizada, com o seguinte resultado:

- Tiririca (*Cyperus rotundus* L.): FreR = 44,3; DenR = 39,0; e, DomR = 46,6.
- Picão-preto (*Bidens pilosa* L.): FreR = 21,4; DenR = 31,3; e, DomR = 20,4.
- Buva (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.): FreR = 17,1; DenR = 23,7; e, DomR = 13,1.

- d) Outras plantas daninhas (de menor importância):  $FrR = 17,1$ ;  $DenR = 6,0$ ; e,  $DomR = 19,9$ .

**O que esses resultados explicam? Além do levantamento, que tipo de cultura você indicaria na sucessão da cana? Qual característica ela deve ter? Há algo mais que possa ser realizado na área em questão?**

Para resolver essas questões, você precisará ter conhecimento sobre levantamentos florísticos e de manejo integrado de plantas daninhas, o que será visto nesta aula. Assim, para saber aplicar as principais estratégias de controle de plantas daninhas e como integrá-las para um manejo mais sustentável e com menores perdas de produção agrícola, devemos reconhecer as principais espécies que compõem a comunidade infestante.

Tenha um ótimo estudo!

### Não pode faltar

Vimos anteriormente quais são os principais tipos de controle de plantas daninhas, porém como sabemos se os níveis de controle estão adequados? Como podemos avaliar isso? Há vários métodos de avaliação, que vão desde a contabilização individual de espécies, que gera índices demonstrando quais espécies são as dominantes, até métodos de avaliação mais práticos, como notas de controle e cobertura. Além desses, há uma crescente relevância no processamento de imagens para avaliação de comunidades de plantas.

Para avaliar a comunidade infestante de plantas daninhas, o levantamento florístico pode ser realizado, utilizando-se de estimativas de parâmetros fitossociológicos. Esse é um método mais acadêmico no estudo da ecologia de populações, que é utilizado não somente para plantas daninhas, mas para qualquer tipo de comunidade de plantas. Nele, as amostragens podem ser realizadas por meio do uso de um gabarito de dimensões conhecidas, que pode ser um quadrado de madeira, por exemplo, geralmente de  $0,5 \times 0,5\text{m}$  ( $0,25 \text{ m}^2$ ) (MARTINELLI et al., 2017). O direcionamento da amostragem é realizado de maneira aleatória na área de estudo.

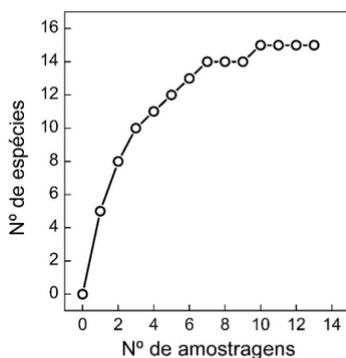
Para esse tipo de estudo, na área desejada, primeiramente, deve-se definir um número de amostras a serem aplicadas, nas quais se verifica a relação entre o número de espécies *versus* o número de amostragens. O número amostral é determinado quando essa relação chega a uma curva assíntota, ou seja, a partir de um certo número de amostras não se identifiquem novas espécies (Figura 2.5). Por meio da elaboração dessa curva, também conhecida como “curva do coletor”, é possível verificar qual é a suficiência amostral da comunidade em estudo.



## Exemplificando

Na Figura 2.5, verifica-se um exemplo em que o número necessário de amostragens é de, no mínimo, dez (10), sendo que, acima disso, se observa que não há novas espécies sendo encontradas, ou seja, utilizou-se no estudo dez amostragens por unidade experimental, empregando-se de gabarito de 0,25 m<sup>2</sup>, totalizando 2,5 m<sup>2</sup> de área amostral por unidade experimental (MARTINELLI, 2017).

Figura 2.5 | Curva para determinação da mínima amostragem



Fonte: elaborada pelo autor.

Definido o número de amostragens, as plantas daninhas contidas no quadro devem ser identificadas individualmente e quantificadas, obtendo-se, assim, o número de indivíduos por espécie, para posterior estimativa dos parâmetros fitossociológicos, utilizando-se das equações de Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), como seguem:

$$\text{Frequência absoluta (Fre)} = \frac{\text{nº de amostras que contém a espécie}}{\text{nº total de amostra utilizadas}} .$$

$$\text{Frequência relativa (FreR)} = \frac{\text{frequência da espécie} \times 100}{\text{frequência total de todas as espécies}} .$$

$$\text{Densidade absoluta (Den)} = \frac{\text{nº total de indivíduos por espécie}}{\text{área total amostrada}} .$$

$$\text{Densidade relativa (DenR)} = \frac{\text{densidade da espécie} \times 100}{\text{densidade total de todas as espécies}} .$$

$$\text{Dominância absoluta (Dom)} = \frac{\text{área ou biomassa por espécie}}{\text{área total ou biomassa total amostrada}} .$$

$$\text{Dominância relativa (DomR)} = \frac{\text{dominância da espécie} \times 100}{\text{dominância total de todas as espécies}} .$$

Índice de valor de importância (IVI) =  $freR + DenR + DomR$ .

A frequência (Fre) permite avaliar a distribuição das espécies nas parcelas; a densidade (Den) possibilita avaliar a quantidade de plantas de cada espécie por unidade de área; a dominância (Dom) informa a biomassa acumulada ou área de cobertura das espécies na área; e o índice de valor de importância (IVI) indica, em termos ecológicos, quais espécies são mais importantes dentro da área estudada, pelo fato de ser uma combinação das estimativas de frequência, densidade e dominância relativas.

Ainda, há a possibilidade de avaliar o controle por escala de notas, quando o controle é avaliado mediante uma área onde ele não é feito, podendo ser uma testemunha no caso de áreas experimentais. Uma das escalas utilizadas seria a da *Asociación Latinoamericana de Malezas* (ALAM, 1974), conforme Tabela 2.1, que demonstra os níveis de controle por percentuais. Geralmente, essa escala é utilizada para avaliações visuais de experimentos envolvendo a utilização de herbicidas, ou para laudos de eficiência de controle (KUVA; SALGADO; REVOREDO, 2016).

Tabela 2.1 | Escala de controle percentual de plantas daninhas da Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM)

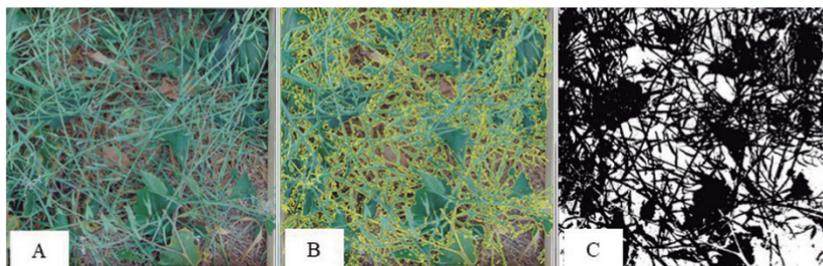
Índice	Porcentagem de Controle	Nível de Controle
1	91-100	Excelente
2	81-90	Muito bom
3	71-80	Bom
4	61-70	Suficiente
5	41-60	Regular
6	0-40	Nenhum ou Pobre

Fonte: adaptado de Kuva, Salgado e Revoredo (2016, p. 86).

Outra possibilidade é utilizar notas de cobertura, também por avaliações visuais, em que, de maneira geral, se utiliza de um gabarito, como mencionado anteriormente, e por meio da amostragem são dadas notas de cobertura, nas quais a ausência de cobertura do gabarito com plantas daninhas seria 0% de cobertura, e a total cobertura, 100%. Para esse tipo de avaliação, recomenda-se, de modo geral, que as notas tenham uma unidade mínima de 5%. Ainda, podem ser utilizadas escalas que determinam uma faixa de cobertura das plantas daninhas (NKOA; OWEN; SWANTON, 2015), como: 0%, 1 a 5%, 5 a 10%, 10 a 25%, 25 a 50%, 50 a 75% e 75 a 100%. Apesar de essas escalas de controle terem um caráter subjetivo variarem para cada avaliador, são muito utilizadas, pois fornecem informações importantes com relativa facilidade.

Ainda, há a metodologia de análise de cobertura de plantas daninhas pela utilização do processamento de imagens, em que, por meio de fotografias das amostragens, se consegue isolar as plantas daninhas e ser determinada uma cobertura destas de maneira relativa também, ou seja, por porcentagem (Figura 2.5).

Figura 2.5 | Análise de imagens pelo software ImageJ<sup>®</sup>. Fotografia da planta daninha nabieça (*Raphanus raphanistrum* (L.)) na área do gabarito de 0,25 m<sup>2</sup> (A); seleção da área foliar (B); e remoção dos ruídos da fotografia e conversão da imagem para preto e branco (binário) para posterior cálculo da área foliar (C)



Fonte: elaborada pelo autor.

Ainda, o controle pode ser definido em termos relativos, de maneira prática, pela diferença da cobertura, ou seja:

$$\text{Controle (\%)} = 100 - \text{Cobertura (\%)}$$

Além das avaliações de controle de plantas daninhas, pode-se avaliar as perdas de produção ocasionadas por elas. Nesses casos, para se isolar o efeito da competição de plantas daninhas em experimentos, deve-se utilizar unidades experimentais que promovam a convivência e interferência delas com a cultura, além de unidades experimentais sem interferência, geralmente realizadas pela manutenção de áreas livres de plantas daninhas por meio de capina. Assim sendo, várias equações são utilizadas para estimar a interferência dessas plantas, como a utilização da regressão não-linear do modelo sigmoidal de Boltzman e a análise do nível de tolerância de Portugal (2010).

$$\text{Modelo sigmoidal de Boltzman: } Y = \frac{(P1 - P2)}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + P2$$

Os termos são assim representados: Y representa a produtividade da cultura ( $kg\ ha^{-1}$ , por exemplo); P1, a produção potencial da cultura, sem a interferência de plantas daninhas (unidades experimentais mantidas livres de plantas daninhas); P2, a produção mínima da cultura, com interferência de plantas daninhas (unidades experimentais mantidas com a convivência com plantas daninhas); X é o limite superior do período de convivência;  $X_0$ ,

valor que corresponde a 50% de produção; e  $dx$  é a taxa de perda de produção em função do tempo de convivência.

Para o modelo do nível de tolerância de Portugal (2010), que leva em consideração questões de custo de controle, consideramos:

$$Y = \frac{C}{P \cdot Y_{pp} \cdot E} \cdot 100$$

Os termos são assim representados:  $Y$  representa a porcentagem de perda tolerável de produção;  $C$ , o custo de controle das plantas daninhas (valor do herbicida mais custos de aplicação e depreciação do maquinário);  $P$ , o preço por quilo do produto agrícola pago ao produtor;  $Y_{pp}$ , a produção potencial paga ao produtor; e  $E$ , o fator de segurança do herbicida, ou seja, da eficácia de seu uso, que varia de 0 a 1, em que 0 representa nenhum controle, e 1, total controle. Se o herbicida tem eficácia comprovada de 80% de controle para uma planta daninha, seu valor de  $E$  seria 0,8.



### Assimile

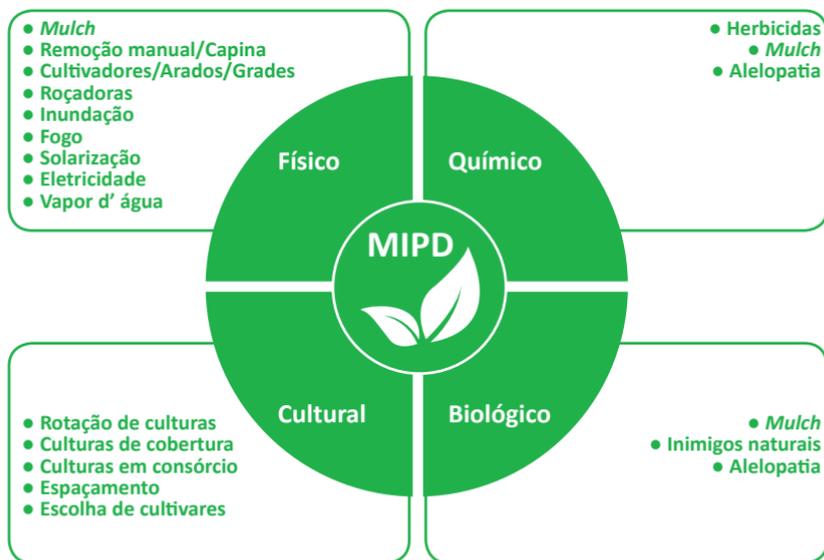
A fim de decidir se o controle de plantas daninhas é viável ou não, um requisito básico é o conhecimento do grau em que uma dada infestação de plantas daninhas pode reduzir a produtividade de uma cultura se não for controlada. Portanto, modelos matemáticos de competição entre culturas e plantas daninhas são uma parte essencial de qualquer análise econômica de curto ou longo prazo (COUSENS, 1985).

Assim, com a capacidade de avaliarmos o controle de plantas daninhas e as perdas de produção causadas por elas, devemos nos perguntar: o controle dessas plantas é essencial para a produção agrícola? Como elas estão e, provavelmente, sempre estarão presentes no solo, qual é o melhor meio de controlá-las? Ou ainda: além de controlá-las, qual seria o melhor método de manejo? Há um melhor método?

Como vimos até aqui, essas são questões muito relativas, porém a resposta para isso pode ser o Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD). Mas, primeiramente, o que seria o manejo em si? Ele foi conceituado na aula anterior: é um conceito amplo e complexo, de tomadas de decisão, que abrange as estratégias (prevenção, supressão e erradicação) e os tipos de controle (físico, biológico, químico e cultural), sempre em interação com os sistemas de plantio e de cultivo, com a cultura e o ambiente<sup>2</sup>. Assim, o MIPD é um conjunto de estratégias de controle que atua em uma interação sinérgica, de modo a se controlar as plantas daninhas por diferentes “mecanismos de ação”, diminuindo, assim, a pressão de seleção.

O MIPD é uma prática interdisciplinar, e a maioria das descrições de manejos integrados menciona três elementos: (i) múltiplas estratégias de controle usadas de maneira compatível; (ii) manter populações de plantas daninhas abaixo de níveis que causam danos econômicos; e (iii) conservação da qualidade ambiental (THILL et al., 1991). Dessa forma, o planejamento de um programa de manejo de plantas daninhas deve ser feito com base no conhecimento prévio delas, incluindo uma abordagem bem fundamentada com a integração das estratégias de controle com todas as outras práticas que afetam o agroecossistema, para que o MIPD seja bem-sucedido, pois, para uma cultura de uma única safra, ele é relativamente simples de ser realizado, porém o desafio é mantê-lo viável a longo prazo (MONACO, WELLER; ASHTON, 2002).

Esquema simplificado dos componentes que formam o Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), com alguns exemplos dos tipos de controle.



Fonte: O Autor (2018).

Estratégias, como utilização de capina ou herbicidas, podem ser consideradas de curta duração, sendo responsáveis pelo controle apenas temporário, havendo necessidade de novas aplicações a cada estação de cultivo, enquanto o emprego de práticas culturais e controle por outros agentes biológicos têm caráter permanente, levando em conta mudanças mais pronunciadas nas diferentes práticas agrônômicas (SILVA et al., 2007).

Silva et al. (2007) relatam casos de sucesso do MIPD no controle a longo prazo de tiririca (*Cyperus rotundus* L.), em que, em um primeiro momento, a utilização de implementos mecânicos pode quebrar a dominância apical dessa planta daninha, favorecendo a maior emergência de novas plantas geradas dos tubérculos, e na sequência é feita a aplicação de herbicidas específicos, diminuindo a população dessa espécie.



### Reflita

Caro aluno, mais adiante, veremos um grande problema mundial no controle de plantas daninhas, que seria o aumento de casos de resistência aos herbicidas. Você acredita que o MIPD pode ajudar nesse caso? Como você imagina que um manejo com muitas estratégias de controle e utilizando diferentes tipos de controle pode ajudar a diminuir populações resistentes a herbicidas?

Martinelli et al. (2017) demonstram em estudo um exemplo recente que promove o MIPD: o do uso da estratégia de manejo denominada de “roçagem ecológica” em citros, utilizando-se de uma roçadora do tipo ecológica, e a implantação de espécies de braquiárias (*Urochloa* spp.) como culturas de cobertura, especificamente a braquiária-ruziziensis (*U. ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Morrone & Zuloaga)). Nessa estratégia de manejo, foi identificada que a braquiária-ruziziensis é uma boa opção de cultura de cobertura para pomares de citros, produzindo altos níveis de biomassa sem interferir no desenvolvimento deles. Somente essa cultura de cobertura já compete com as plantas daninhas e, assim, já faz um controle cultural destas. Porém, com a utilização da roçadora ecológica, esta projeta toda biomassa cortada da braquiária para a linha de plantio dos citros, formando uma camada de palha (também denominada de *mulch*), que têm efeitos físicos, químicos e biológicos de controle de plantas daninhas. Dessa maneira, essa estratégia de manejo promove um pacote tecnológico que promove um melhor e mais sustentável controle de plantas daninhas pela integração de métodos.

Nesta aula, vimos como podemos avaliar as comunidades de plantas daninhas de diversas formas e as perdas de produção que elas causam. Além disso, vimos o conceito de manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) e alguns exemplos de sucesso que demonstram que podemos ter um manejo mais sustentável. Agora, vamos aplicar um pouco dos conceitos aprendidos.

Após o estudo deste conteúdo, vamos voltar ao seu trabalho como coordenador de manejo de plantas daninhas. Seu empregador questionou sobre problemas com plantas daninhas, porém em outra área que sempre retira a palhada da cana-de-açúcar. Esse local é caracterizado por estar em processo de finalização de longos ciclos sucessivos de plantio de cana-de-açúcar e, no final da mais recente colheita, está com grandes infestações de plantas daninhas. Vale ressaltar que a área não pode receber aplicação de herbicidas devido a problemas logísticos, e precisa de uma indicação de alguma cultura para ser implantada nela, e para isso os gestores querem que a infestação de plantas daninhas seja controlada.

Em um caso como esse, a primeira providência a ser tomada é a realização de um levantamento florístico de plantas daninhas, utilizando-se de estimativas de parâmetros fitossociológicos para determinar as espécies mais importantes da área. Essa é uma das maneiras mais rápidas e corretas de se fazer um levantamento, ainda mais com decisões a serem tomadas em curtíssimo prazo. Como vimos, a amostragem deve ser realizada de maneira aleatória na área da cana-de-açúcar, lembrando-se sempre de fixar o número de amostragens quando novas espécies não são mais encontradas.

Assim, com os resultados em mãos, visto que temos todos os dados necessários para calcular o Índice de Valor de Importância (IVI), como os valores relativos de frequência, densidade e dominância relativas, conseguimos criar um ranking, no qual é demonstrada a espécie mais importante:

- a) Tiririca (*Cyperus rotundus* L.): FreR = 44,3; DenR = 39,0; DomR = 46,6; **IVI = 129,9**.
- b) Picão-preto (*Bidens pilosa* L.): FreR = 21,4; DenR = 31,3; DomR = 20,4; **IVI = 73,1**.
- c) Buva (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.): FreR = 17,1; DenR = 23,7; DomR = 13,1; **IVI = 53,9**.
- d) Outras plantas daninhas (de menor importância): FreR = 17,1; DenR = 6,0; DomR = 19,9; **IVI = 43,0**.

Por meio do levantamento florístico que proporcionou o cálculo do índice de valor de importância (IVI), este foi distribuído da seguinte maneira: a área tem altíssimas infestações de tiririca, sendo a planta daninha dominante (IVI = 129,9), seguida pelo picão-preto (IVI = 73,1) e pela buva (IVI = 53,9). Para os dados de frequência, verifica-se que a tiririca possui a maior frequência, ou seja, ela está muito bem distribuída na área, enquanto que, para os dados de densidade e dominância, verifica-se que grande parte da infestação é

composta pelas altas populações de tiririca, as quais produziram altos valores de biomassa, com dominância relativa na ordem de cerca de 2,3 vezes mais que o picão-preto e 3,6 vezes mais que a buva. Assim sendo, as tomadas de decisão devem ser tomadas em função dessas espécies.

Por fim, para a sucessão da cana-de-açúcar nesta área, você tem duas opções, mesmo que seus gestores tenham pedido apenas uma indicação de cultura, você pode ter mais argumentos. Inicialmente, para quebrar o ciclo da cana-de-açúcar, algumas sucessões de plantas são recomendadas, de modo a se fazer a rotação de culturas. Essa prática tem alta eficiência em áreas problemáticas, pois, como dito antes, essa área ficou com longos ciclos com cana-de-açúcar, o que selecionou as plantas daninhas.

Para essa área, poderia ser sugerida uma cultura que suprima as plantas daninhas, como a crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth) e a mucuna (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland), que, além de sua característica de fixar nitrogênio no solo por serem leguminosas (Fabaceae), também tem a característica de altas produções de biomassa. Porém, vale ressaltar que o manejo dessas plantas deve ser muito bem realizado, com o corte de sua biomassa sendo feito anteriormente à produção de sementes, de modo que estas não possam se tornar as plantas daninhas da área. Além desse exemplo, há outras opções de culturas com interesse comercial a serem consideradas, como o amendoim e a soja.

Outra sugestão que pode ser dada é que, quando a cultura da cana-de-açúcar voltar para essa área, pode-se alternar o manejo que é realizado, em que a manutenção da palhada pode ser uma grande aliada de controle de plantas daninhas, devido aos altos níveis que são produzidos por essa cultura.

Por fim, pode ser apresentado ao seu empregador um relatório com todos as respostas para os questionamentos levantados, assim como os resultados obtidos das avaliações realizadas e suas recomendações de manejo.

Portanto, caro aluno, antes de qualquer tomada de decisão no manejo de plantas daninhas, a comunidade dominante de uma área deve ser sempre identificada, por meio de levantamentos florísticos, mas atentando-se para que sempre seja viável diante da atual realidade do local que você estiver trabalhando. Assim, as estratégias de controle devem ser muito bem planejadas, de modo que o controle correto seja sempre realizado sempre para a(s) planta(s) daninha(s) dominante(s).

## Sistemas de produção convencional e orgânico em citros

### Descrição da situação-problema

Vamos exercitar o seu raciocínio para que você assimile ainda mais o conteúdo desta seção. Imagine que você seja o agrônomo encarregado de todos os tratos culturais de uma fazenda produtora de citros. Nessa propriedade, tenta-se fazer o manejo integrado de plantas daninhas utilizando-se da roçagem ecológica como opção de manejo, em que a biomassa da cultura de cobertura implantada na entrelinha do pomar está sendo depositada ao redor das plantas da cultura para benefício da cultura. As áreas estão divididas quanto à cultura de cobertura implantada: em metade delas, a cultura de cobertura implantada é a braquiária-decumbens (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster), e na outra metade, a braquiária-ruziziensis (*U. ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Morrone & Zuloaga).

Além disso, contrastam mais dois fatores: em uma parte dos pomares, o **sistema de produção é orgânico**, ou seja, nenhum defensivo agrícola foi utilizado durante todo seu cultivo, sendo que o controle de plantas daninhas é somente mecânico; e na outra parte, o **sistema de produção é convencional**. Assim sendo, tem-se as duas braquiárias implantadas, tanto nas áreas de produção convencional quanto nas áreas orgânicas.

Seu gestor mostra os resultados das últimas avaliações da densidade de plantas daninhas na faixa da linha de plantio dos citros (avaliada ao redor das plantas de citros, e não na entrelinha) e da produtividade da última safra (Tabela 2.2.).

Tabela 2.2 | Densidade de plantas daninhas e produção das plantas de citros em função da cultura de cobertura e dos sistemas de produção

Cultura de cobertura	Densidade (daninhas m <sup>-2</sup> )		Produção (t ha <sup>-1</sup> )	
	Orgânico	Convencional	Orgânico	Convencional
Braquiária-ruziziensis	80,5	66,5	28,4	48,1
Braquiária-decumbens	41,2	43,5	18,1	35,8

Fonte: elaborada pelo autor.

Diante disso, como você pode explicar esses resultados para seu empregador? Qual é o principal fator que está diminuindo a produtividade? É o sistema produtivo orgânico, ou a densidade de plantas daninhas?

## Resolução da situação-problema

A resposta, caro aluno, é que, muito provavelmente, neste caso, o maior fator de influência é a utilização da braquiária-decumbens como cultura de cobertura, pois o convívio dela com o pomar, independentemente do sistema de produção, afeta tanto a densidade de plantas daninhas como a produtividade. Isso demonstra que a braquiária-decumbens pode ser muito agressiva para conviver com as plantas de citros, deixando de ser somente uma cultura de cobertura, competindo, inclusive, com as plantas daninhas que estão na faixa da linha de plantio. Além disso, é comum um sistema de produção orgânico demonstrar menores produções, pois dispõe de uma menor quantidade de estratégias de manejo.

### Faça valer a pena

**1.** A área mínima de amostragem é um passo importante para um correto levantamento florístico de plantas daninhas. A metodologia envolve um levantamento prévio na área, onde se deve encontrar um certo número de amostragens (ou de área amostral), nas quais não são encontradas novas espécies de plantas daninhas, assim, garante-se uma amostragem representativa da área.

Assinale a alternativa que demonstra o número de espécies encontradas em dez amostragens.

- a) 2, 1, 2, 3, 3, 4, 5, 6, 8, 8, 8, 8, 9.
- b) 3, 4, 4, 4, 4, 4, 5, 6, 8, 8, 7, 8, 6.
- c) 4, 4, 2, 3, 3, 4, 5, 6, 8, 8, 8, 9, 10.
- d) 3, 3, 4, 3, 3, 4, 5, 6, 8, 8, 8, 9, 10.
- e) 0, 1, 2, 3, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8, 8, 8, 8.

**2.** O Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) é um conjunto de estratégias de controle que atuam em uma interação sinérgica, de modo a se controlar as plantas daninhas por diferentes tipos de controle que atuam juntos. Sobre o MIPD e suas estratégias de controle, analise as seguintes afirmações:

- I. O MIPD utiliza múltiplas estratégias de controle, as quais são usadas de maneira compatível e, se possível, sinérgica.
- II. O MIPD visa manter populações de plantas daninhas acima de níveis que causam danos econômicos.
- III. Um manejo com rotação de culturas, utilização de herbicidas e de culturas de cobertura em períodos de entressafra é um exemplo de MIPD.
- IV. A rotação de mecanismos de ação de herbicidas constitui um exemplo de MIPD.

V. O cultivo sequencial de uma cultura anual, seguida da manutenção da área em pousio nas entressafras, propicia a diminuição da população de plantas daninhas e constitui um exemplo de MIPD.

Sobre o MIPD e suas estratégias de controle, conclui-se que estão corretas as afirmações:

- a) I, II e V.
- b) I, II e IV.
- c) I e III.
- d) I, II, III e IV.
- e) I, II, III, IV e V.

**3.** Foi realizado um levantamento fitossociológico em uma área de floresta plantada de eucalipto, onde foram encontradas dez espécies diferentes de plantas daninhas, com o seguinte resultado para os parâmetros fitossociológicos (frequência relativa (FreR), densidade relativa (DenR) e dominância relativa (DomR)):

Planta daninha	FreR	DenR	DomR
A	13,9	15,2	39,1
B	4,2	4,6	18,9
C	5,4	5,9	21,4
D	11,5	8,4	34,8
E	0,9	2,0	7,9
F	8,8	9,6	28,3
G	18,4	13,4	46,9
H	33,5	36,6	80,2
I	0,6	1,3	6,9
J	2,7	3,0	15,7

Assinale a alternativa que demonstra corretamente a ordem decrescente de importância (índice de valor de importância) das plantas daninhas dessa área.

- a) H, G, A, D, F, C, B, J, I e E.
- b) I, E, J, B, C, F, D, A, G e H.
- c) H, G, A, D, F, C, B, J, E e I.
- d) H, A, G, D, F, C, B, J, E e I.
- e) I, E, J, B, C, F, D, G, A e H.

## Referências

- ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS. ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.
- CONCENÇO, G. et al. Phytosociological surveys: tools for weed science? **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 469-482, 2013.
- COUSENS, R. A simple model relating yield loss to weed density. **Annals of applied biology**, v. 107, n. 2, p. 239-252, 1985.
- HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. 2018. Disponível em: <[www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)>. Acesso em: 3 nov. 2018.
- KUVA, M. A. et al. Banco de sementes de plantas daninhas e sua correlação com a flora estabelecida no agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 735-744, 2008.
- KUVA M. A.; SALGADO, T. P.; REVOREDO, T. T. O. Experimentos de eficiência e praticabilidade agrônômica com herbicidas. In: MONQUERO, P. A. **Experimentação com herbicidas**. São Carlos: RiMa Editora, 2016. p. 75-97.
- MARTINELLI, R. **Mulch de Braquiária (*Urochloa spp.*): opção de manejo integrado de plantas daninhas em citros**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônômico, Programa de Pós-graduação em Agricultura. Campinas, 90p. 2017.
- MARTINELLI, R. et al. Ecological Mowing: an option for sustainable weed management in young citrus orchards. **Weed Technology**, v. 31, n. 2, p. 260-268, 2017.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley, 1974.
- MONACO, T. J.; WELLER, S. C.; ASHTON, F. M. **Weed science: principles and practices**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Dinâmica do banco de sementes em áreas com aplicação frequente do herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 63-69, 2003.
- NKOA, R.; OWEN, M. D. K.; SWANTON, C. J. Weed abundance, distribution, diversity, and community analyses. **Weed Science**, v. 63, n. SP1, p. 64-90, 2015.
- NORSWORTHY, J. K.; KORRES, N. E.; BAGAVATHIANNAN, M. V. Weed Seedbank Management: revisiting how herbicides are evaluated. **Weed Science**, v. 66, p. 415-417, 2018.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. FAO. **Conservation Agriculture**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>>. Acesso em: 14 out. 2018.
- \_\_\_\_\_. FAO. **The lurking menace of weeds**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/29402/icode/>>. Acesso em: 4 out. 2018.
- PORTUGAL, J. Nível crítico de dano (NCD) de infestantes na cultura do tomate de indústria. In: VIDAL, R. A.; PORTUGAL, J.; SHORA NETO, F. **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 57-72.
- SILVA, A. A. et al. Biologia de plantas daninhas. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- THILL, D. C. et al. Integrated weed management—a component of integrated pest management: a critical review. **Weed Technology**, v. 5, n. 3, p. 648-656, 1991.
- ZIMDHAL, R. L. **Fundamentals of weed science**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2007.



## Unidade 3

---

### Controle químico de plantas daninhas: herbicidas

#### Convite ao estudo

Caro aluno, agora que você já adquiriu conhecimento sobre a ciência das plantas daninhas, você deve estar curioso para entender como funciona o posicionamento e a escolha dos herbicidas para manejar estas plantas, que são tão diferentes entre si e das culturas comerciais.

Nesta unidade você irá descobrir e aprender mais sobre as moléculas de herbicidas e como elas agem nas plantas, além de conhecer as características físico-químicas dos produtos, que vão determinar seu comportamento no ambiente/solo/planta, e como estes fatores são importantes na hora de decidir as estratégias de manejo. Você também deve entender que todos estes conceitos são muito importantes para o nosso último tema desta unidade: as plantas daninhas resistentes, de onde elas surgem e como evitar este problema crescente no país.

Desta forma, o objetivo do estudo desta unidade do livro didático é que você conheça a classificação dos herbicidas e suas interações com o ambiente, além de compreender a diferença entre resistência e tolerância, bem como quais são os fatores que governam a resistência, os seus impactos na agricultura e como evitá-la.

Vamos então imaginar que você vai trabalhar em uma lavoura de um produtor de soja RR do Paraná, que está com problemas no controle de uma planta daninha, comumente chamada de buva, mas não se tem a identificação da espécie. Por muito tempo o produtor utilizou glyphosate em área total, mas depois de um tempo este herbicida começou a não fazer mais efeito, e ele começou a aumentar a frequência de aplicação e a dose do produto. Como também não obteve sucesso com essa estratégia, o produtor seguiu uma sugestão de um vizinho: usar somente outro herbicida na área, como o chlorimuron-ethyl, aplicado em qualquer momento na lavoura.

Você como profissional de Agronomia (agrônomo), já deve ter percebido que diversos problemas surgiram na área, tanto no manejo das plantas daninhas, quanto no desenvolvimento e na produtividade da cultura. Além disso, pela falta de cuidados na aplicação recomendada pelo fabricante, o produtor e seu vizinho podem ter causado danos no ambiente de sua região

de produção. O seu papel agora é ensinar a estes produtores a forma correta de aplicação de um herbicida, considerando sua dose e seu posicionamento em relação à cultura e, principalmente, que na escolha de um herbicida deve ser considerada a seletividade do produto para esta cultura, e não somente sua eficiência no controle da planta daninha. Para isto, você deve conhecer como é o mecanismo de ação destes produtos para entender quais os próximos passos no manejo. Além disso, você deve instruí-lo quanto à rotação dos mecanismos de ação dos herbicidas e de outros métodos de controle.

Outro ponto importante é sobre o impacto no ambiente. Para que você tenha domínio sobre o assunto, entender sobre as características físico-químicas das moléculas interagindo com as condições do ambiente, sejam elas solo, presença de matéria orgânica, temperatura, umidade, etc, é fundamental. Assim, você deve instruir o produtor a manejar corretamente a área, visando amenizar os riscos de contaminação pelo excesso de produto, evitando a seleção de biótipos resistências desta e de outras plantas daninhas, além de reduzir os custos e aumentar a produtividade da sua área.

Portanto, nesta unidade estudaremos os conceitos de todas estas etapas, permitindo que você seja capaz de identificar as causas e consequências de decisões equivocadas tomadas para o manejo das áreas agrícolas.

E então, vamos estudar?

## Classificações e interações dos herbicidas com o ambiente

### Diálogo aberto

Caro aluno, neste material você estudará sobre as interações dos herbicidas com as plantas, com o solo e com o ambiente, além de aprender sobre a classificação dos herbicidas quanto à seletividade, à época de aplicação, à translocação, e sobre o impacto ambiental causado por eles. Conhecer estes aspectos são fundamentais para entender o que se passa no ambiente como um todo após a aplicação deste tipo de produto.

Para que o manejo da lavoura seja realizado corretamente, é preciso ter em mente que todos os elementos que compõem o agroecossistema interagem entre si, sendo importante saber qual o efeito e/ou qual a consequência provocada pela tomada de decisão, e se isto pode ser prejudicial, tanto para a produção quanto para o ambiente.

Pensando novamente na questão do produtor paranaense e sua lavoura de soja infestada por buva, além dos problemas com a planta daninha, vimos no início da unidade que o produtor se queixou da queda da produtividade, isso, mesmo depois de utilizar o herbicida chlorimuron-ethyl. Você, no papel de agrônomo, já começa a ter uma ideia do que possa estar acontecendo na área, mas ainda precisa de mais algumas informações para fechar o diagnóstico.

Então, após uma visita ao campo, você observou que as plantas de soja apresentavam sintomas de fitotoxicidade do chlorimuron-ethyl, como clorose nas folhas. Ao questionar o produtor sobre isso, ele te explicou que aplicou o produto em dose acima da recomendada, para tentar obter melhor efeito sobre a planta invasora (buva), além de ter realizado as aplicações quando a soja já estava em período vegetativo mais avançado. Andando mais adiante pela propriedade deste produtor, você, que já está com o olhar mais crítico, observa que várias outras plantas das proximidades da lavoura apresentam sintomas de fitotoxicidade semelhante às plantas de soja.

Assim, considerando esta situação, você poderia apontar os problemas enfrentados por este produtor? Quais medidas podem ser tomadas para resolver estes problemas? Por que a soja apresentou fitotoxicidade, sendo este herbicida registrado para esta cultura? E por que as plantas da proximidade também apresentaram estes sintomas? Por qual mecanismo estão

ocorrendo perdas na hora da aplicação, e como trabalhar com as características do produto para minimizar estas perdas? E por que o controle da buva tardiamente não está sendo eficiente, sendo a aplicação em pós-emergência?

As respostas para estas perguntas serão abordadas nesta primeira seção, mas no decorrer desta unidade exploraremos outros problemas desta lavoura. Por hora, você deve entender a interação de todos os elementos desta situação, retomando o que você já aprendeu nas Unidades 1 e 2, até poder recomendar estratégias mais adequadas para esse sistema de produção. Preparado?

Bons estudos!

## Não pode faltar

Caro aluno, vamos dar início ao conteúdo deste material, começando a conhecer a classificação dos herbicidas de acordo com a seletividade às plantas cultivadas, época e translocação. Lembre-se que você deve ter em mente os conhecimentos adquiridos anteriormente nos materiais disponíveis para melhor assimilar os conteúdos desta aula.

Para que o manejo das plantas daninhas nas áreas agrícolas seja eficiente, vários fatores devem ser levados em consideração, como aqueles ligados à cultura. Neste sentido, os métodos utilizados para controlar as plantas daninhas não devem afetar negativamente a planta cultivada, principalmente quando o método químico também é utilizado. Assim, deve-se escolher um herbicida que tenha efeito nocivo na planta daninha e, não, na cultura; sendo este efeito chamado seletividade.

De modo prático, o *herbicida é seletivo* quando ele mata a planta daninha sem causar morte ou afetar o crescimento e desenvolvimento da cultura de interesse, dentro de limites de dose específica, métodos de aplicação e condições ambientais, enquanto o *herbicida não seletivo* é aquele que afeta qualquer tipo de planta (monocotiledôneas e dicotiledôneas), ou não é seletivo para determinada cultura. Entretanto, em diversas situações a seletividade é relativa, não absoluta, pois vários fatores estão envolvidos nesta interação entre herbicida-cultura.

De acordo com Azania e Azania (2014), um mesmo herbicida pode afetar de modo diferente uma mesma cultura, se esta for cultivada em locais diferentes e se fatores, como a dose aplicada, o modo de aplicação e o clima também forem diferentes e, assim, um herbicida pode perder a seletividade quando usado com condições desfavoráveis ou inadequadamente.



## Assimile

Alguns conceitos que relacionam plantas e herbicidas acabam sendo confundidos e até usados como sinônimos. Mas, é preciso muita atenção e compreensão do que cada um deles representa, pois, a má interpretação dos conceitos pode trazer consequências na adoção das estratégias de manejo. Vamos a eles:

**Seletividade:** os termos seletivo e não-seletivo são usados para o herbicida, em que a molécula pode ou não causar danos à cultura, determinando ou não seu uso na área.

**Fitotoxicidade:** é o nome dado às injúrias visuais observadas em plantas em que foi realizada a aplicação de defensivos agrícolas.

**Tolerância:** uma espécie é considerada tolerante quando o somatório das ações de absorção, translocação e metabolização do herbicida não provoca injúrias até determinada dose letal (recomendada) em um grande número de plantas desta mesma espécie.

**Resistência:** é quando ocorre dificuldade da molécula em interagir no sítio de ação específico no metabolismo da planta que antes era suscetível (sensível) na dose recomendada para a espécie. O sítio de ação ou outro ponto no metabolismo da planta passa por uma alteração que não permite a morte da planta ou que ela sofra algum prejuízo em seu desenvolvimento. O processo de resistência pode acontecer naturalmente por pressão de seleção e diversidade genética, como ocorre normalmente com plantas daninhas, ou por meio de tecnologias pelo desenvolvimento de culturas transgênicas resistentes.

Os fatores que interferem na seletividade de um herbicida podem ser físicos, como o contato que o herbicida vai ter com a planta, ou biológicos, que estão relacionados com a absorção, a translocação e o metabolismo da planta. Outro ponto muito importante é a dose, pois a seletividade pode ser quebrada se ultrapassado o limite da aplicação, ou aplicado em momento de maior sensibilidade da cultura. Vale ressaltar também que, mesmo que o herbicida cause injúrias num primeiro momento, se não houver danos no produto final da cultura, o herbicida pode ser considerado seletivo.

Como já percebemos, diversos elementos interagindo no sistema possibilitam a seletividade do herbicida. Assim, conforme é possível verificar a seguir, a sua eficiência depende de fatores ligados:

- Ao próprio herbicida (estrutura molecular, características físico-químicas, dose aplicada, formulação).
- Às propriedades físico-químicas e biológicas do solo (textura, constituintes do solo, capacidade de troca catiônica, conteúdo de matéria

orgânica, disponibilidade de água, temperatura do solo, presença de palha na superfície do solo, comunidade microbiológica);

- Às condições do ambiente (temperatura, umidade relativa, velocidade dos ventos, condição da radiação solar).
- Aos fatores relacionados à própria planta (estádio fenológico, características anatômicas, fisiológicas e morfológicas, capacidade de absorção, translocação e metabolização da molécula).



### Assimile

Lembre-se que a seletividade dos herbicidas é a base do sucesso do controle químico das plantas daninhas na produção agrícola. Portanto, na hora da escolha e da aplicação, certifique-se que as condições estejam ideais e que o produto é seletivo para a cultura, mantendo assim a eficiência desta ferramenta.

Além disso, decisões em relação às tecnologias, aplicação e condições climáticas antes e depois da aplicação também são importantes. Portanto, caro aluno, você deve perceber como este conjunto de ações vão garantir a minimização de impactos no ambiente e garantirão a obtenção do potencial produtivo de uma lavoura.

Para que o herbicida seja capaz de agir sobre as plantas-alvo é preciso que ele atinja seu local de ação específico, chamado sítio de ação, que pode ser uma enzima, coenzima ou estrutura celular. A molécula deve penetrar nas estruturas da planta, como radícula e caulículo, folhas, caule, raízes, tubérculos, etc. e ser translocada até o sítio de ação. Este processo só é possível dependendo:

- Das características físico-químicas dos herbicidas.
- Da quantidade de produto disponível para a absorção.
- Do uso de adjuvantes.
- Dos componentes da superfície das estruturas e do posicionamento da planta.
- E dos fatores ambientais no momento da aplicação e no tempo seguinte.



### Exemplificando

Vamos analisar uma situação: suponhamos que você queira controlar uma planta daninha que já está em pleno estado vegeta-

tivo. Assim, sua opção é uma aplicação de pós-emergência, e para isso você precisa escolher um produto que atenda a este quesito, pois alguns herbicidas serão eficientes somente quando aplicados em pré-emergência (antes da germinação e emergência) ou quando a planta é muito jovem e suas estruturas ainda são mais sensíveis à absorção das moléculas.

Vale então ressaltar que os herbicidas também podem ser classificados como:

- Pré-emergentes: aplicados antes da emergência das plantas.
- Pós-emergentes: aplicados após a emergência das plantas.
- Pré-plantio incorporado (PPI): aplicado antes do plantio, juntamente com uma prática de revolvimento do solo para incorporar o herbicida e evitar perdas, como por volatilização.

Na parte aérea, as estruturas foliares, florais, de caules e meristemas apresentam componentes como cutículas e ceras que apresentarão maior ou menor facilidade de absorção, dependendo da solubilidade da molécula. Então, como você deve imaginar, os processos de absorção e translocação na parte aérea e através das raízes são diferentes. Dessa maneira, os herbicidas também podem ser classificados como de contato (causam necrose onde foi depositado) ou sistêmico (translocam pela planta até atingir o alvo de ação), através do xilema e floema. Contudo, quando o herbicida é aplicado no solo, como em pré-emergência, por exemplo, a absorção depende da interceptação de estruturas mais jovens (radícula e caulículo), da disponibilidade do produto na solução do solo e do fluxo de massa.



### Refleta

Como o metabolismo vegetal pode ser utilizado em favor do manejo ambiental, quando este está contaminado com herbicidas?

O metabolismo dos herbicidas nas plantas refere-se tanto à ação prejudicial do produto quanto à capacidade da planta em se desintoxicar através de reações enzimáticas, e este fator se relaciona com a seletividade dos herbicidas (HALL *et al.*, 2001 *apud* MONQUERO e HIRATA, 2014) e a resistência de biótipos de plantas daninhas (MONQUERO e HIRATA, 2014). Também é devido a esta capacidade de metabolizar de forma diferenciada as moléculas herbicidas que algumas espécies são utilizadas para descontaminação de áreas contaminadas com poluentes químicos (defensivos

agrícolas e metais pesados), que apresentam longo período residual e trazem consequências ambientais negativas (SILVA *et al.*, 2014). Alguns trabalhos mostram que a espécie *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland e *Crotalaria ensiformis* (L.) DC são fitorremediadoras eficientes em solos contaminados por trifloxysulfuron-sodium e tebuthiron (PROCÓPIO *et al.*, 2005), e que a *Cajanus cajan* (L.) Millsp. é eficiente em solos contaminados com diclosulan (MONQUERO *et al.*, 2013).

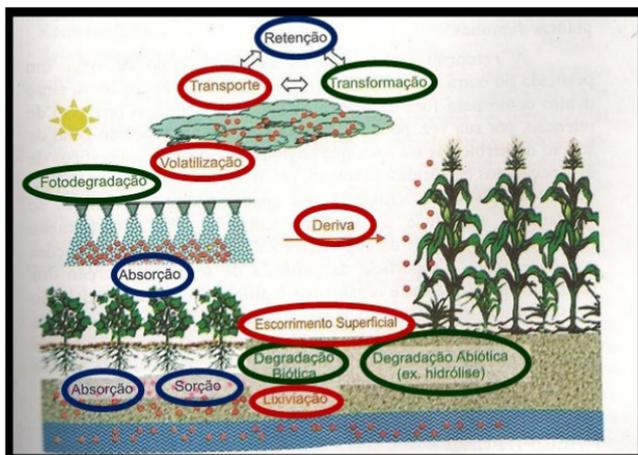
Atualmente, a importância dos estudos sobre a interação entre herbicidas, o solo e o ambiente é cada vez maior. De acordo com Silva *et al.* (2014), por se tratar de uma substância exógena, o herbicida precisa ser capaz de permanecer no meio com qualidade e período suficientes para exercer seus efeitos no manejo das plantas daninhas, porém, causando o menor impacto possível no solo e no ambiente.

O solo é o destino final dos defensivos agrícolas, tanto para aqueles aplicados diretamente no mesmo ou na parte aérea das plantas (OLIVEIRA e BRIGHENTI, 2011). Sempre é bom lembrar que o solo pode ser dividido em três fases e que os herbicidas irão participar do sistema de cada uma delas. As fases são compostas por: fase líquida (água, sais minerais, aminoácidos, peptídeos, etc.); fase sólida (material mineral e orgânico); e fase gasosa (ar) (OLIVEIRA e BRIGHENTI, 2011).

Assim, o comportamento dos herbicidas se refere ao conjunto das propriedades da molécula em resposta às condições do solo e do ambiente, uma vez que, depois que ele é disseminado pelo ambiente, ficará sujeito a diferentes processos, como observado na Figura 3.1, que podem ocorrer em interação ou de forma isolada. São eles:

- A retenção – sorção, que inclui a absorção pelas plantas e a adsorção aos componentes do solo.
- Transporte – volatilização, deriva, escoamento superficial (*run-off*) e lixiviação.
- Transformação – fotodegradação e degradação biótica e abiótica.

Figura 3.1 | Esquema dos processos que ocorrem à molécula de herbicidas após a aplicação



Fonte: adaptada de Silva e Silva (2007, p. 189).

Vale ressaltar que todos estes processos podem ser positivos ou negativos, dependendo do ponto de vista adotado. Por exemplo, se você precisa fazer o controle do banco de sementes de uma área, você poderá optar em utilizar um herbicida em pré-emergência das plantas daninhas, e para que ele seja eficiente, ele deverá lixiviar para alguns centímetros mais abaixo da superfície do solo (5-10 cm) para que ocorra o contato com as sementes logo que elas germinarem. Para isso, o herbicida usado deve apresentar solubilidade para lixiviar e permanecer na solução do solo, tendo assim seu efeito benéfico e sendo usado da forma correta. Porém, se a solubilidade for muito alta e/ou a lixiviação for intensa, as moléculas serão carregadas para camadas mais profundas do solo, perdendo a aplicação e o controle das plantas daninhas. Além disso, essas moléculas estarão mais sujeitas a contaminar o lençol freático, trazendo prejuízos negativos para o ambiente.



### Assimile

Você deve estar se perguntando quais são, afinal, as características físico-químicas dos herbicidas. Vamos conhecê-las?

- Solubilidade em água (S): representa a quantidade máxima que uma molécula se dissolve em água pura a uma determinada temperatura. Quanto mais polar maior a afinidade pela água.
- Pressão de vapor (P): representa o quão volátil é a molécula no seu estado normal puro, seja sólido ou líquido, e está relacionada com a temperatura, velocidade do vento e condições do solo e ambiente.
- Coefficiente de partição octanol-água (kow): referente à medida da intensidade da afinidade da molécula pela fase polar e apolar, medindo

a lipofilicidade da molécula.

- Constante da Lei de Henry (H): é o grau de volatilidade de uma substância química em uma solução, e depende do peso molecular da molécula, da solubilidade e da pressão de vapor.

- Biomagnificação: é o aumento da concentração de um composto químico nos organismos ao longo da cadeia alimentar.

- Meia-vida: é o tempo necessário para que ocorra a dissipação de metade da quantidade inicial de uma substância química.

- Constante de dissociação ácido/base (pka/pkb): relacionada com a ionização das moléculas em soluções com diferentes valores de pH, classificando os herbicidas em ácidos e básicos.

Assim, você deve sempre se lembrar que todos os elementos dos solos, dos herbicidas e das condições climáticas podem gerar impactos negativos para o ambiente, e formas de amenizar estes problemas são importantes e bem-vindas. Como já abordamos no tópico anterior, a fitorremediação pode ser uma maneira de descontaminação de áreas poluídas com metais pesados ou outros produtos químicos, como os herbicidas. Várias técnicas podem ser empregadas, e a escolha das plantas remediadoras é de extrema importância.



### Pesquise mais

Fitorremediação

EMBRAPA. Prosa Rural – Fitorremediação: o uso de plantas para descontaminação ambiental.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição? **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente.**

Portanto, caro aluno, esteja sempre atento às condições do meio para fazer a adoção das estratégias de manejo, escolhendo corretamente o herbicida a ser aplicado, a dose utilizada e ajustando os equipamentos de aplicação para evitar problemas de seletividade, perdas do produto e contaminação ambiental. Prepare-se para aprofundar seus conhecimentos sobre estes assuntos e bons estudos!

### Sem medo de errar

Caro aluno, vamos voltar ao problema do produtor de soja RR e ver se você consegue ajudá-lo após estudar este material. Recordando a questão, a área de soja está infestada com buva, e o produtor se queixou que os

herbicidas glyphosate e chlorimuron-ethyl não fazem mais efeito no controle da planta daninha. Além disso, você observou sintomas de fitotoxicidade nas plantas de soja e em outras espécies em áreas próximas.

Podemos identificar diversos problemas na área, a começar pelo aparecimento de biótipos resistentes de buva, mas, por enquanto, vamos considerar somente aqueles relacionados com o conteúdo desta seção. Com seu aprendizado, você deve ser capaz de encontrar os problemas desta situação e ajudar este produtor que foi mal instruído.

Sendo assim, vamos focar na avaliação da situação pelo ponto de vista da cultura. O produtor deixou de usar a soja convencional e adotou a tecnologia RR, resistente ao glyphosate. Desta maneira, ele passou a utilizar este herbicida em todas as aplicações, até chegar ao ponto de precisar trocar de herbicida, pois não havia mais o controle da planta daninha. Quando ele passa a utilizar exclusivamente o chlorimuron-ethyl, ao longo do tempo o produto também deixa de controlar a buva e surge um novo problema: queda na produtividade, e você verificou a presença de fitotoxicidade na cultura.

Em uma consulta à bula do produto, você descobriu que a dose utilizada pelo produtor estava acima da recomendada para a cultura, e que ele realizou mais de uma aplicação em pós-emergência ao longo do ciclo da cultura. Portanto, nesta situação podemos concluir que este herbicida (chlorimuron-ethyl) não é seletivo para a cultura da soja quando aplicado acima da dose recomendada, pois está baseada na dose letal para a espécie, e pode-se classificar esta situação como de seletividade biológica. Além disso, devido ao momento da aplicação, podemos identificar a seletividade de posicionamento, uma vez que existe um determinado período vegetativo da planta em que ela não será sensível ao produto.

Ainda se tratando de seletividade, podemos dizer que a planta daninha buva passou a apresentar seletividade adquirida aos dois herbicidas, fenômeno que estudaremos futuramente.

Analisando agora as plantas das proximidades da lavoura, você pode verificar que houve problemas de deriva no momento da aplicação do herbicida, o que resultou nos sintomas de fitotoxicidade. Desta forma, além da perda do produto, ocorreu a contaminação do ambiente, pois não foram adotadas as precauções nas condições da aplicação, somadas às próprias características do produto, o que resultou na deriva.

Assim, você deve orientar e ensinar o produtor sobre o fato de que os herbicidas são produtos que devem ser utilizados de acordo com a recomendação do fabricante, seguindo a dose correta, o momento de aplicação para a cultura e a planta daninha, além de ter atenção quanto às condições ambientais e do

equipamento durante a aplicação, para que não ocorram perdas ou contaminação.

Portanto, caro aluno, estas já são algumas respostas para que você possa treinar seu aprendizado conceitual. Mesmo numa problemática simples, verificamos que é no conjunto de ações que se encontram problemas e soluções. Por isso é muito importante que você entenda bem estes conceitos e a dinâmica dos fatores, pois você encontrará diversas situações como esta ao longo do seu futuro como agrônomo.

## Avançando na prática

# Problemas de contaminação por herbicidas

### Descrição da situação-problema

Caro aluno, suponha que você é contratado para trabalhar numa região do interior do estado de São Paulo, em que as propriedades que você vai atender ficam numa região com leve declive, e em determinada época do ano a precipitação é alta.

Os principais cultivos são de cana-de-açúcar e milho. Para ambas as culturas a gama de herbicidas utilizados é grande, e a intensidade de uso também. Alguns dos produtos mais utilizados são à base de hexazinone, ametrina, atrazina e glyphosate, porém muitos outros também são registrados para estas culturas e utilizados na região. Infelizmente, depois de vários anos com manejo químico nas propriedades foi inevitável a contaminação de águas superficiais das proximidades, e a maior quantidade de moléculas encontradas foram as citadas anteriormente. Como profissional de Agronomia, para resolver esta situação você precisa entender como ela ocorreu. Assim, mesmo que não tenhamos estudado a fundo as características físico-químicas das moléculas,  **você pode identificar alguma delas, que são muito importantes para as condições de contaminação? E quais os processos ocorridos com os herbicidas?**

### Resolução da situação-problema

Vamos analisar a situação de maneira simples e nos basear neste material. Em primeiro lugar, analisando as condições do local (declive e alta precipitação), você pode perceber que a solubilidade destes produtos é um fator muito importante, pois uma molécula de alta solubilidade estará mais disponível na solução do solo, e uma de baixa solubilidade estará mais retida (adsorvida) aos componentes do solo. Outra característica muito importante

na ocorrência de contaminação é a persistência da molécula no ambiente, medida por meio de sua meia-vida. Isto significa que o produto pode permanecer no solo por um longo período e somente quando houver condições mais favoráveis ele volta a ficar disponível na solução do solo. Apesar de esta capacidade ser interessante no manejo das plantas daninhas, pode haver contaminação do ambiente futuramente.

Desta maneira, os herbicidas estão sujeitos principalmente a dois tipos de processos: processo de retenção, devido à condição de maior ou menor sorção; e o processo de transporte. Aqui podemos identificar dois tipos de transporte. O primeiro é o escoamento superficial, pois as moléculas são arrastadas juntamente com sedimentos da superfície ou subsuperfície de áreas pulverizadas para outras que não receberam diretamente o produto. Este processo é mais pronunciado quando logo após a pulverização ocorre chuva ou irrigação intensa. O segundo processo de transporte é a lixiviação, sendo que moléculas mais solúveis estão sujeitas a penetrar em maior profundidade no solo. A lixiviação também é dependente das características do solo e da movimentação em perfil, sendo mais intensa quando há maior presença de água. Herbicidas aplicados em períodos mais secos, por exemplo, permanecem no solo até o início das chuvas e tornam-se mais prontamente disponíveis, ficando mais sujeitos a serem perdidos pela lixiviação.

Mesmo que você ainda não tenha domínio sobre todos os fatores apresentados nesta seção, você deve ter entendido que a dinâmica dos elementos é contínua e complexa, mas tenha sempre em mente que, tomando os cuidados necessários para não causar contaminações, o uso do método químico é vantajoso e eficiente. Como agrônomo, cabe a você estar atento e dar a melhor orientação ao empregador!

### Faça valer a pena

---

**1.** A soja RR apresenta mecanismos de resistência ao glyphosate e é mais uma ferramenta para lidar com a infestação de plantas daninhas nas áreas cultivadas. Apesar disso, existem relatos de que o glyphosate cause efeitos negativos nesta cultura no início de seu desenvolvimento.

Qual fator pode resultar em fitotoxicidade na soja RR?

- a) Alta precipitação logo após a aplicação do herbicida.
- b) Quando o glyphosate é aplicado isoladamente causa fitotoxicidade.
- c) A aplicação foi feita em solo com baixo teor de fósforo (P).
- d) O glyphosate é um herbicida de contato.
- e) Dosagem acima da recomendada pelo fabricante.

**2.** A seletividade pode ser definida como a capacidade de eliminar espécies vegetais determinadas sem causar reduções na qualidade e quantidade da produtividade da cultura. Por se tratar de um conceito relativo, a determinação da seletividade é resultado da interação herbicida-planta daninha-cultura-condições edafoclimáticas.

Quais fatores são importantes para que o herbicida seja seletivo para uma cultura?

- a) O único fator é somente utilizar a dose recomendada.
- b) A temperatura e umidade relativa do ar durante a aplicação, apenas.
- c) Faixa específica de dose recomendada e época de aplicação.
- d) Temperatura do solo e estágio fenológico da cultura, apenas.
- e) Seletividade se refere somente à planta daninha.

**3.** Dentre os processos de transporte sofridos pelo herbicida, a volatilização pode acontecer em dois momentos: durante a aplicação e após sua deposição sobre a superfície da planta ou do solo. Isto acontece porque ele passa para a forma de vapor devido à temperatura e umidade da superfície, e se perde na atmosfera por evaporação.

Quanto a evitar o processo de volatilização, assinale a alternativa correta.

- a) Não incorporar o herbicida ao solo e aumentar a dose aplicada.
- b) Incorporação do herbicida ao solo e ajustar do tamanho da gota aplicada.
- c) Incorporação do herbicida ao solo e aumentar a dose aplicada.
- d) Resfriar a calda de aplicação e ajustar o tamanho da gota.
- e) Formulação do produto e aumentar a dose aplicada.

## Classificação pelos mecanismos de ação dos herbicidas

### Diálogo aberto

Caro aluno, agora que você já conhece um pouco mais sobre a dinâmica dos herbicidas no solo, nas plantas e no ambiente, está na hora de conhecermos, nesta aula, estes produtos mais a fundo.

Você precisa ter em mente que um herbicida é um produto químico capaz de impedir ou restringir o desenvolvimento de plantas, na qual ele seja capaz de agir por meio de ligações específicas em rotas metabólicas presentes nas plantas. Dentro de cada mecanismo de ação, os herbicidas também podem ser classificados pelo seu grupo químico, que significa a similaridade entre as moléculas.

Adicionalmente, para aplicarmos os conteúdos que você irá aprender, vamos retomar nosso problema com o produtor paranaense de soja RR. Vamos relembra-lo: ele utilizou dois herbicidas para o manejo da buva: o glyphosate e o chlorimuron-ethyl. Como o produtor já explicou, estes herbicidas foram usados em momentos variados e causaram respostas diferentes na cultura e nas plantas daninhas. Assim, você já deve ter percebido que o mecanismo de ação e o modo de ação dos produtos são diferentes. Entender como eles agem na planta é imprescindível para explicar para o produtor o motivo da perda da ação dos produtos, e porque causaram problemas também para outras plantas.

Portanto, como você pode explicar para o seu cliente (o produtor) a diferença dos mecanismos de ação destas moléculas, e a importância da rotação dos herbicidas? Além disso, como ajudá-lo a entender os sintomas observados nas plantas de soja e nas plantas daninhas?

Todas estas dúvidas serão abordadas nesta unidade, e lembre-se de retomar os aprendizados das unidades anteriores para melhorar compreensão dos processos aqui envolvidos. Além disso, aproveite esta unidade para recordar mais sobre o funcionamento das plantas, como os componentes celulares e processos bioquímicos, que são conceitos recorrentes para quem trabalha com elas, o agrônomo por exemplo.

Vamos começar?

Caro aluno, daremos início aos estudos sobre o mecanismo de ação dos herbicidas. Você poderá achar o conteúdo um pouco complexo num primeiro momento, mas saiba que ao se familiarizar com estas informações, você verá o manejo das plantas daninhas com maior clareza e com olhar mais crítico.

Vamos então começar entendendo melhor qual é a diferença entre **mecanismo de ação** e **modo de ação**. Mecanismo de ação se refere ao local em que a molécula do herbicida irá atuar na planta, ou seja, o primeiro ponto do metabolismo em que o herbicida atua. Já o modo de ação é a sequência de eventos metabólicos, incluindo os sintomas visíveis que ocorrem a partir do efeito inicial provocado pelo herbicida (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).



### Exemplificando

Como veremos mais adiante, o herbicida glifosato tem como mecanismo de ação a inibição da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase - EPSPs, interrompendo a síntese de aminoácidos aromáticos. Assim, seu modo de ação inclui a redução dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano e acúmulo do ácido chiquímico, provocando sintomas na planta de clorose, paralização do crescimento e necrose.

Os herbicidas possuem ingredientes ativos diferentes, e cada molécula corresponde a um tipo de mecanismo de ação. Uma forma de classificação que pode ajudá-lo a recordar os mecanismos de ação dos herbicidas é pela separação dos que agem no cloroplasto daqueles que não agem nesta organela.

De acordo com Vidal *et al.* (2014), temos a seguinte classificação quanto aos herbicidas que atuam no cloroplasto: **ACCcase** – primeira etapa na síntese de lipídios; **ALS**, **EPSPs**, **GS** – síntese de aminoácidos; **FS I e II** – atuam em reações fotossintéticas. Já os herbicidas que não atuam no cloroplasto apresentam, principalmente, inibição do crescimento vegetal, e são eles: **mimetizadores de auxinas**; **inibidores da formação de microtúbulos** e **inibidores da divisão celular**.

Os **herbicidas inibidores da ACCcase** inibem a enzima chamada Acetil-CoA carboxilase (enzima **ACCcase**), e agem somente em gramíneas, com aplicação em pós-emergência. Assim, são comumente usados em áreas com culturas dicotiledôneas, pois são seletivos a elas (VIDAL *et al.*, 2014). Para seu efeito, o herbicida é absorvido pelas folhas e translocado pelo floema para os pontos de crescimento da planta, como os tecidos meristemáticos,

inibindo a atividade meristemática, o que impede o crescimento de novas folhas (LÓPEZ-OVEJERO *et al.*, 2016).

Seu mecanismo de ação afeta a formação de ácidos graxos, impossibilitando a formação de lipídios e metabólitos secundários. A síntese dos ácidos graxos ocorre no citoplasma da célula e nos plastídios (cloroplasto), e a via metabólica do processo inicia-se com a carboxilação da acetil-CoA para malonil-CoA, e é necessário que a enzima ACCase atue neste momento. Para isso, a enzima ACCase age na seguinte sequência: ela se liga a uma molécula de  $\text{CO}_2$ , e, depois à acetil-CoA, e, por fim, transfere o  $\text{CO}_2$  para a acetil-CoA. O herbicida impede este processo, não permitindo a ligação entre a ACCase e a acetil-CoA, interrompendo a via metabólica de síntese dos lipídios (LÓPEZ-OVEJERO *et al.*, 2016; VIDAL *et al.*, 2014).

Os herbicidas inibidores da ACCase possuem três grupos químicos. Alguns exemplos dos herbicidas de cada grupo são os **Ariloxifenoxipropanoatos (FOPs)**: haloxifope-P-metilico, fluazifope-P-butílico, quizalofope-P-etílico; os **Ciclohexanodionas (DIMs)**: cletodim, cicloxidim, profoxidim; e os **Fenilpirazolinias (DENS)**: pinoxadem.

O cletodim, por exemplo, é seletivo para algodão, alho, batata, cebola, cenoura, feijão, fumo, mandioca, melancia, soja e tomate, sendo utilizado para o controle de gramíneas em pós-emergência, como o capim-amargoso, capim-colonião, capim-pé-de-galinha, capim-carrapicho, dentre outras plantas daninhas (TECNOMYL, 2018).

Os **herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS)**, também chamada de acetohidroxi-ácido sintase (**AHAS**), atuam sobre uma vasta gama de plantas e possuem muitos ingredientes ativos, o que faz desse grupo um dos mais utilizados e, também, com grande número de espécies de plantas daninhas resistentes. Estes herbicidas podem ser usados em pré e pós-emergência, uma vez que a absorção pode ser via foliar ou radicular, com translocação pelo xilema e floema.

A enzima ALS atua no cloroplasto, com ação na síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, que são aminoácidos essenciais para mamíferos, mas produzidos somente pelas plantas, o que faz com que estes herbicidas sejam considerados de baixa toxicidade (VIDAL *et al.*, 2014).

A via metabólica destes aminoácidos tem como uso em comum a enzima ALS, que catalisa duas reações: (i) a associação de duas moléculas de piruvato formando acetolactato; e (ii) na combinação de piruvato e cetobutirato, formando acetohidroxiacetato. A partir destes processos, e com a ação de outras enzimas, ocorre a formação dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina. A molécula de herbicida se liga no canal que dá acesso à enzima ALS ao

substrato (onde ocorre a ação), impedindo a sequência de formações destes aminoácidos (VARGAS *et al.*, 2016; VIDAL *et al.*, 2014).

Os herbicidas inibidores da ALS possuem cinco grupos químicos, mas somente quatro são registrados no Brasil. São eles pertencentes aos grupos das **Sulfoniluréias**: clorimurrom-etílico, metsulfurom-metílico, nicosulfurom; das **Imidazolinonas**: imazapir, imazapique, imazetapir; dos **Pirimidiltiobenzoatos**: piritiobaque-sódico, bispiribaque-sódico; e das **Triazolpirimidinas**: diclosulam, flumetsulam.

Os **herbicidas inibidores do fotossistema II e I**, também intitulados FSII e I, respectivamente, atuam basicamente nas trocas de elétrons durante o processo de fotossíntese nos cloroplastos. Contudo, ambos apresentam suas próprias características, conforme o Quadro 3.1.

Quadro 3.1 | Diferenças entre os herbicidas inibidores do fotossistema II e I

Fotossistema II (FSII)	Fotossistema I (FSI)
Normalmente seletivos	Não seletivos
Sistêmico	Contato
Aplicação pré e pós-inicial	Aplicação em pós-emergência
Muitos casos de plantas resistentes e resistência múltipla com inibidores de ALS	-

Fonte: adaptado de Vidal *et al.* (2014); Gemelli *et al.* (2016).

Com relação ao processo que ocorre no FSII, na fase fotoquímica da fotossíntese (fase clara), a energia luminosa é capturada pelos pigmentos (clorofilas e carotenoides) e é transferida para o centro de reação  $P_{680}$ , o que gera um elétron excitado. Este elétron é transferido para uma clorofila modificada chamada feofitina e, depois, transferido para uma molécula de plastoquinona ligada à região “Qa” da proteína D2, e, em seguida, o elétron é transferido para a plastoquinona “Qb” da proteína D1. O herbicida inibidor do FS II liga-se à proteína D1 na mesma região na qual Qb deveria receber o elétron de Qa. Com o bloqueio do transporte de elétrons, não há produção de NADPH e ATP. As moléculas de clorofila têm mais energia, o que gera a formação de radicais livres que irão peroxidar os lipídios das membranas, destruindo as células. A ineficiência na fotossíntese e a destruição das células levam à morte da planta (VIDAL *et al.*, 2014; GEMELLI *et al.*, 2016).

Quanto ao FSI, o processo ocorre na lamela dos cloroplastos durante a fase fotoquímica da fotossíntese. As moléculas herbicidas agem como captadores de elétrons provenientes do FSI e impedem a produção de NADPH, o que resulta na formação de radicais livres provocando a peroxidação de lipídios. Isto resulta no extravasamento do conteúdo celular e, conseqüente, morte dos tecidos e das plantas.

Os herbicidas inibidores do **FSII** são divididos nos quatro grupos químicos a seguir: **Triazinas**: ametrina, atrazina e metribuzim; **Fenilureias**: diurom e tebutiurom; **Nitrilas**: ioxinil; e **Uracilas**: bromacila. Já, para o **FS I**, há somente um grupo químico, dos **Bipiridilos**: dicloreto de paraquate e paraquate.

Os herbicidas inibidores da **protoporfirinogen oxidase (Protox)** têm em sua maioria a recomendação de serem aplicados em pós-emergência, mas, para algumas espécies dicotiledôneas, pode ser feita a aplicação em pré-emergência. As moléculas são absorvidas pelas raízes, pelos caules e pelas folhas jovens, mas possuem baixa translocação (CARVALHO *et al.*, 2016).

A enzima Protox é encontrada nos cloroplastos e mitocôndrias, sendo a última enzima na rota de produção de clorofilas e de compostos heme. Os herbicidas inibidores da Protox afetam a produção destes compostos devido ao acúmulo de compostos que interagem com luz e oxigênio e aumenta a produção de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs). A enzima Protox tem o papel de catalisar a conversão de protoporfirinogênio em protoporfirina-IX (pigmento fotodinâmico), e o impedimento desta reação pelo herbicida provoca a formação de EROs, principalmente na presença de luz e causa extravasamento celular (VIDAL *et al.*, 2014; CARVALHO *et al.*, 2016).

Pode-se encontrar herbicidas pertencentes a quatro grupos químicos para este mecanismo de ação. São eles: os **Difeniléteres**: acifluorfem-sódico, fomesafem, lactofem e oxifluorfem; os **Ftalimidas**: flumicloraque-pentílico e flumioxazina; os **Oxadiazolininas**: oxadiazona; e os **Triazolinonas**: carfentrazona-etílica e sulfentrazona.

Com relação a um herbicida bastante conhecido, o **glyphosate**, este tem como mecanismo de ação a inibição da enzima 5-enolpiruvato-shiquimato 3-fosfato sintase (EPSPs), sendo produzido por diversas empresas no Brasil. Trata-se em uma molécula não-seletiva e sistêmica, amplamente usada em todo o mundo, e que também apresenta muitos problemas com a seleção de biótipos resistentes.

Com compostos produzidos no cloroplasto através da fotossíntese, a enzima EPSPs participa nas etapas após a formação de shiquimato-3-P (S3P), catalizando a reação entre esta molécula e o fosfoenolpiruvato (PEP) para produzir a molécula de 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato (EPSP). Esta via metabólica é a responsável pela formação dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. A molécula do herbicida não permite a ligação entre S3P e o piruvato, interrompendo a síntese dos aminoácidos aromáticos necessários para a produção de proteínas. Além disso, é por esta mesma rota que ocorre a formação de ácido chiquímico (chiquimato) e, quando ela é afetada pelo herbicida, há acúmulo deste composto na célula, reduzindo a eficiência fotossintética (VIDAL *et al.*, 2014).

Os **herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides** agem sobre estes pigmentos que têm a função de proteger a clorofila e outras proteínas no cloroplasto durante a captura da energia luminosa, bem como otimizar a absorção de luz. Também é a partir dos carotenoides que ocorre a produção de giberelina e ácido abscísico, importantes reguladores vegetais (COTADO *et al.*, 2018).

A síntese de carotenoides envolve diversos processos e diversas enzimas, mas os herbicidas podem agir: (i) na enzima **DOXS** (1-deoxi-xilulose-5P sintase), uma das enzimas do início da rota de biossíntese dos carotenoides no cloroplasto; (ii) na enzima **HPPD** (4-hidroxifenil-piruvato dioxigenase), relacionada com a formação de plastoquinona; e (iii) na **PDS** (fitoeno desaturase), a síntese de carotenoides é interrompida pela inibição desta enzima. A interrupção do processo de biossíntese de carotenoides gera o acúmulo de radicais livres, que por sua vez acarretam na morte celular. Podemos relacionar a enzima onde age o herbicida e os ingredientes ativos da seguinte maneira: **DOXS**: clomazona; **HPPD**: mesotriona e tembotrione; **PDS**: piridazinonas, piridinecarboxamidas.

Quanto aos **herbicidas inibidores da Glutamina Sintetase (GS)** – enzima importante codificada no núcleo celular, e que inicia a rota metabólica de incorporação do nitrogênio nas plantas – temos o glufosinato, que é pós-emergente.

O N inorgânico absorvido pelas raízes é reduzido à forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), que depois é reduzida pela enzima GS na forma orgânica de glutamina, assimilável pela planta. A inibição da enzima GS pelo glufosinato promove o acúmulo de amônio, proveniente principalmente da fotorrespiração, em níveis fitotóxicos, o que ocasiona a interrupção da fotossíntese por falta de outros aminoácidos relacionados a glutamina, e ruptura do cloroplasto.

Este herbicida possui amplo espectro de ação, e por isso é muito utilizado no país, principalmente por ser uma boa opção no controle de plantas daninhas resistentes ao glyphosate (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Durante os processos de divisão celular ocorre a **formação de microtúbulos** através da polimerização da proteína cilíndrica tubulina. Os microtúbulos são responsáveis pela migração dos cromossomos durante a mitose, além de servir como apoio para organelas celulares. Os herbicidas agem inibindo a polimerização da tubulina, não permitindo que a mitose siga da prófase para metáfase, pois a divisão é interrompida (FIGUEIREDO *et al.*, 2016; VIDAL *et al.*, 2014).

Os herbicidas deste mecanismo de ação são divididos em cinco grupos químicos: **Dinitroanilinas**: trifluralina; **Piridina**: tiazopir e ditiopir; **Benzoamida**: pronamida e tebutame; **Fosforoamidato**: butamifos e amiprofosmetílico; e Ácido benzoico: clortal-dimetílico.

Outros **herbicidas inibidores da divisão celular** agem na síntese de ácidos graxos de cadeia muito longa (AGCL). Estes ácidos graxos são precursores da membrana plasmática, da cera, da cutina e suberina (raiz). A molécula de herbicida liga um de seus átomos de carbono ao sítio específico de ligação da enzima elongase, que catalisa as reações de alongamento da cadeia dos ácidos graxos (FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

Estes herbicidas são divididos em quatro grupos químicos: **Cloroacetamidas**: alacloro, acetocloro, metolacloro; **Acetamidas**: napropamida, naproanilida, difenamida; **Oxiacetamidas**: flufenaceto, metonaceto; e **Tetrazolinonas**: fentrazamida, ipfencarbazone.

Os **herbicidas mimetizados de auxina**, ou herbicidas auxinas sintéticas, são produtos seletivos, de aplicação em pós-emergência para gramíneas em geral. São conhecidos como herbicidas hormonais ou reguladores de crescimento, pois interferem na divisão e alongação celular, da mesma forma que a auxina natural, e provocam reações relacionadas a outros hormônios vegetais, como etileno, giberelinas, citocininas, etc.

Aqui os herbicidas também são divididos em quatro grupos: Ácido benzoico: dicamba; Ácido fenoxicarboxílico: 2,4-D; Ácido piridine-carboxílico: fluroxipir, picloram e triclopir; e Ácido quinolinocarboxílico: quincloraque.

A título de exemplificação, o 2,4-D, que é sistêmico de pós-emergência, é indicado para o controle de plantas infestantes em culturas de trigo, milho, soja, sorgo, arroz, aveia, cana-de-açúcar, café e pastagens de braquiária. Dentre as plantas daninhas controladas – que são diversas –, podemos citar a tropa-roeba, picão-preto e branco, guaxuma, corda de viola, amendoim bravo, buva, beldroega, mamona e o carrapicho-de-carneiro (ADAPAR, 2018).



### Assimile

A respeito dos mecanismos de ação de moléculas de herbicidas que acabamos de estudar, identifique os mecanismos e os grupos químicos que você já ouviu falar ou que são os mais utilizados na sua região. Este levantamento permitirá que você conheça melhor os herbicidas, as culturas e as principais plantas daninhas do local.

Tenha em mente também que a escolha do mecanismo de ação vai de acordo com a seletividade da cultura e o quanto o produto causa danos à planta daninha.

É importante ressaltar que a rotação de herbicidas é uma alternativa para evitar a resistência de plantas daninhas. Porém, para evitar esse problema, a rotação deve ser especificamente entre os mecanismos de ação.

Como você pode ver, há muitas opções de ingredientes ativos e mecanismos de ação diferentes, e as indústrias continuam buscando novas tecnologias e moléculas que tenham o efeito de controle das plantas daninhas e gerem menor impacto para o ambiente e para os seres humanos. De acordo com Guerra *et al.* (2014) e Hijano (2016), o desenvolvimento de uma nova molécula herbicida é um processo complexo e que demanda muito investimento, e foram poucas as novas moléculas desenvolvidas e registradas recentemente.

Um novo mecanismo de ação teve requerimento de registro no Brasil em 2010, para as culturas de cana-de-açúcar, café e citros. Seu ingrediente ativo, o indaziflam, tem como mecanismo de ação a **inibição da biossíntese de celulose**, sendo o primeiro herbicida deste grupo. Ainda não há informações exatas sobre como o herbicida age no sítio de ação. O que se conhece é que ele paralisa o crescimento da planta e o desenvolvimento de novas folhas, devido à inibição da formação da parede celular nas células da planta. Este processo se deve a inibição da deposição de cristais na parede celular (HIJANO, 2016).



### Pesquise mais

Herbicidas.

AGROFIT (Ministério da Agricultura). **Consulta aberta.**

Atualmente, a classificação dos herbicidas foi alterada para enquadrá-los em grupos, com a finalidade de melhorar o entendimento e a decisão na escolha, facilitando assim a rotação de herbicidas nas áreas agrícolas. Esta classificação segue as normas do comitê *Herbicide Resistance Action Committee* (HRAC), órgão dedicado a estudos nas ciências das plantas daninhas (HRAC-BR, 2018).

O Quadro 3.2 apresenta a classificação dos herbicidas de acordo com o grupo HRAC, bem como os sintomas para cada mecanismo de ação, abordados nesta seção.

Quadro 3.2 | Classificação dos herbicidas quanto ao grupo HRAC e os sintomas provocados pelo mecanismo de ação

Grupo	Mecanismo de ação	Sintomas
A	Inibidores da ACCase	Nem todos os tecidos da planta apresentam os mesmos sintomas deste tipo de herbicida, mas em regiões com maior divisão celular eles são mais evidentes, como nos tecidos meristemáticos. Os sintomas mais evidentes são a clorose, paralisação do crescimento e necrose.

B	Inibidores da ALS	Pela falta dos aminoácidos e pela diminuição da translocação de açúcares, ocorrem danos nos processos de divisão celular (inibição da mitose) e na síntese de proteínas. Assim, os sintomas mais comuns destes herbicidas são paralisação do crescimento, murcha e clorose das partes jovens da planta, aparecimento de nervuras avermelhadas na fase abaxial das folhas, intensa formação de raízes laterais e necrose até a morte da planta.
C	Inibidores do Fotossistema II	Os sintomas incluem clorose seguida de necrose nas internervuras e bordas foliares, paralisação do crescimento e morte das plantas.
D	Inibidores do Fotossistema I	Apresentam sintomas poucas horas após a aplicação, com manchas verde-escuras no local em que o produto foi depositado, seguida de murcha e manchas necróticas nas folhas.
E	Inibidores da Protox	Entre os sintomas estão o rápido efeito de clorose, dessecação e necrose dos tecidos, podendo variar a intensidade do sintoma de acordo com a espécie.
F	Inibidores da síntese de carotenoides	O sintoma típico é o branqueamento das folhas, ocasionado pela falta de carotenoides que protegem a clorofila (que dá a coloração verde), resultando na fotodegradação das clorofilas.
G	Inibidor da EPSPs	Os sintomas desenvolvem-se lentamente, iniciando por clorose nas regiões meristemáticas e folhas jovens, até atingir a necrose de uma a três semanas após a aplicação. Em algumas espécies também podem surgir manchas roxo-avermelhadas nas folhas. Outro sintoma é o nanismo, pois ocorre paralisação do crescimento.
H	Inibidor da glutamina sintase	Os sintomas iniciais incluem murcha e clorose nas folhas, seguido por necrose em até duas semanas após a aplicação. Sob alta luminosidade e alta umidade os sintomas aparecem mais rapidamente.
K1	Inibidores da formação de microtúbulos	O sintoma típico é inchaço nas pontas das raízes, com raiz principal curta e sem raízes secundárias (coxa de galinha). A parte aérea fica atrofiada e com coloração avermelhada.
K3	Inibidores da divisão celular	Os sintomas característicos destes herbicidas são o crescimento anormal e a má formação de cotilédones e folíolos, extravasamento celular e morte da planta.
L	Inibidores da síntese de parede celular	O herbicida evita que novas células da parede celular sejam formadas, afetando a formação, a divisão e o alongamento das células, o que leva à paralisação do crescimento da planta.

O	Mimetizadores de Auxina	Os sintomas incluem obstrução no fluxo do floema causando entumescimento do caule, epinastia (enrolamento) dos órgãos vegetais, encarquilhamento (enrugamento) da parte aérea, caule quebradiço, atrofia de raízes, além de clorose seguida de necrose de folhas.
---	-------------------------	---

Fonte: adaptado de Christoffoleti et al. (2016); Monquero et al. (2014).

Você deve ter percebido, que apesar de alguns sintomas se repetirem (como a clorose das folhas), muitos outros são característicos do mecanismo de ação. Conhecer estas informações ajudam, por exemplo, na identificação de efeitos de fitotoxicidade em plantas não-alvo, ou para saber se o produto está fazendo efeito em plantas-alvo.



### Refleta

Agora que você conhece os mecanismos de ação, pense a respeito da rotação de herbicidas. Pode perceber que ao trocar o mecanismo de ação, você irá provocar uma mudança no meio, modificando inclusive as condições para a comunidade infestante. Você consegue visualizar estas alterações na lavoura?

Agora, caro aluno, você já está mais familiarizado com o funcionamento dos herbicidas. A partir deste momento sua visão deve estar mais analista, e todo esse aprendizado irá auxiliá-lo na execução profissional de manejo de plantas daninhas. Sucesso para você!

### Sem medo de errar

Agora que você aprendeu um pouco mais sobre os herbicidas, vamos solucionar alguns pontos daquele problema com o produtor de soja RR. Recordando os herbicidas que ele utilizou, temos o seguinte cenário que pode ser utilizado para explicar os mecanismos de ação dos produtos utilizados:

- **Glifosato:** mecanismo de ação inibidor da enzima EPSPs (5-enolpiruvil-shiquimato 3-fosfato sintase), e seu modo de ação impede a formação dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano.

- **Clorimurrom-etílico:** mecanismo de ação inibidor da enzima ALS (acetolactato sintase), grupo das sulfonilureias, e seu modo de ação impede a formação dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina.

Como vimos, ambos os herbicidas são largamente utilizados no país, sendo relatados muitos casos de biótipos resistentes aos mesmos em todo o mundo. No caso do nosso amigo produtor, vimos que ele aplicou por

muito tempo o glifosato, e essa frequência de aplicação resultou na seleção de biótipos de buva resistentes. Depois ele passou a usar o clorimurrom-etílico seguidamente, resultando na resistência múltipla destes biótipos (abordaremos na próxima seção o que significa resistência múltipla).

Uma opção para o produtor é fazer a rotação de herbicidas, contudo, como você pode imaginar, esta rotação deve ser feita entre os **mecanismos de ação**, e não entre produtos dentro do mesmo grupo químico. O motivo da adoção desta técnica é que outro sítio de ação da planta deve ser atingido, para provocar a morte por meio de outro modo de ação.

Por exemplo, se o produtor trocasse o clorimurrom-etílico pelo metsulfurom-metílico ou outro herbicida inibidor da ALS, ele continuaria usando o mesmo mecanismo de ação e, conseqüentemente, mesmo modo de ação. Isto selecionaria os biótipos resistentes a este mecanismo da mesma forma se continuar usando somente o clorimurrom-etílico por muito tempo.

Uma opção para este produtor seria utilizar o 2,4-D, um herbicida mimetizador da auxina. Este herbicida tem ação recomendada para buva, e pode ser utilizado na cultura da soja em pós-emergência das plantas daninhas. Assim, para o controle destas plantas resistentes, a rotação dos herbicidas é uma boa solução.

Agora que você conhece os grupos químicos, você pode orientar melhor o produtor nesta troca de herbicidas, mesmo que seja para orientá-lo por meio da nova classificação da HRAC. Assim, o seu conhecimento como agrônomo sobre o assunto é de extrema importância para acertar no posicionamento e na escolha dos herbicidas.

## Avançando na prática

# Controle de capim-pé-de-galinha na cultura do milho

## Descrição da situação-problema

Caro aluno, vamos passar para outra situação, para colocar em prática seus aprendizados.

Imagine que você é um profissional de consultoria agrônômica e vai trabalhar numa área de monocultura de cebola que enfrenta problemas com a planta daninha *Digitaria insularis* (L.) Fedde, comumente conhecida como capim-amargoso. Seu papel, como agrônomo, é fazer a recomendação dos herbicidas para o produtor, lembrando também de orientá-lo quanto às estratégias de uso

dos herbicidas. Além disso, por se tratar de um sistema de monocultura, qual seria outro cuidado muito importante em relação a escolha dos herbicidas? E o uso de herbicidas, é a única solução para o produtor?

### Resolução da situação-problema

Você deve considerar que é necessário utilizar produtos seletivos à cultura. Dentre as opções, um exemplo é o cletodim.



#### Pesquise mais

Decisão sobre herbicida.

AGROFITI – **Consultora aberta**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS.

Você pode explicar para o produtor sobre a rotação de herbicidas e, além disso, deixar claro para que se ele optar por usar unicamente um produto, ele irá selecionar plantas que deixarão de ser controladas pelo herbicida em específico, aumentando na comunidade infestantes às plantas resistentes. Isso trará mais problemas para o manejo de plantas daninhas neste sistema de monocultura.

Lembre-se que há outras formas de manejo de plantas daninhas como a rotação de culturas que, somadas ao uso de herbicidas, trarão maiores benefícios à lavoura. Nesta condição, a própria presença de outra cultura causará um distúrbio na comunidade infestante devido às alterações em todo o manejo.

Perceba que não é só porque há produtos específicos para o manejo de gramíneas que necessariamente eles serão a melhor opção. Lembre-se de verificar a bula para o posicionamento correto do produto, de acordo com o estágio fenológico da cultura e da planta daninha.

### Faça valer a pena

---

1. O mecanismo de ação dos herbicidas pode apresentar semelhanças, como ter seu sítio de ação na mesma organela, ou produzirem alguns sintomas recorrentes como a clorose. Apesar disso, o modo de ação destes produtos pode ser muito distinto, uma vez que cada tipo desencadeará efeitos diferentes nas rotas metabólicas das plantas.

Qual alternativa contém herbicidas que agem no cloroplasto?

- a) Inibidores de ALS e divisão celular.
- b) Inibidores de microtúbulos e divisão celular.

- c) Dentre todos os herbicidas, somente o glyphosate (inibidor da EPSPs) age no cloroplasto.
- d) Inibidores de ALS e Glutamina Sintetase (GS).
- e) Dentre todos os herbicidas, somente os inibidores do fotossistema I e II agem no cloroplasto.

**2.** O glifosato é um herbicida usado no mundo todo há mais de 40 anos, possuindo um amplo espectro de ação, controlando plantas daninhas mono e dicotiledôneas. Como apresenta um sítio de ação muito específico, torna-se um produto alvo para a ocorrência de resistência das plantas daninhas.

Qual alternativa contém a informação correta sobre o glifosato?

- a) Este herbicida causa estresse oxidativo devido inibição de carotenoides.
- b) O glifosato tem ação lenta e age nas partes meristemáticas por ter ação sistêmica.
- c) Por ser um herbicida de contato, o sintoma mais comum é o branqueamento da folha.
- d) Por ser um herbicida sistêmico, o sintoma mais comum é o branqueamento da folha.
- e) Este herbicida é pouco usado, mas intensamente usado no sul do Brasil.

**3.**

“Alguns herbicidas necessitam diretamente da presença de luz no seu funcionamento ou posteriormente a sua ação para causar a morte da planta. Os herbicidas são divididos em grupos de acordo com seu mecanismo de ação, deste modo, produtos pertencentes a alguns grupos são exemplos de herbicidas que interagem com a luz. (CARVALHO, 2018, [s. p.]

De acordo com o texto, qual alternativa contém os grupos correspondentes aos herbicidas que, de algum modo, atuam na fotossíntese?

- a) Grupos C, D, E, F.
- b) Grupos A, B, H, K.
- c) Grupos A, H, K, O.
- d) Grupos C, D, G, H.
- e) Grupos C, D, E, K.

## Resistência e tolerância das plantas daninhas aos herbicidas

### Diálogo aberto

Caro aluno, estamos chegando ao final de mais uma unidade, e você já aprendeu muitos conceitos sobre as plantas daninhas, seu controle e os herbicidas. Agora devemos abordar outro efeito que ocorre nas áreas agrícolas em que se faz uso de herbicidas: a possibilidade de seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes.

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um dos principais desafios atualmente na Ciência das Plantas Daninhas. Entre os mecanismos de ação com maior número de casos estão os herbicidas inibidores da ALS e os inibidores do Fotossistema II (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2016). A razão para que estes mecanismos tenham muitos casos registrados se deve, principalmente, ao mau uso dos herbicidas, porém, eles também apresentam maior facilidade de quebra da resistência pelas plantas.

Tendo em mente este assunto, analisaremos mais uma vez a situação do produtor de soja do Paraná. Ele costumava utilizar glyphosate para o manejo de buva, cuja espécie é desconhecida e, depois, passou a utilizar chlorimuron-ethyl. Ele lhe informou que, ambos os herbicidas, perderam a eficiência depois de longo tempo de uso e com a dose acima da recomendada pelo fabricante. Assim, você já pode afirmar que **o problema da área é de biótipos resistentes de buva? E como estes biótipos surgiram na área? Como podemos confirmar que estas plantas são resistentes a ambos os herbicidas?**

Assim, caro aluno, discutiremos neste material todas as perguntas feitas anteriormente e, mais uma vez, é recomendado que você retorne aos conteúdos anteriores para ter clareza dos conceitos e entender a continuidade dos processos que envolvem a Ciência das Plantas Daninhas. Aproveite para praticar e conhecer melhor a interação entre herbicidas e plantas, e como é o histórico de resistência no Brasil e no mundo.

Bons estudos!

Devido à pressão exercida sobre as plantas daninhas no ambiente agrícola, como com o uso de herbicidas, ocorre a seleção de populações de biótipos de plantas daninhas resistentes. De acordo com a Sociedade Americana de Ciência das Plantas Daninhas (*Weed Science Society of America* – WSSA, 2013), a resistência de plantas a herbicidas é definida como a capacidade herdável de sobrevivência e reprodução de uma planta após a exposição a uma dose de herbicida que seria letal para o biótipo comum desta espécie. Assim, a resistência é um processo evolutivo das plantas daninhas em resposta à seleção imposta pelo uso consecutivo e repetitivo de um mesmo herbicida ou de herbicidas com mesmo mecanismo de ação em doses recomendadas. Também pode ser induzido por meio de técnicas como engenharia genética, como com as plantas transgênicas.

A seleção de biótipos resistentes ocorre principalmente pelo uso repetitivo de um mesmo herbicida ou de um mesmo mecanismo de ação (AGOSTINETTO e VARGAS, 2014). Os biótipos sobreviventes são aqueles que tiveram uma mutação em sua estrutura genética que afeta o sítio-alvo de um herbicida de tal forma que ele não afeta mais este indivíduo. Assim, a resistência da espécie ocorrerá em áreas agrícolas separadamente, de acordo com o uso dos herbicidas no manejo de cada área.



### Atenção

É preciso entender que os herbicidas **não causam a resistência**, e sim **selecionam plantas** que apresentam alguma característica genética diferenciada, e que são capazes de sobreviver e produzir descendentes mesmo após a aplicação de uma dose, normalmente letal, para alguns indivíduos da espécie.

Já a tolerância das plantas aos herbicidas é a capacidade **natural** destas em suportar as aplicações do produto e **não ocorre seleção ou manipulação genética da planta**. Assim como a tolerância, a suscetibilidade também é uma característica inata da espécie, em que ocorrem alterações com efeitos marcantes no crescimento e desenvolvimento da planta como resultado de sua incapacidade de suportar a ação do herbicida (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2008)

Perceba também que, numa área agrícola, há diversas populações de plantas daninhas, e, quando se faz uso de um herbicida que controle uma determinada população, pode ocorrer o aumento do número dos indivíduos de outra população, que não é afetada pelo produto. Esta seleção não é

resistência, e sim apenas a mudança da flora em resposta a práticas agrícolas (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2014). De acordo com Christoffoleti (2008), qualquer população em que os indivíduos mostrem uma base genética variável quanto à tolerância a uma medida de controle, irá, com o tempo, mudar sua composição populacional como mecanismo de fuga para sobrevivência, diminuindo sua sensibilidade a esta medida de controle.

A buva, por exemplo, é uma das principais plantas daninhas com biótipos resistentes aos herbicidas no Brasil, destacando-se as espécies *Conyza bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis* (OLIVELLA *et al.*, 2019). De acordo com Mitsuo e Carneiro (2013), o uso de culturas transgênicas tolerantes ao glifosato proporcionou uma maior infestação destas espécies e, com o uso repetitivo deste herbicida, a seleção dos biótipos resistentes foi inevitável. Assim, hoje se podem encontrar biótipos de *C. bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao glifosato, e de *C. sumatrensis* apresentando a resistência múltipla para este herbicida e para inibidores da ALS (HEAP, 2019).



### Pesquise mais

Você sabia que no Brasil são conhecidos vários casos de plantas infestantes com biótipos resistentes? Acesse o site do *Herbicide Resistance Action Committee* (HRAC) e conheça a lista de plantas resistentes no Brasil e no mundo, e os grupos de herbicidas relacionados:  
HRAC – BR. **Casos de resistência registrados.**

Como ressaltado anteriormente, as plantas resistentes nada mais são do que biótipos de uma espécie que apresentam diferenças genéticas naturais, e acabam sendo selecionadas numa área agrícola devido a uma força que exerce uma pressão de seleção que favorece a sobrevivência e permanência destas plantas e cause a morte daquelas que são suscetíveis.



### Exemplificando

Qualquer prática agrícola pode trazer alterações na composição das populações de plantas daninhas. Por exemplo, em área de cultivo de cana-de-açúcar por muitos anos foi realizada a queimada como forma de manejo e, após a proibição desta prática, houve o “surgimento” de espécies de hábito trepador, como as corda-de-viola. Essas plantas sempre existiram na área e eram controladas pela queimada, mas passaram a ser um problema quando a prática deixou de ser usada.

As forças seletivas sobre as plantas podem ser: a escolha do herbicida, o sistema de cultivo, a escolha da cultura, as práticas culturais, as mudanças climáticas/padrões de clima, e a introdução de novas espécies. Como consequência, resulta-se a seleção intraespecífica de biótipos (resistência a herbicidas) e seleção interespecífica de indivíduos tolerantes, ocasionando alterações na flora. Isto faz com que determinada espécie ou determinado grupo de espécies dominem a composição florística do local (CHRISTOFFOLETI, *et al.* 2014).



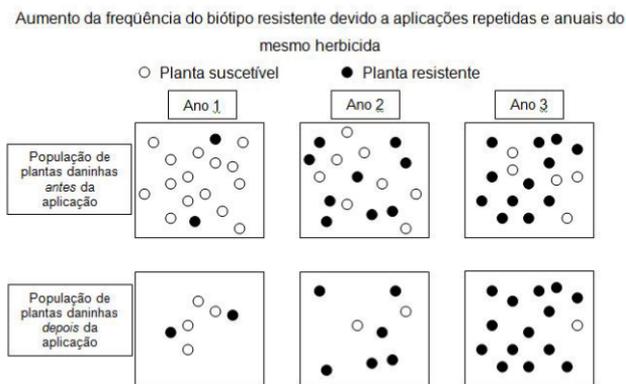
### Refleta

Você se lembra dos conceitos sobre banco de sementes? Pense a respeito. Eles agora são muito importantes, pois o banco de sementes é a base ecológica para a seleção das plantas resistentes. Numa população, a diversidade genética natural é muito grande, e os cuidados com o tratamento do banco de sementes vai refletir na seleção das plantas. Por exemplo, quanto maior for o período de dormência das sementes, maior será o tempo para que elas se esgotem na área. Por isso, a presença de um maior número de sementes suscetíveis irá retardar o aparecimento de biótipos resistentes. Assim, como deve ser feito o manejo para que as plantas suscetíveis não sejam completamente eliminadas? A adoção de outros métodos, além do químico, também vai interferir no banco de sementes?

Os biótipos resistentes sempre estão presentes na população em baixa frequência e, quando o herbicida é aplicado, este age como agente de pressão de seleção: as plantas suscetíveis são mortas e as plantas resistentes sobrevivem e se reproduzem sem competição ou cruzamento com as suscetíveis, aumentando a presença de sementes com essa característica no banco de sementes daquele solo.

Geralmente, este processo só é percebido depois de um tempo, quando cerca de 30% da área é formada por biótipos resistentes, com as plantas daninhas resistentes se apresentando em manchas na área e aumentando sua proporção (em progressão geométrica) com a aplicação repetitiva do herbicida com mesmo mecanismo de ação, e finalmente dominando a área (CHRISTOFFOLETI, 2008). Na Figura 3.2 você perceberá como ocorre o processo de seleção e propagação dos biótipos resistentes.

Figura 3.2 | Esquema de representação da seleção de plantas daninhas resistentes a herbicidas



Fonte: adaptada de Christoffoleti e López-Ovejero (2008, p. 15 ).



## Assimile

Então, os fatores que afetam a evolução da resistência são:

- **Fatores genéticos:** a frequência inicial do alelo de resistência no ambiente (exemplo: 1 alelo resistente a cada 100000 alelos suscetíveis); dominância dos genes (se o gene resistente é dominante); fluxo gênico (plantas autógamas ou alógamas); resistência monogênica ou poligênica (uma alteração ou muitas alterações para conferir a característica); adaptabilidade ecológica (capacidade das plantas em sobreviver e se propagar no ambiente); alta frequência do gene resistente na população.
- **Fatores bioecológicos:** a própria biologia da planta favorece a resistência: plantas de ciclo curto, várias gerações por ano, grande número de sementes, sementes de baixa dormência, alta densidade de plantas na área, suscetibilidade extrema a um herbicida em particular.
- **Fatores agrônômicos:** tipo de manejo adotado; aplicação de mesmo herbicida ou mecanismo de ação; uso de herbicida de longo efeito residual no solo, com um único local de ação e de amplo espectro; sistema de cultivo; aplicação de herbicidas em sub ou superdoses são as práticas que vão selecionar as espécies que melhor se adaptarem a essas diferentes condições.

Logo, é muito importante conhecer o comportamento ambiental e os biótipos das plantas para implantar técnicas adequadas de manejo, a fim de prevenir e combater a resistência.

Há alguns mecanismos que geram alterações nas plantas, e que as tornam resistentes aos herbicidas. Os mecanismos de resistência de plantas daninhas são:

- **Alteração do sítio (local) de ação:** as informações genéticas de um organismo estão contidas em seu material genético (DNA), e quando ocorrem alterações nesse material sem que provoquem a morte do indivíduo, sendo essas alterações vantajosas, são repassadas aos descendentes. Assim, biótipos resistentes podem ocorrer em uma população de plantas daninhas como resultado de mutações benéficas e que provocam alterações no local de ação do herbicida (VARGAS *et al.*, 2009). Esse mecanismo ocorre ao acaso, podendo ter ocorrido antes mesmo da aplicação do produto na área, assim não existem evidências de que seja induzida pelos herbicidas (KISSMANN, 1996). A mutação pode provocar a perda de afinidade do herbicida pelo local de ação e o deixa incapaz de exercer seu efeito fitotóxico.
- **Metabolização do herbicida:** a planta resistente possui a capacidade de decompor a molécula herbicida mais rapidamente do que as plantas sensíveis, tornando-as inativas ou com menor efeito fitotóxico. Este é o mecanismo apresentado pela maioria das espécies. A velocidade de metabolização pode variar com a espécie, o estágio de desenvolvimento e do ambiente a qual está exposta.
- **Compartimentalização:** ocorre a redução da concentração do herbicida no local de ação, provocado pela menor absorção ou translocação do produto. A molécula do herbicida também pode ser conjugada com metabólitos da planta, tornando-se inativa, ou é removida das partes metabolicamente ativas da célula e armazenada em locais inativos como o vacúolo ou outras organelas celulares, o que evita sua translocação e seu acesso ao local de ação (VARGAS *et al.*, 2009).
- **Superexpressão da proteína-alvo do herbicida:** a proteína em que o herbicida afeta passa a ser produzida em grande quantidade pela planta que está sendo alvo, tornando o efeito do herbicida insignificante. Este mecanismo traz preocupações, uma vez que a amplificação do gene pode ocorrer como processo evolutivo.



### Lembre-se

As alterações que ocorrem no biótipo resistente, como a mutação, e que não levam à sua morte diretamente podem fazer com que este biótipo seja menos competitivo que o sensível, em termos de sobrevivência.

Isto quer dizer que, apesar de ser resistente a determinado herbicida ou mecanismo, a planta pode sofrer perdas por outros meios, gastando também sua energia, que prejudicam seu crescimento e desenvolvimento, resultando na não-infestação da área com este biótipo, e não ocorrerá sua dispersão no banco de sementes (MAGRO *et al.*, 2011).

Por meio dos mecanismos, as plantas podem apresentar dois tipos de resistência: a resistência cruzada e a resistência múltipla.

A resistência cruzada ocorre quando o indivíduo é resistente a dois ou mais herbicidas pertencentes a um mesmo mecanismo de ação e são de grupos químicos diferentes (BORGATO *et al.*, 2016), apresentando um mecanismo de resistência. Também podem existir variações no nível de resistência cruzada dos biótipos a herbicidas de grupos diferentes devido a pequenas diferenças de ligação entre a enzima e a molécula herbicida, e às diferentes mutações que ocorrem no gene.

A resistência múltipla ocorre quando o indivíduo é resistente a dois ou mais herbicidas de diferentes mecanismos de ação, e pode apresentar dois ou mais mecanismos distintos de resistência (INOUE e OLIVEIRA JÚNIOR, 2001).

Ordenando essas formas de resistência pela dificuldade de controle das plantas com herbicidas, a ordem seria: resistência isolada < resistência cruzada < resistência múltipla.



### Refleta

Pense sobre os prejuízos que a resistência pode trazer. De acordo com Christoffoleti (2008), algumas consequências da resistência das plantas daninhas são a restrição ou inviabilização da utilização de determinado herbicida na área, perdas de áreas de plantio, perdas de rendimento e qualidade dos produtos das culturas agrícolas, necessidade de reaplicação do produto, mudanças no sistema de produção e aumento de doses dos herbicidas, aumentando o impacto ambiental e elevação dos custos de produção, com conseqüente redução da competitividade na comercialização do produto final.

O manejo de plantas daninhas consiste na adoção de práticas que podem resultar na seleção destas plantas e alterar a composição florística da comunidade e na seleção dos biótipos resistentes quando ocorre uso intensivo de herbicidas. Para Christoffoleti *et al.* (2016), algumas práticas que podem aumentar a pressão de seleção incluem:

- Ausência de rotações de culturas ou sistemas de monoculturas.
- Adoção de poucos métodos de controle.
- Não realizar um levantamento florístico de infestação e não fazer o manejo de plantas “escapes” (plantas que não morreram após um primeiro manejo).
- Uso contínuo ou repetitivo de um mesmo herbicida ou mesmo mecanismo e modo de ação.

Segundo os mesmos autores, os maiores problemas relacionados com resistência de plantas daninhas enfrentados pelos produtores são:

- Rápido crescimento de casos de resistência múltipla, diminuindo a opção de herbicidas.
- A crescente necessidade de uso de culturas resistentes ao glyphosate, o que resulta no rápido crescimento de plantas resistentes.
- Não há lançamentos frequentes de novos herbicidas com novos mecanismos de ação.

Assim, é preciso estar atento ao manejo utilizado, e evitar falhas no controle de plantas daninhas com atenção aos escapes; evitar doses inadequadas; e atenção às condições do solo e do clima na hora da aplicação para não ocorrer perdas do produto.-

De acordo com HRAC (1998a), quando se suspeitar da ocorrência de resistência, devem-se considerar alguns aspectos:

- Se o produto, a dosagem, a época ou o estágio de aplicação, calibração, volume de calda, adjuvantes, tipo de bico e condições ambientais foram adequados.
- Se as falhas de controle foram para apenas uma espécie.
- Se as plantas não são de reinfestação.

Caso tenham ocorrido todos esses problemas, é preciso ver quais foram os fatores que levaram à resistência, como:

- Se ultimamente vem sendo usado repetidamente o mesmo herbicida ou herbicida com mesmo mecanismo de ação.
- Se o herbicida vem perdendo a eficiência.
- Se já existem casos de plantas resistentes a este herbicida.
- Se o herbicida não perdeu eficiência sobre outras espécies.

Ocorrendo uma das situações mencionadas, existe a possibilidade de estar acontecendo um caso de resistência no local.

Para confirmação, o método recomendado pelo HRAC (1998b) é colher sementes das plantas suspeitas de resistência e de plantas sensíveis, semear em vasos e tratar com doses crescentes do herbicida em questão. Deve-se colher em torno de 40 plantas ou 1000 sementes das resistentes, e as sensíveis deve-se colher em áreas que nunca receberam aplicação daquele herbicida. As doses a serem aplicadas são: metade da dose recomendada, dose recomendada, e duas e quatro vezes a dose recomendada, fazendo-se avaliações duas e quatro semanas após a aplicação para o controle e a produção de matéria fresca. Se a diferença de controle entre os biótipos resistentes e sensíveis for grande, é sinal de que o possível mecanismo de resistência esteja relacionado com o local de ação e, se a diferença de controle for pequena, é sinal de que o provável mecanismo envolvido é o metabolismo da molécula.

A empresa fabricante deve ser informada e devem-se realizar os testes e determinar as medidas de manejo, fazendo-se o acompanhamento e a avaliação da eficiência destas medidas adotadas para garantir o sucesso da prática.

Confirmando a resistência, as primeiras atitudes a serem tomadas são erradicar imediatamente as plantas remanescentes ou usar práticas para reduzir o acréscimo de sementes ao solo (dessecações e *roguing*), colocar em prática o programa de manejo da resistência e evitar disseminação de sementes ou propágulos vegetativos.

Como você pode ver, a resistência das plantas daninhas é resultado de um conjunto de fatores que provocam uma pressão de seleção no ambiente. Agora que você conhece estes fatores, os mecanismos de ação dos herbicidas e as interações destes produtos com as plantas, você será capaz de proporcionar um correto manejo de plantas daninhas nas lavouras e evitar problemas com os biótipos resistentes. Bom trabalho!

### Sem medo de errar

---

Agora que já estudamos sobre a resistência de plantas daninhas a herbicidas, vamos resolver nossas últimas questões sobre a área de soja, quanto à presença de biótipos resistentes de buva, como eles surgiram e como confirmar a resistência. Os questionamentos a serem respondidos são: o problema da área é de biótipos resistentes de buva? E como estes biótipos surgiram na área? Como pode ser feita a confirmação que estas plantas são resistentes a ambos os herbicidas?

Como já pudemos perceber, o uso indiscriminado de glyphosate na área de soja transgênica resultou na seleção de biótipos resistentes de buva. Mesmo que o produtor tenha feito a troca de herbicida e de mecanismo de ação, ele não corrigiu sua postura de manejo, também fazendo mau uso deste herbicida e provocando mais uma seleção dos biótipos desta espécie. Deve estar claro que a forma inadequada que o produtor fez dos produtos resultou como uma pressão de seleção dos biótipos resistentes de buva da área.

Se você entrou no site da HRAC provavelmente deve ter visto que várias espécies de buva apresentam casos de resistência no Brasil. Assim, como profissional, você deve fazer testes para comprovar a espécie que gerou problemas para o produtor. E como aqui se trata de dois herbicidas com mecanismos de ação diferentes, podemos ver que o produtor está enfrentando biótipo com resistência múltipla. Além disso, como já vimos, é necessário realizar testes de dose-resposta dos produtos para confirmar a resistência.

Portanto, futuro agrônomo, seu papel como profissional também é orientar sobre as consequências do mau uso de herbicidas, para que não ocorra o aumento de seleção e propagação dessas plantas resistentes. Também, é importante dar orientações sobre outras práticas de manejo das culturas e de como amenizar os problemas de resistência.

## Avançando na prática

# Manejo de azevém na cultura do trigo

## Descrição da situação-problema

Imagine que você agora é contratado como consultor agrônômico numa área cultivada com trigo e com alta infestação de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), uma espécie altamente produtiva e com alta capacidade de rebrote. Essa planta pode ser utilizada como forrageira no inverno, porém é uma planta daninha muito importante na cultura do trigo. Você é informado que o biótipo encontrado nesta área é resistente ao glifosato. O produtor deseja utilizar algum herbicida para o controle dessas plantas, além de fazer uso de outras práticas de manejo. Quais opções estão disponíveis?

## Resolução da situação-problema

O manejo do azevém deve ser realizado antes que a cultura comece a se desenvolver, de forma que ela não sofra competição com a infestante. Para o manejo químico, o primeiro passo a ser tomado é verificar quais herbicidas são seletivos para a cultura, mas que também sejam capazes de controlar a planta daninha.

Observe que ambas as plantas são gramíneas, então a atenção na escolha do herbicida para que não haja problemas com fitotoxicidade para a cultura.



### Pesquise mais

O cletodim é uma boa opção de herbicida que se encaixa nesta situação, desde que seguidas as recomendações do fabricante.

AGROFIT (Ministério da Agricultura). **Consulta aberta.**

Este herbicida pode ser utilizado em pré-emergência do trigo e pós-emergência do azevém, em estágio de início de perfilhamento, ou seja, o controle pode ser em dessecação antes da semeadura da cultura. Assim, haverá o controle da planta daninha e o produto continua seletivo para a cultura. Além disso, deve-se sim utilizar outros meios de controle e uma rotação do mecanismo de ação, para que não sejam selecionados biótipos para este herbicida também.

Assim, o manejo do azevém pode ser feito com dessecação química ou com métodos mecânico e físico, para retirar as plantas emergidas na área antes da semeadura do trigo. Alguns exemplos de outros métodos de controle que devem ser adotados são os métodos preventivos, como a manutenção da limpeza de áreas próximas à lavoura, e limpeza do maquinário utilizado para não transportar sementes de azevém; e os culturais, como a adoção da rotação de culturas e atrasar a semeadura do trigo para eliminar uma maior quantidade de plantas daninhas antes do desenvolvimento da cultura.

## Faça valer a pena

---

1. Sobre o manejo de plantas daninhas, as diferentes técnicas dos métodos de controle empregados nas áreas agrícolas podem resultar em alterações na composição da comunidade infestante, incluindo a ocorrência de biótipos resistentes a herbicidas. A ocorrência de resistência em plantas daninhas está relacionada com:

- a) A competição entre plantas.
- b) A alelopatia entre plantas.
- c) A pressão de seleção.
- d) O nicho ecológico.
- e) O tipo de solo.

2. Quando ocorre a infestação de plantas daninhas resistentes, é necessário mudar a forma de manejar a área agrícola, a fim de conter a propagação deste biótipo resis-

tente para outros locais. Esta alteração no manejo está relacionada com a adoção de práticas que podem ser preventivas, culturais, mecânicas, entre outras.

Assinale a alternativa que contém métodos para evitar a resistência de plantas daninhas.

- a) Apenas se pode fazer a rotação do mecanismo de ação do herbicida.
- b) Rotação de culturas e aumento da dose recomendada do herbicida, além da recomendada.
- c) A limpeza do maquinário é suficiente para evitar a propagação de biótipos resistentes.
- d) Rotação do mecanismo de ação e sistema de monocultura.
- e) Rotação de culturas e do mecanismo de ação do herbicida.

**3.** As plantas daninhas podem ser classificadas como sensíveis, tolerantes ou resistentes a um determinado herbicida, dependendo do mecanismo de ação do produto, das características biológicas e genéticas da planta, e das condições de manejo e climáticas do ambiente.

Qual das alternativas está correta quanto à resistência de plantas daninhas?

- a) A compartimentalização é um mecanismo de resistência em que a molécula do herbicida é dividida entre a planta e o solo.
- b) A resistência cruzada caracteriza-se por uma planta resistente a mais de um herbicida com o mesmo mecanismo de ação, porém, com grupos químicos diferentes.
- c) Quando ocorre a superexpressão da proteína-alvo ocorre um aumento significativo do efeito do herbicida na planta.
- d) A condição do banco de sementes não tem nenhuma relação com a resistência de plantas daninhas.
- e) Não existem estratégias para prevenir o surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas.

ADAPAR – Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. **2,4-D Nortox**. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/24dnortox.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2019.

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Pelotas: UFPel. 398 p., 2014.

AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de Herbicidas. In: MONQUERO, P. A. **Aspectos da Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**, cap. 9, p. 217-233, 2014.

BORGATO, E. A. *et al.* Resistência múltipla e cruzada: casos no Brasil e Mecanismos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P. J; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: DIBD/ESALQ/USP, cap.3, p. 43-58, 2016.

CARVALHO, D. **Herbicidas que interagem com a luz nos mecanismos de ação**. Disponível em: <<http://www.blogagrobassf.com.br/evento?id=568>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

CARVALHO, S. J. P. *et al.* Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da Protox (Grupo E). In: CHRISTOFFOLETI, P. J; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: DIBD/ESALQ/USP, cap. 9, p. 151-164, 2016.

CHRISTOFFOLETI, P. J. *et al.* **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2008.

CHRISTOFFOLETI, P. J. *et al.* Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas: Termos e Definições Importantes. In: CHRISTOFFOLETI, P. J; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: DIBD/ESALQ/USP, cap.1, p. 11-32, 2016.

CHRISTOFFOLETI, P. J. *et al.* Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas. In: MONQUERO, P.A. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: Rima Editora, cap.11, p. 257-283, 2014.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 3, p. 507-515, 2003.

COTADO, A. *et al.* Linking jasmonates with pigment accumulation and photoprotection in a high-mountain endemic plant, *Saxifraga longifolia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 154, p. 56-65, 2018.

FIGUEIREDO, M. *et al.* Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da formação dos microtúbulos e a herbicidas inibidores da divisão celular (Grupos K<sub>1</sub> e K<sub>3</sub>). In: CHRISTOFFOLETI, P. J; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: DIBD/ESALQ/USP, cap.13, p. 207-218, 2016.

GEMELLI, A. *et al.* Mecanismo de ação e resistência dos herbicidas inibidores do fotossistema II (FSII) (Grupo C). In: CHRISTOFFOLETI, P. J; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: DIBD/ESALQ/USP, cap. 7, p. 119-132, 2016.

GUERRA, N. *et al.* Sensibility of plant species to herbicides aminocyclopyrachlor and indaziflam. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 609–617, 2014.

HEAP, I. **International survey of resistant weeds**. Disponível em: <http://www.weedscience.org>. Acesso em: 2 jan. 2019.

HIJANO, N. Interferência de Capim-Camalote em Cana-de-açúcar e Seletividade de Indaziflam e Indaziflam + Metribuzin Aplicados em Cana-de-açúcar no sistema MPB. (2016). 112p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal), UNESP, Jaboticabal, SP.

HRAC – HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. Guideline to the management of herbicide resistance. 1998b. In: AGOSTINETTO, D; VARGAS, L. **Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, cap.1, 2009.

HRAC-BR (Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas) – **Classificação dos herbicidas quanto ao mecanismo de ação**. 2018. Disponível em: <[https://docs.wixstatic.com/ugd/48f515\\_b0681e818424436ebc2fc15b86006050.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/48f515_b0681e818424436ebc2fc15b86006050.pdf)>. Acesso em: 24 dez. 2018.

HRAC – HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. How to minimize resistance risks and how to respond to cases of suspected and confirmed resistance. 1998a. In: AGOSTINETTO, D; VARGAS, L. **Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, cap.1, 2009.

INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR., R. S. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Cap. 7-8, 2001.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas a herbicidas**. São Paulo: BASF Brasileira S.A., 1996.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F. *et al.* Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ACCase (Grupo A). In: CHRISTOFFOLETI, P. J; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: DIBD/ESALQ/USP, cap. 5, p.77-97, 2016.

MAGRO, T. D. *et al.* Habilidade competitiva entre biótipos de *Cyperus difformis* L. resistente ou suscetível a herbicidas inibidores de ALS e destes com arroz irrigado. **Bragantia**, v. 70, p.294-301, 2011.

MONQUERO, P. A. *et al.* Seleção de espécies de adubos verdes visando à fitorremediação de diclosulam. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 127-135, 2013.

MONQUERO, P. A. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: Rima Editora, cap.10, p. 235-256, 2014.

MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S. Comportamento de Herbicidas nas Plantas. In: MONQUERO, P. A. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: Rima Editora, cap. 7, p.145-166, 2014.

MITSUO, O.; CARNEIRO, S. Resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 3, p.189-215, 2013.

OLIVELLA, J. *et al.* **Aspectos botânicos, ecofisiológicos e diferenciação de espécies do gênero Conyza**. Disponível em: <<https://www.hrac-br.org/folders-e-livro>>. Acesso em: 2 jan. 2019.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A.M. Comportamento dos Herbicidas no Ambiente. In: OLIVEIRA JR, R.S. *et al.*, **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**, cap.11, p. 263-304, 2011.

OLIVEIRA, R. S.; INOUE, M.H. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. *et al.*, **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**, cap. 10, p. 243-262, 2011.

OLIVEIRA, T. *et al.* Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da glutamina sintetase (GS) (Grupo H). In: CHRISTOFFOLETI, P. J; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: DIBD/ESALQ/USP, cap. 12, p. 193-206, 2016.

PROCÓPIO, S. O. *et al.* Fitorremediação de solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium por mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*). **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 719-724, 2005.

SILVA, A. A.; D'ANTONINO, L.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. Comportamento de Herbicidas no Solo. In: MONQUERO, P.A. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: Rima Editora, cap. 8, p. 167-216, 2014.

SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A. A.; J. F. **Tópicos em Manejo Integrado de Plantas Daninhas**, 367 p., 2007.

THECMYL Brasil – DISTRIBUIDORA DE PRODUTOS AGRÍCOLAS LTDA. Viance®. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/viance160518.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2019.

VARGAS, L.; SILVA, A. A. da.; AGOSTINETTO, D.; GAZZIERO, D. Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, p. 9-36, 2009.

VARGAS, L. *et al.* Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) (Grupo B). In: CHRISTOFFOLETI, P. J; NICOLAI, M. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: DIBD/ESALQ/USP, cap. 6, p. 99-118, 2016.

VIDAL, R. A. *et al.* Mecanismo de Ação dos Herbicidas. In: MONQUERO, P. A. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: Rima Editora, cap.10, p.235-256, 2014.

WSSA. **Internacional Survey of Herbicide Resistant Weeds** (2013). Disponível em: <<http://www.weedscience.org/Summary/UniqueCountry.asp?IstCountryID=29&FmCountry=Go>>. Acesso em: 23 nov. 2018.



## Unidade 4

---

# Manejo de plantas daninhas nos principais cultivos e tecnologia de aplicação de herbicidas

### Convite ao estudo

Aluno, bem-vindo à última unidade do livro de controle de plantas daninhas!

As formas de manejo de plantas daninhas são fundamentais para garantir ganhos de produtividade, visto que a infestação destas plantas causa grandes prejuízos ao produtor. Além do mais, o uso adequado da aplicação de herbicidas é fundamental para garantir eficiência do uso do produto no controle das plantas daninhas.

Portanto, ao estudar esta unidade, você conhecerá as principais estratégias de controle de plantas daninhas nos principais cultivos, e aprenderá também sobre os principais equipamentos e métodos de aplicação de herbicidas. Dessa forma, saberá aplicar estratégias de manejo de plantas daninhas para as principais culturas e como utilizar com eficácia as tecnologias de aplicação de herbicidas.

Os estudos ficam mais didáticos quando são associados a uma situação prática, que pode ser vivenciada no dia a dia do profissional, desse modo, analise a situação a seguir.

Você é engenheiro agrônomo, especialista em manejo de plantas daninhas, e foi contratado para trabalhar em uma multinacional de produtos químicos, com foco no controle de plantas daninhas, localizada no estado do Mato Grosso. A empresa observou a necessidade de investir em um profissional desta área, visto que grande parte de suas terras estava arrendada para agricultores que apresentavam quedas de produção devido à infestação de plantas daninhas. Assim, seu principal desafio será trabalhar junto à empresa estudando e avaliando as principais áreas de produção. Os agricultores que estão na área de abrangência da empresa possuem cultivos anuais, perenes e florestais. Assim, as condições observadas no campo serão essenciais para os avanços da área de pesquisa da empresa, visto que esta almeja desenvolver cada vez mais produtos eficientes.

Desse modo, no primeiro ano, você trabalhará especificamente em um projeto intitulado “Eficiência do manejo de plantas daninhas e tecnologia

de aplicação de herbicida”, distribuído em três etapas: 1) Manejo de plantas daninhas em cultura anual; 2) Manejo de plantas daninhas em culturas perenes e florestais; e 3) Tecnologia de aplicação de herbicida. Vale ressaltar que, no final de cada etapa, sua entregável será uma análise com as recomendações indicadas.

Diante do quadro apresentado, como realizar o manejo visando à redução da planta daninha ou ao seu controle nas propriedades avaliadas? Quais são as formas de manejo mais praticadas no controle de plantas daninhas quando estão associadas às culturas anuais, florestais e perenes? Quais são os fatores que devem ser considerados na aplicação dos herbicidas? Quais são os equipamentos e as tecnologias de aplicação de herbicidas que são mais utilizados atualmente?

Nesta unidade, serão abordados diversos conteúdos que o auxiliarão a responder a estes questionamentos. Desse modo, na primeira seção, você aprenderá como realizar o manejo de plantas daninhas em culturas agrícolas anuais, com foco, principalmente, no manejo integrado. A segunda seção também é voltada para o manejo de plantas daninhas, no entanto, você avançará estudando sobre culturas perenes, como os citros e as pastagens, bem como espécies de interesse florestal. Por fim, na terceira seção, verá com mais detalhes sobre os herbicidas e as tecnologias de aplicação, aprendendo sobre os equipamentos e as condições viáveis para o seu uso, visando ao uso racional dos produtos químicos, evitando desperdícios e aplicação de superdosagens.

Dedique-se aos estudos abordados nesta unidade e não deixe de consultar outros materiais complementares, como artigos científicos, teses/dissertações e revistas.

Faça uma boa leitura!

## Introdução ao manejo de plantas daninhas das principais culturas anuais

### Diálogo aberto

Olá, aluno! Você sabia que o manejo exerce grande importância no gerenciamento de plantas daninhas?

As perdas causadas pelas plantas daninhas em propriedades agrícolas variam de 20 a 80%, e podem ser justificadas pelo crescimento do número de espécies que infestam as lavouras e pelo surgimento de vários biótipos da mesma espécie, incluindo espécies resistentes a herbicidas para um ou múltiplos mecanismos de ação (LUCIO, 2014).

Desse modo, o manejo de plantas daninhas em si é bastante complexo, pois envolve diversos fatores ambientais, das espécies infestantes e da cultura agrícola, das quais devem ser analisadas em conjunto. Portanto, devem ser considerados, além de fatores ambientais e botânicos, também aspectos sobre viabilidade técnica e econômica do método, bem como nível sociocultural do agricultor. Nesta aula, especificamente, estudaremos sobre o manejo de plantas daninhas das principais culturas anuais.

Para facilitar nosso aprendizado, vamos retornar à situação apresentada no início da unidade: você é engenheiro agrônomo, especialista em manejo de plantas daninhas, e foi contratado por uma multinacional de produtos químicos. Nela, você trabalhará especificamente no projeto “Eficiência do manejo de plantas daninhas e tecnologia de aplicação de herbicida”. Nesta primeira etapa de trabalho, você avaliará uma propriedade localizada no Mato Grosso, que tem como principal objetivo a produção de culturas anuais, principalmente a soja.

Ao analisar a área, você verificou que o plantio de soja estava infestado com a planta daninha corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donell). Além do mais, o agricultor relatou que estava ocorrendo embuchamento (entupimento) das colhedoras, gerando perda econômica. Outro ponto relatado pelo agricultor é que ele utilizava somente o controle mecânico para controlar as plantas daninhas durante o início do desenvolvimento da cultura da soja.

Baseado no que foi apresentado, quais fatores afetam o manejo de plantas daninhas na soja? Qual é o efeito da planta daninha na colheita da soja? Quais estratégias de manejo podem ser indicadas antes e após a semeadura?

Os questionamentos apresentados servem de parâmetros para você desenvolver a melhor forma de manejo para a situação, portanto, nesta seção, veremos alguns conteúdos que lhe darão suporte para a resolução da problemática, compreendendo especificamente sobre o manejo de plantas daninhas nas culturas de soja, milho, algodão, arroz e feijão.

Bom estudo!

## Não pode faltar

Para se obter o equilíbrio entre a produção agrícola e a população de plantas daninhas, é necessário que o manejo das plantas infestantes seja baseado em algumas ações, como a prevenção, a erradicação e o controle propriamente dito. Como vimos em aulas anteriores, a prevenção está relacionada com a escolha de sementes puras e de boa procedência (livre de sementes de plantas daninhas) e com a limpeza de máquinas e implementos, para se evitar a disseminação de sementes ou estruturas de reprodução de plantas daninhas ao longo da propriedade. Já no processo de erradicação, esteriliza-se o solo por meio de produtos químicos, no entanto tal procedimento possui alto custo de aplicação. Por fim, o controle propriamente, que visa reduzir as plantas daninhas (CERDEIRA; ROESSING; VOOL, 1981; KARAM; MELHORANÇA; OLIVEIRA, 2006).

De forma geral, as técnicas de controle são as mesmas adotadas por todas as culturas agrícolas (cultural, mecânico, biológico e químico), no entanto a maneira de realizar cada um vai depender das condições edafoclimáticas, sendo necessário considerar as espécies e variedades indicadas conforme a área de interesse. Por exemplo, ao recomendar um sistema de plantio direto para a cultura de soja visando ao controle de plantas daninhas, deve ser analisado qual cultura pode proporcionar boa formação de palhada e, ainda, se aquela cultura vai se adaptar às condições do ambiente.

No manejo de plantas daninhas de culturas agrícolas, dois aspectos devem ser levados em consideração durante a tomada de decisão de manejo: o banco de sementes das invasoras e a rotação dos mecanismos de ação dos herbicidas para evitar o desenvolvimento de resistência.

Como estudado anteriormente, o banco de sementes é constituído por uma reserva de sementes viáveis no solo, que pode garantir grande infestações de plantas daninhas ao longo do tempo, e tais sementes estão sujeitas ao parasitismo, à predação e à dispersão. Assim, algumas técnicas podem ser adotadas para reduzir o banco de sementes, como: uso de forrageiras, adubos verdes, pastagem, período de pousio e herbicidas não seletivos. Além do mais,

devem ser utilizados herbicidas com diferentes mecanismos de ação ao longo dos ciclos de produção, visto que o uso contínuo dos mesmos produtos sintéticos pode influenciar na mudança da comunidade de plantas infestantes, selecionando espécies tolerantes ou resistentes ao controle (MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2005).



### Assimile

Estudar os métodos de controle é importante, assim como é necessário realizar o monitoramento das espécies que ocorrem na área, visto que a identificação da espécie auxilia na melhor tomada de decisão. Esse processo auxilia também na identificação de indivíduos que são resistentes aos herbicidas, portanto é possível constatar se o uso de determinado produto químico está sendo eficiente.

O manejo integrado de plantas daninhas deve ser priorizado em relação ao uso isolado dos demais métodos, visto que proporciona o controle de plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura, e não somente em determinada fase vegetativa (VARGAS; ROMAN, 2006).

Como o manejo integrado de plantas daninhas é uma das estratégias mais eficientes e recomendadas, o foco será voltado para essa abordagem. Esse tipo de manejo favorece a redução do uso de herbicida e, como consequência, contribui com a diminuição da contaminação do solo, do ar e do lençol freático, garantindo, também, maior economia ao produtor.

Agora que possuímos uma visão geral acerca do manejo de plantas daninhas, estudaremos sobre as melhores estratégias que podem ser adotadas durante o ciclo das plantas, compreendendo especificamente a relação das plantas infestantes com as culturas agrícolas anuais, como soja, milho, algodão, arroz e feijão.

Segundo Gazziero et al. (2006), no Brasil, podem ser encontradas 14 famílias e 57 espécies de plantas daninhas que estão associadas à cultura da soja, na qual a família Euphorbiaceae abrange uma das principais plantas daninhas da cultura, especialmente o amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.).

O controle de plantas daninhas de soja deve estar relacionado ao período crítico de competição, que varia de quatro a seis semanas após a emergência, dependendo da cultivar, de fatores climáticos, do solo, do manejo e da época da semeadura. Algumas espécies daninhas, como as dos gêneros *Ipomoea* (corda-de-violão) e *Senna* (fedegoso) (Figura 4.1), requerem maiores

cuidados na fase de colheita, pois podem acarretar alguns problemas, como o embuchamento das colhedoras pelas plantas invasoras e quebra da navalha (componente da barra de corte da colheitadeira). Vale ressaltar, ainda, que após a dessecação para a colheita, as plantas de soja ficam mais secas, o que, por sua vez, diminui a concorrência com as plantas daninhas, aumentando a incidências destas (VARGAS; ROMAN, 2006).

Legenda



Fonte:

Segundo Agostinetto et al. (2015), algumas estratégias devem ser consideradas antes da sementeira, como: **escolha da área**, áreas livres ou com baixa infestação de plantas daninhas, ou que contenham as que são mais fáceis de controlar; **preparo do solo**, por meio da aração e gradagem, as plantas daninhas podem ser eliminadas, tornando favorável o recebimento das sementes da cultura, facilitando também a aplicação de herbicidas utilizados na pré-emergência; **semeadura em época favorável à germinação**, a qual contribui com o estabelecimento rápido da cultura, reduzindo, também, a germinação de sementes de plantas daninhas; uso de **cobertura morta**, que contribui com o estabelecimento rápido da cultura e reduz a germinação de plantas daninhas, evitando a competição. Todas as técnicas anteriormente citadas podem ser utilizadas para as demais culturas que serão apresentadas a você nesta aula.

Após a sementeira da soja e antes da emergência de plantas daninhas, podem ser utilizados herbicidas pré-emergentes e, após a emergência de plantas daninhas, podem ser utilizados os pós-emergentes. Vale ressaltar que, ao programar o uso de herbicida, é importante avaliar a seletividade para a cultura, bem como o espectro de controle (AGOSTINETTO et al. 2015).

O sistema de rotação de cultura proporciona diferentes dinâmicas competitivas na área, possibilitando também o uso de diferentes tipos de herbicidas, contribuindo com o controle de plantas daninhas na cultura da soja e nas subsequentes (VARGAS; ROMAN, 2006).



## Exemplificando

A rotação de culturas possibilita a utilização de diferentes herbicidas que não poderiam ser utilizados pela soja. Como exemplo, caso a área esteja infestada de amendoim-bravo, que possui difícil controle, ao invés de ser plantado soja, poderá ser feito plantio de milho. Com as mudanças ecológicas do ambiente proporcionadas pelo plantio de milho, a intensidade de infestação pode diminuir, além do mais, poderá ser utilizado o herbicida 2,4-D, que controla o amendoim bravo, o qual a soja é bem sensível, mas que não afeta o milho, dependendo do estágio fisiológico da planta (CERDEIRA; ROESSING; VOLL, 1981).

Vale ressaltar que, em grandes propriedades, o controle mecânico é pouco utilizado, sendo mais usado os herbicidas (AGOSTINETTO et al., 2015). Segundo Vargas e Roman (2006), o uso de herbicidas, combinado com os métodos anteriormente citados, garante vantagem competitiva para a cultura durante todo seu ciclo. No controle químico, é necessário o uso de associações de herbicidas para aumentar o espectro de controle, baixar o custo de aplicação e reduzir a pressão de seleção, tal aspecto pode diminuir o surgimento de plantas daninhas resistentes aos herbicidas.



## Saiba mais

O emprego de descarga elétrica foi constatado como eficiente para o controle de plantas daninhas na cultura da soja (cultivar BRS 232). Para o controle, foi utilizado o equipamento Eletroherb, o qual é acoplado à tomada de força do trator, gerando eletricidade.

BRIGHENTI, A. M.; BRIGHENTI, D. M. Controle de plantas daninhas em cultivos orgânicos de soja por meio de descarga elétrica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2315-2319, 2009.

Outros exemplos de plantas daninhas que ocorrem nas culturas de soja do Brasil são: capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* (L.) Hitchc.), capim-colchão (*Digitaria sanguinalis* L. Scop.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.), tropa-roeba (*Commelina* L.) e capim-arroz (*Echinochloa* P. Beauv.) (CERDEIRA; ROESSING; VOLL, 1981).

Para cultura do milho (*Zea mays* L.), podemos citar diversas estratégias de manejo, com o objetivo de deixar a planta em vantagem em relação à comunidade de plantas daninha, tais como: uso de culturas intercalares, implementação de cultivares mais competitivos, irrigação, aumento da densidade de plantas e redução de espaçamento entre linhas.

Segundo Karam, Melhorança e Oliveira (2006), o plantio direto contribui com o controle de plantas daninhas, principalmente em milho safrinha, o qual é semeado após a lavoura de verão, assim, nesse tipo de sistema, o número de sementes de plantas daninhas no solo passa a ser reduzido.

Para que o milho tenha vantagem competitiva em relação à espécie daninha, é necessário utilizar o arranjo espacial adequado (correto espaçamento entre fileiras de plantio, de plantas na linha de plantio e correta densidade de semeadura), que permite a cobertura do solo quando a cultura atinge seu pleno desenvolvimento vegetativo, evitando competição entre espécies. Em um estudo de híbridos de milho no estado do Paraná, a adoção de espaçamento reduzido entre as linhas de plantas (0,45 m) diminuiu a matéria seca de plantas infestantes, principalmente para híbridos com arquitetura mais ereta, como o híbrido Flash (NUNES; TREZZI; DEBASTIANI, 2010). Segundo Trezzi et al. (2008), a adoção de espaçamentos reduzidos é de grande importância para o controle sustentável de plantas daninhas, principalmente para híbridos com arquitetura mais ereta, como o híbrido Sprint.

No controle mecânico, são recomendadas de duas a três capinas com enxada durante os 40 a 50 dias após a semeadura, visto que, a partir deste ponto, o crescimento do milho contribuirá com a redução das condições favoráveis para a germinação e o desenvolvimento das plantas infestantes. A capina mecanizada deve ser realizada no mesmo período indicado para o controle manual, devendo ser realizada superficialmente em dias quentes/secos e com solo pouco úmido (KARAM; MELHORANÇA; OLIVEIRA, 2006).

Conforme Karam, Melhorança e Oliveira (2006), o controle químico do milho é um dos métodos mais utilizados, sendo praticado em propriedades com alto nível tecnológico, no entanto deve ser usado com alguns cuidados, como: descarte adequado de embalagens e manuseio e aplicação de herbicidas segundo as normas de segurança (o que vale para todo o tipo de cultura).

Mais de 90 produtos comerciais podem ser utilizados na cultura do milho, formulados a partir de 17 ingredientes ativos, tais como: 2,4-D, Atrazine, Bentazon, Paraquat, entre outros. Além de misturas formuladas, como Atrazine+glyphosate (KARAM; OLIVEIRA, 2011).

Após a semeadura, podem ser utilizados herbicidas pré-emergentes (controlam plantas daninhas durante sua emergência). Já após a emergência, pode ser efetuado o controle mecânico ou químico (herbicidas pós-emergentes).

Dentre as espécies invasoras que são comuns em plantios de milho, tem-se a grama-seda (*Cynodon dactylon* (L.) pers.); capim-massarão (*Sorghum halepense* (L.) Pers.); e tiririca (*Cyperus rotundus* L.).



## Refleta

Até aqui, vimos diversas estratégias de manejos que podem ser adotadas, sendo o controle químico um dos mais utilizados. Mas, como realizar o manejo de plantas daninhas em cultivo orgânico? Apenas o controle mecânico e cultural seria suficiente em grandes áreas?

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), assim como as demais culturas mencionadas, ao competir com plantas invasoras, perde seu rendimento, sofrendo perda da qualidade do produto final.

O controle físico de plantas daninhas nesta cultura pode ser realizado por meio de inundação de áreas antes do plantio para destruir as sementes e/ou outros propágulos de plantas daninhas, ou pelo uso de fogo a altas temperaturas por meio de “queimadores” com aplicações dirigidas com bicos especiais. Tal método se torna eficiente em cultivos orgânicos, visto que não é possível a utilização de produtos químicos (BELTRÃO; AZEVEDO; NÓBREGA, 2004).

Conforme Corrêa e Sharma (2004), em estudo realizado com algodoeiro em plantio direto (Figura 4.2) no Cerrado, além de o sistema de rotação de cultura proporcionar boa produtividade, a palhada do milheto (*Pennisetum glaucum* R. Br.) também foi eficiente no controle de plantas daninhas. Entre as plantas daninhas identificadas pelos autores no levantamento feito na área de rotação, destacam-se: capim-colchão (*Digitaria horizontalis* Willd), braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), corda-de-violão (*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O’Donell), leiteira (*Euphorbia heterophylla* L.), papuã (*Brachiaria plantaginea* (L.) Hitchc.), pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e poaia (*Richardia brasiliensis* Gomes).

Legenda



Fonte:

De acordo com Beltrão, Azevedo e Nóbrega (2004), o controle biológico é um método pouco utilizado por agricultores brasileiros, no entanto, nos Estados Unidos, são utilizados gansos para o controle de gramíneas e ciperáceas após a emergência das plantas infestantes. As aves fazem um controle seletivo sem prejudicar o algodoeiro. Podem ser utilizados também inimigos naturais para combater as plantas daninhas, e as espécies mais eficientes são encontradas nas seguintes ordens de insetos: Hemiptera, Coleoptera, Thysanoptera, Lepidoptera, Diptera e Hymenoptera.

O controle químico é a principal técnica adotada na cotonicultura, principalmente devido ao cultivo estar relacionado a grandes áreas e, neste caso, o controle mecânico deve ser considerado, principalmente, em casos de complementação. Em suma, no manejo integrado, algumas medidas são essenciais, como a rotação de culturas (pode ser associada com a cobertura morta no sistema de plantio direto) ou o adequado preparo do solo. Contudo, antes de tudo, devem ser levados em conta os níveis ecológico e econômico de cada área de produção (FERREIRA et al., 2017).

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.), por sua vez, é uma das principais entre as culturas anuais no Brasil e pode se dividir em cultivos de sequeiro ou de terras altas e o cultivo irrigado. Ambos apresentam particularidades no manejo de plantas daninhas. No cultivo de sequeiro, adota-se o plantio após o início das chuvas ou o cultivo com irrigação suplementar e, além da necessidade de água, a presença de plantas infestantes é uma das principais limitantes da produtividade da cultura (OLIVEIRA NETO, 2015). Neste sistema, as principais competidoras são plantas do gênero *Brachiaria*, como capim-braquiária e capim-marmelada, e ainda espécies do gênero *Commelina* e *Ipomoea*, que chegam a afetar, além da produtividade, a colheita mecânica (STONE et al., 2001).

A utilização de espaçamentos menores e o aumento das densidades de plantas no plantio, por influenciarem a precocidade e intensidade de sombreamento, são procedimentos importantes no manejo (STONE et al., 2001). A capacidade das cultivares de arroz em sombrear o solo é fundamental no sucesso competitivo (BALBINOT JR. et al., 2003).

O cultivo irrigado, comum no Sul do país, principal produtor, apresenta épocas de plantio diferente do sequeiro, bem como utilizando-se também, além do sistema convencional, o cultivo mínimo, que prioriza o preparo antecipado do solo com semeadura direta, além do pré-germinado, que ocorre a semeadura de sementes pré-germinadas em áreas de terreno em nível, além da cobertura com uma lâmina de água entre 10 e 15 cm (OLIVEIRA NETO, 2015).

O principal infestante no cultivo irrigado é o arroz daninho (arroz-vermelho), e seu controle pode ser realizado com a utilização de cultivares

geneticamente modificadas, resistentes a herbicidas e propriamente adequadas à realização do controle químico. Stone et al. (2001) destacam que a competição com invasoras afeta o número de panículas (inflorescência) no arroz, assim, o período mais crítico de competição é quando estes são definidos, entre 14 e 42 dias após a emergência. Assim, este é o período que mais requer controle, o qual tem como principal técnica aliada a rotação de culturas, pois previne o surgimento de altas populações de invasoras.

A rotação de culturas, que poderá ser com soja ou sorgo, bem como a rotação dos tipos de herbicidas, favorecem o controle, além de diminuição de plantas resistentes. O plantio direto também pode ser adotado, embora menos comum. A técnica da inundação das áreas é uma das mais comuns e consiste na antecipação do preparo do solo, de um a dois meses antes, com sucessivas gradagens com rotativa e inundação da área de 15 a 20 dias antes da semeadura do arroz. A presença contínua da lâmina de água impede a germinação de sementes infestantes ainda presentes no solo (STONE et al., 2001).

Nos cultivos orgânicos, seja de sequeiro como irrigado, o manejo se baseia em evitar a entrada de plantas daninhas e, caso haja sua introdução, busca impedir sua multiplicação e disseminação por meio de sementes de qualidade, ajustar a densidade de semeadura para a área ser ocupada rapidamente pela cultura, ajustar época de semeadura para a região de plantio, planejamento do sistema de irrigação para manter a lâmina de água uniforme e permanente, antecipação do preparo de solo com aração e gradagem, a já mencionada rotação de culturas, além de pousio (THEISEN; ANDRES, 2010).

Há a possibilidade do manejo biológico, com rizipiscicultura, no qual se introduz a criação de peixes, como carpa-capim e húngara, nos arrozais, que proporcionam aporte de material orgânico e reduzem a densidade de plantas daninhas, visto que os peixes se alimentam de sementes e pequenas plântulas (THEISEN; ANDRES, 2010).

Dentre as espécies de plantas daninhas estudadas na lavoura de arroz, podemos citar o capim-arroz (*Echinochola* spp.), o angiquinho (*Aeschynomene rudis* Benth.), o junquinho (*Cyperus iria* L.), a tiririca amarela (*Cyperus esculentus* L.) e a sagitária (*Sagittaria montevidensis* Cham. & Schltld.) (ANDRÉS, 2019).

No Brasil, o feijão compreende diferentes espécies e, entre as principais, temos *Phaseolus vulgaris* L., *Vigna unguiculata* (L.) Walp e *Cajanus cajan* (L.) Huth, que são cultivadas em diferentes sistemas produtivos. E, embora diferentes, apresentam manejo de plantas daninhas semelhantes. Das 1.200 espécies de plantas daninhas com ocorrência em áreas agropecuárias no país, cerca de 32 têm importância econômica para o feijão, entre elas,

capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* (L.) Hitch), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), carrapicho de carneiro (*Acanthospermum hispidum* DC), picão preto (*Bidens pilosa* L.) e branco (*Galinsoga parviflora* Cav.), entre outras (COBUCCI et al., 1999).

O período crítico de competição no cultivo do feijão está entre a emissão da terceira folha e a floração. Para tanto, cabe realizar o controle preventivo, sendo sempre importante a utilização de sementes, esterco e compostos ou palha livres de propágulos de plantas daninhas, além de limpeza das máquinas e equipamentos utilizados. O arranjo espacial do cultivo e a época adequada de plantio são medidas que proporcionam cultivos mais capazes de competir com plantas daninhas (COBUCCI, 2014).

Pode-se realizar o controle químico, que é um método prático e eficiente, embora se deva priorizá-lo em períodos nos quais outros métodos têm baixa eficiência, como no período chuvoso. Lacerda et al. (2016) destacam que nenhum herbicida apresenta fitotoxicidade que cause efeitos significativos às plantas de feijão-comum, além de que as medidas mais eficientes de controle químico foram as combinações dos herbicidas Poquer+Ampló, Poquer+Flex, Verdict+Ampló, Fusilade+Flex e Verdict+Flex.

A capina manual, muito utilizada, envolve a movimentação do solo superficial, porém apresenta alto custo. Já a capina mecanizada é eficiente, mas é apenas indicada em sistemas com semeadura em linha e em covas bem alinhadas. A utilização de coberturas verdes, que consiste na adição de matéria por meio de adubos verdes, como mucuna (*Mucuna pruriens* L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), lablab (*Lablab purpureus* L.) ou o feijão-guandu (*Cajanus cajan* L.), também é capaz de reduzir a população infestante (COBUCCI, 2014).

Nesta seção, vimos que o manejo das plantas daninhas está totalmente relacionado ao ciclo das espécies agrícolas. Desse modo, continuaremos nosso estudo na próxima seção aprendendo mais sobre o manejo de culturas perenes.

## Sem medo de errar

Caro aluno, neste ponto do nosso estudo, você deverá demonstrar que ficou atento aos conteúdos abordados na seção, portanto relembre a situação: você verificou que o plantio de soja estava infestado com a planta daninha corda-de-violão (*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell). Além do mais, o agricultor relatou que estava ocorrendo embuchamento das colhedoras, gerando perda econômica, e que ele utilizava somente o controle mecânico para controlar as plantas daninhas durante o início do desenvolvimento da cultura da soja.

Portanto, baseado na sua avaliação, quais fatores afetam o manejo de plantas daninhas na soja? Qual é o efeito da planta daninha na colheita da soja? Quais estratégias de manejo podem ser indicadas antes e após a semeadura?

### **Quais fatores afetam o manejo de plantas daninhas na soja?**

Em sua análise, você deverá ressaltar que o controle de plantas daninhas de soja encontra-se relacionado a diversos fatores que devem ser considerados no manejo das plantas daninhas, como o período crítico de competição, que varia de quatro a seis semanas após a emergência, dependendo também da cultivar, dos fatores climáticos, do solo, do manejo e da época da semeadura.

### **Qual é o efeito da planta daninha na colheita da soja?**

As plantas daninhas podem causar efeitos danosos à cultura da soja ao longo do seu ciclo, e na fase de colheita não é diferente. Após a dessecação para a colheita, as plantas de soja ficam mais secas, o que, por sua vez, diminui a concorrência com as plantas daninhas, aumentando a incidências delas.

Espécies do gênero *Ipomoea*, como a corda-de-viola, requerem maiores cuidados na fase de colheita, pois podem acarretar alguns problemas, como embuchamento das colhedoras e quebra da navalha (componente da barra de corte da colheitadeira).

### **Quais estratégias de manejo podem ser indicadas antes e após a semeadura?**

Se as plantas daninhas tivessem sido manejadas desde o início da implantação da cultura, tal problema não seria tão evidenciado somente na fase da colheita, visto que, mesmo com o controle mecânico, muitas vezes, permanecem algumas sementes ou estruturas reprodutivas que podem continuar no solo, ocasionando o desenvolvimento e a proliferação de espécies invasoras. Portanto, como o agricultor só utiliza um método de controle, é recomendado que faça uso de outros ao mesmo tempo, visando aumentar a eficiência do controle de plantas daninhas. Assim, algumas estratégias de manejo são recomendadas para o manejo de plantas daninhas na cultura da soja antes e após a semeadura.

Antes da semeadura, algumas estratégias podem ser adotadas, como: escolha de áreas livres ou com baixa infestação de plantas daninhas; preparo do solo, pois, por meio da aração e gradagem, as plantas daninhas podem ser eliminadas, tornando favorável o recebimento das sementes da cultura, facilitando também a aplicação de herbicidas utilizados na pré-emergência; semeadura em época favorável à germinação, que contribui com o estabelecimento rápido da cultura, reduzindo, também, a germinação de sementes de plantas daninhas; uso de cobertura morta, que contribui com o estabelecimento rápido da cultura, reduzindo a germinação de plantas daninhas.

Após a semeadura da soja e antes da emergência de plantas daninhas, podem ser utilizados herbicidas pré-emergentes, e após a emergência de plantas daninhas, podem ser utilizados os pós-emergentes.

Vale ressaltar que, ao programar o uso de herbicida, é importante avaliar a seletividade para a cultura, bem como o espectro de controle. Por fim, também pode ser utilizada a rotação de culturas com milho, por exemplo, assim proporcionará a quebra do ciclo das plantas invasoras, que são mais comuns na soja.

## Avançando na prática

# Técnicas de controle cultural de plantas daninhas na cultura do milho

### Descrição da situação-problema

Você é consultor agrícola e trabalha prestando serviços voltados para atividades de campo, desse modo, um produtor de milho no estado do Paraná lhe contratou para avaliar sua propriedade. Primeiramente, você verificou que não havia problemas em relação à adubação e/ou ocorrência de pragas ou doenças. Portanto, você prosseguiu com sua análise e verificou que as condições do plantio apresentavam alta infestação de plantas invasoras, ocasionando pouco desenvolvimento da cultura. Além disso, na propriedade, era utilizado o híbrido Flash de folha ereta, com espaçamento convencional de 0,9 m. Baseado na sua visita técnica, o que estaria ocasionando pouco desenvolvimento da cultura do milho? Quais recomendações técnicas você daria ao produtor?

### Resolução da situação-problema

De acordo com sua análise, você verificou que a perda da produtividade está relacionada com a competição com as plantas daninhas. Portanto, você deve explicar ao produtor que o milho vai apresentar vantagem competitiva em relação à planta infestante, desde que se utilize o espaçamento adequado, que permite a cobertura do solo quando a cultura atingir seu pleno desenvolvimento vegetativo. Portanto, é recomendável que o produtor utilize espaçamento reduzido (0,45 m) em relação ao espaçamento convencional. Logo, a adoção de espaçamento reduzido é de grande importância para o controle de plantas daninhas, principalmente para híbridos com arquitetura mais ereta, como o híbrido Flash. Ao aliar os métodos adequados de manejo, é possível reduzir a quantidade de aplicação de herbicidas, garantindo menores custos de produção e menor contaminação do ambiente.

**1.** O algodoeiro é uma das culturas mais prejudicadas pelas plantas daninhas, podendo afetar o desenvolvimento da planta, bem como seu produto final. Ferreira et al. (2017) citam que as plantas daninhas no final do ciclo podem onerar os processos de colheita e beneficiamento, com destaque para as espécies corda-de-violão (*Ipomoea* spp.) e apaga-fogo (*Alternanthera tenella*).

Assinale a alternativa correta sobre o manejo de plantas daninhas na cultura do algodoeiro.

- a) O manejo integrado de plantas daninhas no algodoeiro deve ser realizado em último caso, visto que ocasiona perdas da produtividade da cultura.
- b) O algodoeiro pode ser associado à palhada no sistema de plantio direto, visando controlar plantas invasoras.
- c) Os métodos voltados para o cultivo orgânico são inviáveis.
- d) Sistemas de rotação de cultura proporcionam baixa produtividade, e a palhada do milho é eficiente no controle de plantas daninhas.
- e) Em grandes áreas, o controle mecânico por meio de cultivadores é a principal técnica adotada na cotonicultura.

**2.** A cultura do arroz possui destacada importância econômica e alimentar no país e tem como principal produtor a região Sul. A competição de plantas daninhas com a cultura é especialmente prejudicial no período de 14 a 42 dias após a emergência, o chamado período crítico.

No caso da cultura do arroz, por que o período entre 14 e 42 dias é o que representa maior necessidade de controle, a fim de não impactar a produtividades da cultura?

- a) Porque é quando o arroz daninho tem maior crescimento.
- b) Porque é o período que métodos de controle químicos são proibidos.
- c) Porque as plantas daninhas de primeiro fluxo já são vigorosas.
- d) Porque é quando são definidos o número de panículas das plantas de arroz.
- e) Porque é quando as cultivares geneticamente modificadas estão em desvantagens competitivas.

**3.** Avalie as afirmativas a seguir sobre técnicas de manejo de plantas daninhas voltadas para culturas anuais:

- I. O principal infestante no cultivo irrigado é o arroz daninho (arroz-vermelho), e seu controle pode ser realizado com utilização de cultivares geneticamente modificadas.
- II. Na cultura do algodoeiro, pode ser utilizado o controle biológico por meio de inimigos naturais, como insetos das ordens Hemiptera, Coleoptera, Hymenop-

tera, entre outras.

- III. O período crítico de competição varia de quatro a seis semanas após a emergência na cultura da soja.
- IV. A utilização de coberturas verdes consiste na adição de matéria por meio de adubos verdes e auxilia na proliferação de plantas infestante no feijão.
- V. No milho, a capina mecanizada pode ser realizada logo após a semeadura, de preferência em dias de baixa temperatura e com o solo úmido.

Assinale a alternativa que contém somente as afirmativas corretas:

- a) Apenas I e II estão corretas.
- b) Apenas I, II e III estão corretas.
- c) Apenas III e IV estão corretas.
- d) Apenas IV e V estão corretas.
- e) Apenas I, III e V estão corretas.

## Introdução ao manejo de plantas daninhas das principais culturas perenes e outros cultivos

### Diálogo aberto

Caro aluno, vamos avançar no estudo de manejo de plantas daninhas em culturas perenes e florestais! Os cultivos agrícolas passaram por diversos incrementos tecnológicos desde a revolução verde, o que têm proporcionado grandes ganhos de produtividade nos sistemas de produção agrícola, pecuário e florestal. No entanto, dentre os fatores que interferem negativamente, tem-se as perdas ocasionadas pelas plantas daninhas, desse modo, o manejo é um componente importante em muitos agroecossistemas (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012).

Como vimos no início da unidade, você é engenheiro agrônomo e especialista em manejo de plantas daninhas nos principais cultivos de importância econômica. O seu contrato é para trabalhar com uma multinacional de produtos químicos, com foco na resolução de problemas relacionado ao controle de plantas daninhas na região do Mato Grosso. Deste modo, você trabalha no projeto intitulado “Eficiência do manejo de plantas daninhas e tecnologia de aplicação de herbicidas” e deverá realizar a segunda etapa do estudo, propondo o manejo de plantas daninhas em culturas perenes e florestais.

Neste contexto, você foi realizar a análise da segunda propriedade agrícola localizada no Mato Grosso, a qual possui a tangerina (*Citrus reticulata* Blanco) como principal cultura implantada, além do projeto inicial de plantio de mudas de eucalipto (*Eucalyptus* spp.).

Ao chegar na propriedade, o agricultor relatou que a região não estava com regime hídrico normal, visto que no ano choveu bem menos que o esperado para região, além do mais, as plantas estavam produzindo poucos frutos. Desse modo, ao verificar melhor a área, você notou que o plantio de tangerina estava com grande abundância de plantas daninhas. Já em outro ponto da fazenda, as mudas de eucalipto estavam apresentando baixo desenvolvimento para os dois primeiros anos de plantio devido à germinação e propagação de várias plantas invasoras.

Baseado na sua análise, as condições ambientais apresentadas estariam interferindo na competição das plantas daninhas com a tangerina? Quais métodos de controle você indicaria para as plantas de tangerina e eucalipto?

Nessa parte do material, estudaremos diversos conteúdos que abrangem especificamente o manejo de plantas daninhas em culturas agrícolas perenes (cana-de-açúcar, café, citros, gramados e pastagens) e cultivos florestais.

Dedique-se aos estudos e boa leitura!

## Não pode faltar

Aluno, nesta seção, seguiremos estudando sobre o manejo de plantas daninhas de culturas de grande importância econômica, incluindo as principais culturas agrícolas perenes e de espécies florestais. Portanto, aprenderemos especificamente sobre o controle de plantas invasoras na cultura da cana-de-açúcar, café, citros, pastagem, gramado, eucalipto e pinus.

As plantas daninhas podem afetar a cultura da **cana-de-açúcar** (*Saccharum officinarum* L.) de maneira direta ou indireta. A forma direta se dá pela competição por água, luz, nutrientes e pela liberação de substâncias alelopáticas, que afetam negativamente a germinação e o desenvolvimento da planta cultivada. Já a forma indireta ocorre quando as plantas daninhas hospedam insetos-pragas e patógenos, dificultando o processo de colheita e causando perda da qualidade do produto final (BRIGHENTI, 2010).

Na cultura da cana, são encontradas mais de mil espécies de plantas invasoras em todo mundo, no entanto, algumas apresentam maior ocorrência e também maior severidade devido aos danos que causam. Dentre as espécies principais, podemos citar: corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.) e capim-colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.) (ROSSETTO; SANTIAGO, 2018).

As medidas de manejo devem ser realizadas da forma mais eficiente possível, integrando diversos métodos, como o cultural, mecânico e químico. O último citado (método químico) é de grande utilização entre os produtores de cana – e demais culturas –, sendo utilizado, principalmente, nas fases de pré e pós-emergência de plantas daninhas. Os herbicidas de pré-plantio visam reduzir o banco de sementes de plantas invasoras no solo e, conseqüentemente, a emergência destas (NICOLAI, 2009).

É recomendável utilizar rotação de culturas e herbicidas que possuem mecanismos de ação diferentes, visando reduzir a população dessas plantas. Essa prática também é viável para evitar a seleção de biótipos de espécies de plantas infestantes resistentes e tolerantes.

O controle cultural nem sempre reduz a população das plantas invasoras a níveis suficientes, porém pode auxiliar na diminuição dos danos ocasionados

por elas. Alguns tipos de controle são praticados nessa categoria, como: escolha de cultivar ou variedade vigorosa e de rápido crescimento, correção da acidez do solo e adubação, preparo do solo, manejo populacional, tratos culturais e rotação de culturas. A estratégia de utilizar espaçamentos menores entrelinhas possibilita a supressão das plantas daninhas pelas plantas de cana, uma vez que a planta cultivada cobre de maneira mais rápida o solo, e o dossel formado pelas plantas forma uma barreira para passagem da luz, o que pode ser otimizado com a adoção de um sistema de plantio com mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. Na rotação de culturas, devem ser utilizadas espécies que produzam significativa biomassa e que possuam crescimento acelerado e sistema radicular profundo. Por fim, no método mecânico, as capinas devem ser realizadas com cuidado, visto que as raízes da planta são rasas e podem ser facilmente danificadas (BRIGHENTI, 2010).

Dentre os controles cultural e mecânico, a operação quebra-lombo é uma boa alternativa para o controle de plantas daninhas em cultivos de cana, sendo realizada após a emergência da cultura, entre 60 e 90 dias após o plantio (DAP). Essa operação é associada ao controle químico, sendo efetuada por meio da aplicação de herbicidas pré-emergentes, com o objetivo de manter o plantio livre de plantas infestantes até o completo fechamento das entrelinhas pela cultura (SILVA, 2018).

Segundo Brighenti (2010), o controle químico possui algumas vantagens em relação à eficácia de controle das plantas daninhas, como a economia de mão de obra e a rapidez na aplicação, no entanto, para atingir resultados esperados, deve ser realizado conforme as técnicas adequadas de aplicação (veremos com mais detalhes na próxima seção).

Os herbicidas são recomendados de acordo com a fase de aplicação (pré e pós-emergência), o grupo de planta daninha (folhas largas ou estreitas) e as características da textura do solo (argiloso ou arenoso, por exemplo). Em um trabalho realizado para o controle de plantas daninhas em lavoura comercial de cana-soca, os herbicidas metribuzin e trifloxysulfuron + diuron, ametrina, diuron + hexazinone, amicarbazone e sulfentrazone foram eficientes no controle de todas as espécies invasoras (FOLONI, 2011).

Com relação ao período crítico de prevenção à interferência da cana, ele está situado, em média, entre 30 e 100 dias após a deposição dos colmos, conhecidos como “toletes” (NICOLAI, 2009). Portanto, é neste período que as práticas de controle devem ser efetivamente adotadas.



## Saiba mais

O processo de colheita da cultura da cana vem se modificando ao longo dos anos, principalmente devido a fatores da legislação ou conscientização ambiental, passando, portanto, da queima tradicional para a colheita da cana-crua. Nesse contexto, as técnicas de manejo adotadas para a cana-crua implicam na adoção de maiores espaçamentos entre linhas, bem como a adição de palha à superfície do solo, o que, por sua vez, influencia na ocorrência de plantas infestantes e na fertilidade dos solos. Desse modo, o controle de plantas daninhas em condições de cana-crua possui menor dependência do uso de herbicidas, devido a uma maior quantidade de palha oriunda da colheita da cana-de-açúcar, resultando, também, no aumento da qualidade e fertilidade do solo.

FERREIRA, E. A. Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 915-925, 2010.

A infestação de plantas daninhas no **café** (*Coffea* sp.), assim como para demais culturas, depende de condições climáticas, características do solo, tipo de exploração e sistema de manejo. Dessa forma, para o manejo das plantas daninhas, é importante estar atento ao período em que elas causam maior perda de produção na cultura cafeeira, como em épocas de maior pluviosidade e temperatura, ou seja, épocas em que ocorre o florescimento e se inicia a fase de maturação dos frutos (SANTOS et al., 2014).

De acordo com Santos et al. (2014), no que se refere à fase de desenvolvimento da cultura, os cafeeiros que estão em formação (por volta de até dois anos de idade) podem sofrer maior competição com as plantas invasoras do que em lavouras adultas, devido à existência de uma grande área com solo descoberto, o que, por sua vez, contribui com o desenvolvimento de plantas invasoras, sem falar também que cafeeiros mais novos são mais sensíveis aos efeitos da competição. Portanto, para lavouras muito jovens, é considerado um período crítico de competição de plantas daninhas até os primeiros dois anos de idade (RONCHI, 2002).

As capinas no cafezal não podem ser profundas e devem ser realizadas, principalmente, durante o período seco, deixando a área livre de plantas daninhas, a fim de se evitar a competição por água. Já no período chuvoso, recomenda-se limpar apenas as linhas do cafeeiro e manter as ruas com o mato roçado (COSTA, 1998).

Para Santos et al. (2014), o controle cultural pode ser realizado envolvendo o espaçamento do cafeeiro, as culturas intercalares, o sistema consorciado e as plantas de cobertura. O adensamento do cafeeiro contribui com o

controle de plantas daninhas, visto que, conforme o avanço da cultura, a faixa que vai ser capinada passa a ser reduzida. Culturas anuais ou de ciclos curtos podem ser plantadas nas estrelinhas do cafezal, reduzindo a necessidade de capinas devido à cobertura da área, podendo ser arroz, feijão, milho, entre outras. No sistema de consórcio, pode ser adotado o sistema agroflorestal ou de arborização, que promove o sombreamento do cafeeiro e, conseqüentemente, contribui com a diminuição das plantas daninhas. Por fim, as plantas de cobertura, além de controlarem as plantas daninhas, também melhoram a qualidade física, química e biológica do solo.

O manejo integrado de plantas infestantes na cultura do café busca implementar medidas preventivas. Dessa forma, para esse sistema de manejo ser eficiente, alguns fatores devem ser considerados, incluindo: características da cultura e das espécies infestantes; se a propriedade agrícola dispõe de maquinário e implementos; se possui produtos químicos ou condições para aquisição deles; oferta de mão de obra; conhecimento sobre as propriedades do solo e do clima; e informações sobre o mercado e recursos financeiro do produtor. O manejo integrado de plantas daninhas permite associar as vantagens de cada sistema de controle de acordo com as condições locais, os atributos de cada método, além da disponibilidade de recursos específicos (SANTOS et al., 2004).

Com relação aos sistemas orgânicos, devem ser utilizados herbicidas formulados a partir de moléculas extraídas de microrganismos e de plantas. No entanto, ainda existem dificuldades na comercialização desses produtos devido à complexidade de obtenção dessas moléculas, por apresentarem muita instabilidade e ocorrerem em baixas concentrações nos organismos e no ambiente. Portanto, faz-se necessário a implementação de maiores pesquisas e investimentos financeiros para tornar viável sua produção (SANTOS et al., 2014).

Dentre as plantas daninhas que ocorrem na cultura do café, tem-se: as de folhas estreitas, capim-navalha (*Scleria secans* (L.) Urban), capim-amargoso (*Digitaria insularis* L. Mez & Ekman) e capim colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.). Já entre as folhas largas, trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), beldroega (*Portulaca oleracea* L.) e erva-de-santa-luzia (*Euphorbia brasilienses* Lam.) (COSTA et al., 2003).



### Assimile

A utilização de um único sistema de manejo não resolverá o controle de plantas infestantes com eficiência, de modo que seja economicamente viável e ambientalmente seguro por conta da existência de grande variação de como as populações de plantas daninhas se apresentam.

Portanto, não existe uma recomendação ideal de manejo, sendo a melhor alternativa aquela que trará eficiência de controle e que gere benefícios para a lavoura, para o meio ambiente e para o produtor (SANTOS et al., 2004).

A **citricultura** possui grande valor econômico no cenário brasileiro devido ao seu potencial de exportação e de geração de empregos. O grupo citros é formado por um grande grupo de espécies, incluindo o grupo das laranjas, dos limões, das tangerinas e da lima-ácida, das quais demandam diversos tipos de manejo (DURIGAN; TIMOSS, 2002).



### Refleta

Vimos, ao longo deste livro, que as plantas daninhas causam diversos danos aos cultivos. Assim, dependendo dos fatores do ambiente e dos recursos econômicos disponíveis, é mais viável eliminar essas plantas ou criar condições para melhorar a convivência com as culturas agrícolas?

O controle das plantas daninhas nos pomares cítricos ocorre, principalmente, pela integração de métodos químico e mecânico e, em ambos os controles, deve-se considerar o período crítico de interferência de plantas daninhas, que varia conforme a região.



### Exemplificando

Como exemplo, no Nordeste do Brasil (Bahia e Sergipe), esse período ocorre entre os meses de setembro-outubro e março-abril; já em São Paulo, situa-se entre os meses de outubro-novembro e janeiro-fevereiro. Em regiões de clima mais seco, durante o período crítico, o pomar deve permanecer livre de plantas infestantes, para prevenir a competição por água, visto que este é um dos principais fatores limitantes à produção de citros (CARVALHO; LUCENA; XAVIER, 2017).

Os custos do controle mecânico ou químico das plantas daninhas ficam concentrados durante o período crítico. Assim, durante o resto do ano, esse tipo de controle fica dispensado, desde que a convivência entre plantas companheiras e a cultura não causem perdas significativas de produtividade. As plantas companheiras são plantas invasoras ou cultivadas que permitem que o sistema seja manejado de forma mais sustentável, visto que protegem o solo contra erosão, compactação e aquecimento. Essas plantas fornecem

matéria orgânica ao solo, promovendo a ciclagem de nutrientes às camadas superficiais do solo, funcionando também como quebra-vento. Fora do período crítico, as plantas daninhas produtoras de flores podem ser mantidas no pomar, visto que apresentam condições para multiplicação e manutenção dos inimigos naturais das pragas-chave.

De acordo com Carvalho et al. (2017), a cobertura morta contribui no controle de plantas daninhas, visto que funciona como uma barreira física para o desenvolvimento das plantas infestantes. Neste sentido, é importante o uso de coberturas vegetais (Figura 4.3) que produzam resíduos que se decomponham mais lentamente, já que têm a capacidade de manter a proteção do solo por um período mais longo. Essa ação contribui com a diminuição do uso excessivo de herbicidas nos pomares, estando em conformidade com os princípios do manejo integrado.

Legenda



Fonte:

Na escolha do herbicida, devem ser levados em consideração o modo de ação e o método de aplicação dos herbicidas. Os produtos à base de glifosate são os mais utilizados para as espécies cítricas, visto que permitem a formação de cobertura morta para o controle de plantas daninhas, viabilizando também o sistema de produção integrada de citros (CARVALHO; LUCENA; XAVIER, 2017).

Algumas plantas, como a erva-quente (*Spermacoce Latifolia* Aubl.), a trapoeraba (*Commelina Benghalensis* L.) e o agriãozinho (*Synedrellopsis grisebachii* Hieron & Kuntze), são exemplos de plantas que possuem tolerância ao glifosate devido ao histórico de aplicação repetida desse herbicida em diversas propriedades, desse modo, recomenda-se a rotação de herbicidas para eficiência do controle (DURIGAN; TIMOSSO, 2002).

Para o controle de plantas daninhas em **pastagem**, devem ser tomadas algumas medidas de controle, como a escolha da área para formação da pastagem, a qual deve apresentar baixa infestação de plantas daninhas, sendo necessário cuidado na escolha de sementes da forrageira.

O manejo do solo, além de colaborar com a formação da pastagem, também contribui com o controle eficaz das plantas daninhas antes da formação da pastagem. Adubações de manutenção também auxiliam no aumento da capacidade competitiva da planta forrageira em relação à planta infestante (FONTES et al., 2011).

A roçada (manual ou mecânica) é a prática mais utilizada no controle mecânico, sendo executada na formação da pastagem. No entanto, durante a manutenção da pastagem, o uso exclusivo de roçado associado ao manejo inadequado contribui com o aumento da infestação da planta daninha, visto que a poda da parte aérea fortalece o sistema radicular (PEREIRA et al., 2011). De acordo com Fontes et al. (2011), o controle mecânico deve ser realizado quando as plantas daninhas ainda estiverem em estágios iniciais de crescimento e antes da produção de sementes.

Segundo Pereira et al. (2011), no controle químico, o herbicida deve apresentar seletividade à planta forrageira, de modo que não comprometa o rendimento. Pelo fato das pastagens apresentarem uma vasta diversificação de espécies, recomenda-se a mistura de herbicidas com dois princípios ativos. Por fim, recomenda-se mais de um método de controle, para que, assim, o manejo seja realmente eficaz e, em espécies de difícil controle, a interação entre os métodos mecânico e químico tem apresentando interação positiva.

Com relação ao **gramado**, este é constituído por uma camada de plantas rasteiras formada por gramíneas. No entanto, a infestação de plantas daninhas neste tipo de cultivo ocasiona perda de qualidade estética em gramados que possuem finalidade ornamental.

Deste modo, o controle preventivo se apresenta como uma importante alternativa de controle de plantas daninhas, portanto algumas ações podem ser implementadas, tais como uso de sementes puras, estolões, mudas e placas de grama sem ervas daninhas, além do mais, os equipamentos devem ser limpos logo após o uso (KUHN, 2004).

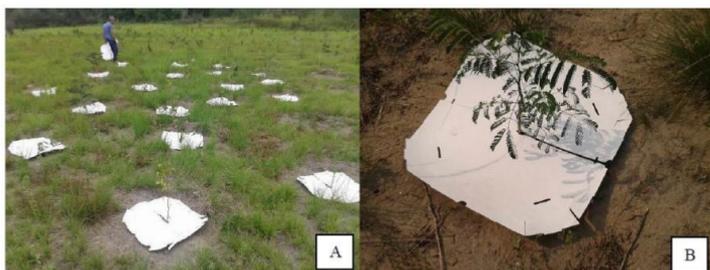
As práticas culturais contribuem para o desenvolvimento de um gramado denso e vigoroso, incluindo aeração, adubação do solo e manutenção de níveis adequados de umidade. Com o gramado bem formado e estabelecido, os raios solares são impedidos de chegar até a superfície do solo, evitando a germinação de plantas daninhas. Portanto, é recomendável que a altura do corte seja a mais alta possível, para assim manter o gramado bem fechado (KUHN, 2004).

Cabe ressaltar que as plantas daninhas causam efeitos negativos adversos não somente em culturas agrícolas mas também em espécies florestais de importância econômica, como espécies dos **gêneros Eucalyptus e Pinus**. No Brasil, as áreas degradadas, geralmente, são recuperadas por meio do reflorestamento, no entanto esses locais apresentam um histórico de uso da terra voltado para a produção de pastagem, a qual contém gramíneas que competem por recursos essenciais no desenvolvimento de espécies arbóreas, sendo o gênero *Urochloa* (as braquiárias) um dos mais prejudiciais em áreas de reflorestamento (SANTOS; SILVA, 2018).

Dessa forma, em cultivos florestais, o período que deve ser dada maior atenção no manejo de plantas daninhas é no primeiro e no segundo anos de implantação, visto que as plantas daninhas competem por água, nutrientes, espaço físico e luz, além de aumentar os riscos de incêndios (TOLEDO, 2015).

De acordo com Santos e Silva (2018), o controle de plantas daninhas em áreas de reflorestamento, geralmente, é realizado pelo coroamento manual da muda reforçado com roçadeiras motorizadas, sendo essa prática estendida após dois anos, demandando altos custos para a sua realização, visto que necessita do uso de muita mão de obra. Embora o uso de herbicidas seja uma maneira mais prática e rápida quando comparado com o controle mecânico, ainda são ausentes legislações que respaldem o uso desses produtos em cultivos de espécies florestais.

Dentre os tipos de controle físico, pode ser adotado o uso de chapas de papelão sobre o solo, que forma uma coroa em volta da muda (Figura 4.4). Esse método impede a germinação e o desenvolvimento de plantas invasoras. Segundo Gonçalves (2016), o coroamento com o papelão proporciona uma economia de até 50% no custo de manutenção quando comparado ao coroamento com enxada.



Fonte:

Segundo Cordeiro et al. (2015), o uso de diversas atividades, como cultivo agrícola, florestal e animal, contribui com a diversificação vegetal, possibilitando um manejo mais racional de plantas invasoras, contribuindo com a diminuição do aparecimento de espécies resistentes a herbicidas. Desse modo, os sistemas de integração lavoura-pecuária e de integração lavoura-pecuária-floresta, quando bem conduzidos, contribuem com a conservação da estrutura e fertilidade do solo e, conseqüentemente, com a melhoria de aspectos ambientais da área, como elevação da qualidade da água, acúmulo de carbono no solo e produção de biomassa vegetal (madeira), que, por sua vez, contribui com a redução dos gases de efeito estufa.

Nesta seção, podemos aprender ainda mais sobre o controle de plantas daninhas em cultivos de importância econômica. No próximo conteúdo, aprenderemos sobre as melhores formas para aplicação de herbicidas segundo os fatores ambientais e tecnológicos.

## Sem medo de errar

Caro aluno, neste ponto da leitura, você deverá demonstrar que ficou bem atento aos conteúdos abordados na seção.

Você realizou a análise da segunda propriedade agrícola localizada no Mato Grosso, a qual possui a tangerina (*Citrus reticulata* Blanco) como principal cultura implantada, além do projeto de plantio de mudas de eucalipto (*Eucalyptus* spp.). Ao chegar na propriedade, o agricultor relatou que a região não estava com regime hídrico normal, visto que, durante o ano, choveu bem menos que o esperado para a região, além de que as plantas estavam produzindo poucos frutos. Desse modo, ao verificar melhor a área, você notou que o plantio de tangerina estava com grande abundância

de plantas daninhas, e no outro ponto da fazenda, as mudas de eucalipto estavam apresentando baixo desenvolvimento para os dois primeiros anos de plantio devido à germinação e propagação de várias plantas invasoras.

### **Baseado na sua análise, as condições ambientais apresentadas estariam interferindo na competição das plantas daninhas com a tangerina?**

Como o regime hídrico da propriedade estava abaixo do estado normal, ao realizar sua análise, você notou que, provavelmente, estava ocorrendo competição por água entre as plantas daninhas e a tangerina e isso, conseqüentemente, causou queda da produtividade dos frutos. Em regiões de clima mais seco, principalmente durante o período crítico, o pomar deve permanecer livre de plantas infestantes, para prevenir a competição por água, visto que este é um dos principais fatores limitantes da produção de citros.

### **Quais métodos de controle você indicaria para as plantas de tangerina e eucalipto?**

Na citricultura, o controle das plantas daninhas nos pomares ocorre, principalmente, pela integração de métodos químico e mecânico, e ambos devem ser realizados levando em conta o período crítico. O controle mecânico pode ser feito pela capina manual ou mecânica, e o químico, pelo uso de herbicidas, sendo o glifosate um dos mais usados.

Na escolha do herbicida, devem ser levados em consideração o modo de ação e o método de aplicação dos herbicidas. Os produtos à base de glifosate são os mais utilizados para as espécies cítricas, visto que permitem a formação de cobertura morta para o controle de plantas daninhas, viabilizando também o sistema de produção integrada de citros.

A cobertura morta contribui no controle de plantas daninhas, uma vez que funciona como uma barreira física para o desenvolvimento das plantas infestantes. Neste sentido, é importante o uso de coberturas vegetais que produzam resíduos que se decomponham mais lentamente, já que têm a capacidade de manter a proteção do solo por um período mais longo. Dessa forma, essa ação contribui com a diminuição do uso excessivo de herbicidas nos pomares, estando em conformidade com os princípios do manejo integrado.

O controle de plantas daninhas no plantio de eucalipto pode ser realizado pelo coroamento manual da muda reforçado com roçadeiras motorizadas, sendo esta prática estendida após dois anos, demandando altos custos para a sua realização, já que necessita do uso de muita mão de obra. Embora o uso de herbicidas seja uma maneira mais prática e rápida quando comparado com o controle mecânico, ainda são ausentes legislações que respaldem o uso

desses produtos em cultivos de espécies florestais.

Dentre os tipos de controle físico, pode ser adotado o uso de chapas de papelão sobre o solo, que forma uma coroa em volta da muda. Tal método impede a germinação e o desenvolvimento de plantas invasoras.

Por fim, vimos que existem diversos tipos de manejo para cada tipo de cultura, assim, aqueles que utilizam diversas atividades (cultivo agrícola, florestal e animal, por exemplo) auxiliam na diversificação vegetal da propriedade agrícola, possibilitando um manejo mais racional de plantas invasoras, contribuindo com a diminuição de espécies resistentes a herbicidas. Desse modo, sistemas alternativos (como a integração lavoura-pecuária e a integração lavoura-pecuária-floresta) quando bem conduzidos, contribuem com a conservação da estrutura, a fertilidade do solo e, conseqüentemente, a melhoria de aspectos ambientais da área, como a qualidade da água, o acúmulo de carbono no solo e a produção de biomassa vegetal (madeira), que, por sua vez, contribui com a redução dos gases de efeito estufa.

## Avançando na prática

# Matocompetição em cultivo de espécies arbóreas

### Descrição da situação-problema

Você é engenheiro agrônomo e foi contratado para trabalhar em um projeto de recuperação de áreas degradadas de uma mineradora. A empresa possui passivo ambiental devido à sua atividade, desse modo, deverá fazer a compensação ambiental do seu empreendimento. Diante disso, você conduzirá o projeto de reflorestamento, que já se encontra no primeiro ano de execução. Ao visitar a área, você constatou a morte de várias mudas de espécies arbóreas, principalmente, pela competição de plantas daninhas, já que não foi feito o controle do mato no início do plantio, assim, quais medidas você recomendará para sanar o problema de infestação de plantas daninhas na área de reflorestamento?

### Resolução da situação-problema

Você deverá especificar no projeto que, no Brasil, as áreas degradadas, geralmente, são recuperadas por meio do reflorestamento. Em cultivos florestais, o período que deve ser dada maior atenção no manejo de plantas daninhas é no primeiro e no segundo anos de implantação, visto que as plantas daninhas competem por água, nutrientes, espaço físico e luz, além de aumentarem os riscos de incêndios. Portanto, para o manejo da área com plantas

infestantes, algumas medidas de controle são indicadas em áreas de reflorestamento, como o coroamento manual da muda reforçado com roçadeiras motorizadas, sendo essa prática estendida após dois anos, demandando altos custos para sua realização, visto que necessita do uso de muita mão de obra. Embora o uso de herbicidas seja uma maneira mais prática e rápida quando comparado com o controle mecânico, ainda são ausentes legislações que respaldem o uso de herbicidas em cultivos de espécies florestais.

## Faça valer a pena

**1.** As culturas agrícolas possuem certos períodos do seu ciclo de vida que são mais sensíveis aos efeitos adversos de plantas daninhas, e são neles que as plantas invasoras encontram boas condições para competir por luz, água, nutrientes, entre outros.

Qual é o principal período que o produtor de café deve se atentar em relação à competição com plantas invasoras?

- a) Apenas nos seis primeiros meses de idade da planta.
- b) No primeiro ano de plantio.
- c) Até o terceiro ano de produção.
- d) Até dois anos de idade da planta.
- e) Quando a planta atingir dois anos e meio de idade.

**2.** No Brasil, diversas plantas daninhas estão se tornando resistentes aos diversos mecanismos de ação presentes nos herbicidas disponíveis no mercado. Pensando nessa problemática, diferentes estratégias de controle de plantas invasoras são utilizadas, sendo, geralmente, recomendadas ao menos duas técnicas de controle distintas.

Baseado na descrição do texto-base, assinale a alternativa correta sobre o controle de plantas daninhas em pastagem e gramado.

- a) Para o controle de plantas daninhas em pastagem, é necessária roçagem na fase final do ciclo da cultura.
- b) As práticas culturais não são viáveis em gramado devido ao alto custo, desse modo, só é recomendado o controle químico pelo uso de herbicidas.
- c) Na pastagem, a roçagem é a prática mais utilizada no controle mecânico, sendo executada na formação da pastagem.
- d) As pastagens apresentam poucas espécies de plantas daninhas associadas ao plantio, logo, nesta cultura, não são utilizados herbicidas para o controle.
- e) Em gramados, é recomendável que a altura do corte seja a mais rasa possível para eliminação das plantas daninhas.

**3.** As plantas infestantes podem afetar a cultura da cana-de-açúcar de maneira direta ou indireta. A forma direta se dá pela competição por água, luz e nutrientes e pela liberação de substâncias alelopáticas, as quais inibem o crescimento e afetam a germinação e o desenvolvimento da planta cultivada. Já a forma indireta ocorre quando as plantas daninhas hospedam insetos-pragas e patógenos, dificultando o processo de colheita e causando perda da qualidade do produto final.

Sobre o manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, assinale a questão correta.

- a) Espaçamento maiores contribuem para o crescimento rápido da cana e, consequentemente, a planta fica mais competitiva em relação à planta infestante.
- b) Na rotação de cultura, são preferíveis espécies de sistema radicular raso, evitando, assim, a competição de águas e nutrientes com a cultura da cana.
- c) No controle mecânico, devem ser utilizadas capinas profundas para impedir o desenvolvimento de plantas invasoras com raízes pivotantes.
- d) Na escolha do herbicida, o único fator relevante se refere ao grupo de planta daninha, como a de folhas largas ou estreitas.
- e) O controle cultural nem sempre reduz a população das plantas invasoras a níveis suficientes, porém pode auxiliar na diminuição dos danos.

## Tecnologia de aplicação de herbicidas para maior eficácia de aplicação

### Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção, vamos aprender sobre o uso de tecnologias, visando a uma melhor eficiência no controle químico de plantas daninhas. Como visto nas seções anteriores, o controle por meio de produtos sintéticos é um dos mais utilizados em lavouras anuais e permanentes no Brasil, deste modo, estratégias que buscam a otimização do uso de herbicidas devem ser adotadas nos campos agrícolas.

De modo geral, segundo a Associação Nacional de Defesa Vegetal, até 70% dos produtos pulverizados nas lavouras podem ser desperdiçados devido ao escorrimento do produto, à deriva descontrolada e às práticas de aplicação inadequada. Portanto, é necessário que o uso de defensivos agrícolas seja efetuado de forma correta, segura e com uso de mão de obra especializada (ANDEF, 2010).

O nosso aprendizado desta aula também será baseado na situação apresentada no início da unidade, portanto vamos lembrar: você é engenheiro agrônomo e especialista em manejo de plantas daninhas em uma multinacional de produtos químicos, voltada para a resolução de problemas relacionados ao controle de plantas daninhas na região do Mato Grosso. Na empresa, você trabalha no projeto intitulado “Eficiência do manejo de plantas daninhas e tecnologia de aplicação de herbicidas” e deverá realizar a última etapa do estudo avaliando aspectos sobre **tecnologia de aplicação**. Neste contexto, você foi avaliar uma terceira propriedade, que tem como foco a produção de milho, visto que o produtor relatou que estava ocorrendo redução do rendimento de grãos da cultura, assim, ao realizar o diagnóstico da área, você verificou que as plantas estavam apresentando sintomas de toxicidade por herbicidas, devido aos efeitos da deriva, visto que, durante o manejo da aplicação, você percebeu que estava ocorrendo o escorrimento do produto para o solo, e a aplicação estava sendo realizada com altos volumes e gotas grandes.

Diante da situação apresentada, como ajustar a aplicação do herbicida na fazenda? É necessário que o produtor aplique grande volume de herbicida e com gotas grandes? Quais são as melhores condições ambientais para aplicação dos herbicidas? Como realizar a aplicação de herbicida de maneira eficaz e que gere menos impacto ao meio ambiente?

Para responder a esses questionamentos, é importante que você se dedique ao estudo desta seção, portanto estudaremos sobre equipamentos e métodos de aplicação de herbicidas; formulações de herbicidas e adjuvantes; calibração de pulverizadores e condições para aplicação; entendendo, também, os aspectos que contribuem com a deriva em culturas e a diagnose de injúrias causadas pelos herbicidas. Boa leitura e bom estudo!

## Não pode faltar

Caro aluno, vamos aprender sobre os principais aspectos relacionados à aplicação de herbicidas! Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos Voltados para a Defesa Vegetal (SINDIVEG, 2018), 60% dos defensivos agrícolas utilizados no Brasil são constituídos por herbicidas, sendo o glifosato e seus sais os campeões no ranking de ingredientes ativos mais vendidos no país, atingindo 173.150,75 toneladas em 2017 (IBAMA, 2018).

Diante do quadro de usos de herbicidas no país, o manejo da aplicação deve ser realizado de forma que se evite o desperdício, otimizando o uso de tecnologias disponíveis. Portanto, para maior eficácia de aplicação, diversos fatores devem ser considerados, dentre eles: climáticos (umidade, velocidade do vento e temperatura), características do solo, aspectos referentes ao hospedeiro e princípio ativo, condições do maquinário e mão de obra qualificada para operação. Por fim, outro fator é o estágio fenológico da planta invasora, visto que, em função deste fator, também são estimados o volume e o modo de aplicação, bem como a escolha dos maquinários.



### Exemplificando

Como exemplo, herbicidas sistêmicos não necessitam de cobertura total das folhas, devido à sua alta capacidade de translocação (SHIRATSUCHI; FONTES, 2002).

Algumas condições climáticas devem ser consideradas na aplicação do herbicida, visto que a temperatura e, principalmente, a umidade do ar contribuem para a evaporação rápida das gotas. Deste modo, algumas condições limites devem ser seguidas, como: umidade relativa do ar com mínima de 55%; velocidade do vento de 3 a 10 km/h; e temperatura abaixo de 30 °C (ANDEF, 2010).



## Assimile

Antes de prosseguir com os nossos estudos, vamos compreender alguns conceitos que são norteadores no estudo de tecnologia de aplicação.

“A **pulverização** é um processo físico-mecânico de transformação de uma substância líquida em partículas ou gotas; **aplicação** é a deposição de gotas sobre um alvo desejado, com tamanho e densidade adequadas ao objetivo proposto; **regular** consiste em ajustar os componentes da máquina às características da cultura e produtos a serem utilizados, como ajuste da velocidade, tipos de pontas, espaçamento entre bicos, altura da barra etc.; **calibrar** consiste em verificar a vazão das pontas, determinar o volume de aplicação e a quantidade de produto a ser colocada no tanque. (ANDEF, 2010, [s.p.]

Adicionalmente, a tomada de decisão para aplicação de herbicidas depende do conhecimento prévio sobre equipamentos e métodos usados na pulverização (técnicas utilizadas para aplicação conforme o tipo específico do pulverizador), visando a uma maior eficiência no uso do produto, considerando também os aspectos ambientais, econômicos e sociais dos agroecossistemas. Deste modo, o uso de técnicas de aplicação adequadas contribui para a economia financeira e diminuição da contaminação dos recursos naturais, auxiliando, também, no uso de medidas de segurança do trabalho para preservação da saúde do homem.

Segundo Shiratsuchi e Fontes (2002), o princípio ativo – que possui a atividade biológica – é um dos responsáveis pelas características física e química dos herbicidas, deste modo, ressalta-se que elas influenciam na tomada de decisão de qual tecnologia utilizar na aplicação.

Tratando-se de formulações de herbicidas, devemos conhecer também a diferença entre calda e veículo. Este se refere ao material inerte no qual foi inserido ou formulado o princípio ativo do herbicida, enquanto que aquela se refere à mistura do herbicida (princípio ativo + veículo) com um diluente, que pode ser água, óleos ou fertilizantes líquidos (ROSS; LEMBI, 1985 apud SHIRATSUCHI; FONTES, 2002).

Algumas estratégias são adotadas, visando minimizar as perdas ocasionadas por características intrínsecas dos herbicidas e suas respectivas caldas, como tensão superficial, viscosidade e coesão. Deste modo, alguns aditivos podem ser utilizados, como os adjuvantes, que são produtos que, ao serem adicionados à formulação do herbicida, modificam as suas características físicas, facilitando a sua aplicação e intensificando a atividade do seu

ingrediente ativo (SHIRATSUCHI; FONTES, 2002).

Os **adjuvantes** podem ser divididos em dois grupos: i) os **surfactantes**, que têm a capacidade de modificar as propriedades de superfície dos líquidos, proporcionando ajustamento mais íntimo de suas substâncias e otimizando, por exemplo, a penetração do herbicida por meio da cutícula, devido ao aumento de área e ao retardo da evaporação da água. Podemos citar alguns subtipos, como: espalhantes, umectantes, detergentes, dispersantes e aderentes etc.; e ii) os **aditivos**, que aumentam a absorção devido à ação direta sobre a cutícula. Como exemplo, tem-se o óleo mineral ou vegetal, sulfato de amônio e ureia, entre outros (VARGAS; ROMAN, 2006).

No trabalho realizado por Bueno et al. (2013), tendo como referencial teórico a instalação futura da cultura do milho, os autores avaliaram o controle de plantas daninhas promovido pela aplicação de glyphosate em diferentes volumes de calda e com a adição de um adjuvante espalhante adesivo (nonil fenol etoxilado). No estudo, os autores constataram que o adjuvante adicionado à calda de pulverização promoveu maiores depósitos nas plantas daninhas e menores perdas para o solo, quando comparado à calda somente com glyphosate.

Tratando-se das formulações, estas consistem em preparar um componente ativo na concentração adequada, cujo produto resultante denomina-se formulação ou preparado comercial. Conforme Kunz (2013), as formulações podem ser dos seguintes tipos:

- **Pó-seco:** formulação de pronto uso para ser utilizada via aplicação sólida, no entanto, ultimamente, encontra-se em desuso.

- **Grânulos:** assim como o pó-seco, sua aplicação é via sólida e a concentração do grânulo não ultrapassa os 10%, sendo mais comuns as formulações de 2,5% e 5%. Esse tipo de formulação é mais comum em inseticidas sistêmicos, sendo mais raro em herbicidas.

- **Pó-molhável:** esta é uma formulação sólida, diluída em água para posterior aplicação via líquida. O pó-molhável, quando diluído em água, forma uma mistura homogênea de sólido no meio aquoso (suspensão), dessa forma, a formulação necessita de agitação contínua para que a calda se mantenha homogênea. É uma formulação mais barata, sendo utilizada largamente para fungicidas, herbicidas e inseticidas.

- **Pó-solúvel:** semelhante ao pó-molhável, é destinado à diluição em água e posterior aplicação via líquida, no entanto não é tão comum, visto que o ingrediente ativo deve ser solúvel em água. Por ser uma solução verdadeira, a calda se mantém homogênea, sem necessidade de agitação constante.

- **Concentrado emulsionável:** trata-se de formulação líquida destinada à diluição em água. O ingrediente ativo, primeiramente, é dissolvido em um solvente apropriado, o que resulta em uma solução concentrada e, por ser uma solução imiscível em água, são adicionados adjuvantes (encarecendo o produto), para assim viabilizar a mistura com a água. Embora seja mais indicada para inseticidas, também é utilizada em alguns herbicidas.

- **Solução aquosa concentrada:** é uma formulação líquida para ser diluída em água. O ingrediente ativo solúvel está, geralmente, na forma de sal, e tal solução, quando diluída em água, forma uma solução verdadeira, embora não seja uma formulação muito comum. Exemplos mais comuns desse tipo de formulação são os glyphosatos.

- **Suspensão concentrada:** é uma formulação líquida para ser diluída em água, que surgiu para superar as dificuldades apresentadas pelo pó molhável, cuja suspensão concentrada pode ser diretamente despejada no tanque do pulverizador, com o agitador ligado. Seu uso vem ganhando popularidade entre herbicidas e fungicidas.

- **Ultrabaixo volume:** é uma formulação líquida de pronto uso para aplicação em pulverização a ultrabaixo volume. Atualmente, esse tipo de formulação é mais comum para alguns inseticidas e poucos fungicidas, essencialmente para aplicação aérea.

- **Grânulos dispersíveis em água:** são formulações granuladas para serem diluídas em água e, quando em contato com ela, se dissolvem totalmente, formando uma solução estável. São embaladas em saquinhos solúveis, por isso podem ser colocadas no tanque do pulverizador sem gerar risco ao trabalhador.

- **Outras formulações:** outras formulações menos comuns também são conhecidas, como comprimido, tablete, pastilha, pasta, fibras plásticas, entre outras.

A eficácia na aplicação do herbicida se inicia com a escolha do equipamento, devendo este ser de qualidade e adequado às condições da cultura, de modo que garanta máximo rendimento ao menor custo (ANDEF, 2010).

De acordo com Kunz (2013), existe uma variedade de equipamentos que são denominados de acordo com a ordem de três aspectos: função da máquina (o que aplica), forma de deslocamento e maneira de acionamento. Assim, podemos citar como exemplo o “pulverizador costal motorizado”. Dentre os tipos de equipamentos para aplicação, podemos citar a matraca para aplicação de material granulado (bastante usada para inseticida sistêmico), além de equipamentos que são voltados para aplicação líquida, como

os injetores (que aplicam filete de um líquido sem fragmentação em gota), os pulverizadores (que aplicam gotas) e os nebulizadores (que aplicam neblinas, gotas inferiores a 50 µm).

Nesta seção, daremos maior ênfase para os pulverizadores, por serem mais utilizados. Eles são classificados de acordo com a forma de levar a gota até o alvo, podendo ser de jato lançado (chegando a gota ao alvo pela sua própria energia cinética) ou jato arrastado (chegando ao alvo por uma corrente de ar) (KUNZ, 2013).



### Saiba mais

O ramo agrícola possui diversas inovações tecnológicas, e com a aplicação de herbicidas não é diferente. Tratando-se de pulverização de precisão, o sistema *WEEDit* é equipado com sensores LED, possibilitando a aplicação de defensivos apenas em áreas infestadas. Os sensores captam em um milissegundo as plantas infestantes por fluorescência de clorofila, podendo eliminar as plantas daninhas a uma distância de um metro do solo, sendo essa tecnologia uma forte aliada na redução de produtos sintéticos, com excelente custo-benefício. Para saber mais, leia o artigo indicado a seguir.

START AGRO. **Pulverização de precisão: o que é e como funciona o sistema WEEDit.** 2018.

Vale ressaltar que, por meio dos pulverizadores, os herbicidas, geralmente, são aplicados na superfície do solo ou das plantas daninhas (Figura 4.5), espalhando uma solução ou suspensão aquosa em gotículas.

Legenda



Fonte:

Desta forma, o conhecimento acerca dos pulverizadores e de seus componentes auxilia no uso adequado deles, evitando que ocorram erros na calibragem, por exemplo (SILVA, 1982). Dentre os tipos de pulverizadores, tem-se: pulverizador costal manual, pulverizador costal motorizado, pulverizador tratorizado com mangueira e pistola de pulverização, pulverizador

tratorizado de barras, turbopulverizador e pulverização com aeronave (ANDEF, 2010).



### Exemplificando

A escolha do pulverizador vai depender do tipo da cultura, como exemplo, os turbopulverizadores são utilizados em culturas arbóreas e geram uma corrente de ar capaz de direcionar e auxiliar no impacto das gotas produzidas por bicos hidráulicos, assegurando uma cobertura dentro e na superfície do alvo (ANDEF, 2010).

O pulverizador é formado por alguns componentes, como: **tanque**, que armazena o herbicida e deve ser limpo logo após a pulverização; **bomba**, a qual atua no desenvolvimento da pressão necessária para aplicação do herbicida em determinada vazão; **agitador**, que tem a função de manter a suspensão herbicida-água uniformemente misturada, para se evitar a decantação do produto, o entupimento dos **bicos** e os erros na concentração dos herbicidas; **regulador de pressão**, o qual auxilia na vazão do pulverizador, no qual os bicos devem ser operados sob pressões conforme recomendações do fabricante. Nota-se que o aumento da pressão não incrementa linearmente a vazão dos bicos, podendo ocasionar problemas, como redução do tamanho das gotículas e distorção do padrão de pulverização (SILVA, 1982).

Na aplicação de herbicidas, parte do produto pode ser perdido para o ambiente devido a efeitos da **deriva**, a qual consiste na deposição do defensivo fora do alvo. Esse fenômeno pode ser ocasionado por causa de alguns fatores, como carregamento das gotas, escorrimento, evaporação, entre outros, gerando efeitos de contaminação ao meio ambiente. Portanto, diversos aspectos devem ser levados em consideração para aplicação de herbicidas, para que a operação seja realizada de maneira produtiva para a produtividade agrícola e segura para as pessoas (ANDEF, [s.d.]).

A deriva pode ser de dois tipos: endoderiva e exoderiva. Na endoderiva, durante a aplicação do defensivo na parte foliar da cultura, muitas gotas podem passar pelas folhas e atingir o solo (principalmente, nas entrelinhas). Tal fato está ligado às aplicações de altos volumes e com gotas grandes. Geralmente, essas aplicações ultrapassam a capacidade máxima de retenção de líquidos pelas superfícies foliares, acarretando em impactos ao solo, principalmente, quando são utilizados agroquímicos de ação residual prolongada e não seletivo para algumas culturas (AZEVEDO; FREIRE, 2006). Já a exoderiva ocorre quando há deslocamento de gotas para fora da área da cultura, devido à ação do vento e da evaporação da água que é

utilizada na preparação da calda. Esse processo ocorre, principalmente, em folhas de tamanhos menores. Esse é um dos principais fatores de contaminação ambiental, além do prejuízo causado às culturas vizinhas e sensíveis (AZEVEDO; FREIRE, 2006).

Alguns fatores podem influenciar na ocorrência de deriva, como exemplo, gotas menores têm melhor capacidade de cobertura, visto que oferecem maior número de gotas/cm<sup>2</sup>, propiciando também maior capacidade de penetração. Com desvantagem, podem ser mais sensíveis à evaporação e, conseqüentemente, à deriva. Assim, gotas menores do que 100 µm evaporam e são levadas pelo vento facilmente. Gotas menores que 50 µm tendem a permanecer suspensas no ar até sua completa evaporação e, para aplicações aéreas, tem-se um limite de 150 µm (ANDEF, [s.d.]). O potencial de deriva aumenta gradativamente conforme as gotas se tornam menores que 100-150 µm.

Diante do quadro apresentado relacionado à deriva, algumas técnicas contribuem para a redução desse processo. Por exemplo, adjuvantes e pontas de baixa deriva são utilizadas para minimizar a problemática ocasionada pela deriva. Embora as técnicas utilizadas para diminuir a deriva possam degradar a qualidade da aplicação e acarretar aumento nos custos, o combate a esse efeito é essencial para a sustentabilidade de propriedades rurais, de áreas vizinhas, bem como do agronegócio como um todo (ANDEF, [s.d.]).

A legislação de produtos fitossanitários no Brasil determina que sejam adotadas faixas de segurança durante a aplicação de produtos químicos, as quais variam de acordo com o tipo de aplicação e o local que serão realizadas. Por fim, é necessário, por exemplo, evitar aplicação próximo a áreas protegidas, além disso, aeronaves não devem sobrevoar locais habitacionais e áreas de rios e lagos.

Para a segurança do trabalhador e a preservação do meio ambiente, algumas medidas de segurança devem ser tomadas, como o uso de equipamento de proteção individual, além da realização da tríplex lavagem das embalagens. Restos das caldas do pulverizador devem ser jogados em carregadores ou na bordadura da área tratada, porém nunca em mananciais de água (ANDEF, [s.d.]).



### Refleta

Os herbicidas que não são totalmente seletivos podem causar injúrias às plantas agrícolas quando estas são atingidas involuntariamente, deste modo, é essencial dimensionar o uso adequado durante a aplicação para evitar injúrias aos cultivos agrícolas, evitando, também, desperdício do produto. Neste contexto, como é calculada a quantidade de produto que deve ser utilizado na pulverização? Todos os pulverizadores utilizam o mesmo método?

Em algumas situações, durante o controle químico de plantas daninhas pode ocorrer injúrias em plantas não-alvo, deste modo, é essencial saber como utilizar o produto. Como exemplo, as moléculas do herbicida podem lixiviar e atingir raízes das culturas, resultando em fitotoxicidade à planta. De maneira geral, os sintomas fitotóxicos na cultura são causados por doses acima da recomendada, aplicações incorretas (como o uso de espalhantes inadequados), além de culturas com problemas fitopatogênicos. Além do mais, plantas sob estresse, devido a alterações das condições normais do ambiente, como em condições de baixa umidade no solo e alta temperatura do ar, metabolizam os herbicidas com menor velocidade, mantendo o produto por mais tempo na planta, resultando em maior fitotoxicidade à cultura (ROMAN et al. 2005).

Em um estudo realizado por Magalhães, Silva e Durães (2000), os autores avaliaram o efeito da fitotoxicidade causada pela aplicação de herbicidas não totalmente seletivos na fase inicial e na pós-emergência tardia da cultura e o seu efeito na produção de grãos. Constataram que, durante a aplicação dirigida, apesar de as folhas mais baixas terem sido pulverizadas diretamente, ocasionando sintomas de necrose e perda de área foliar, por meio da redistribuição de carboidratos acumulados na planta, as plantas de milho foram capazes de compensar a perda e ainda produzir boa quantidade de grãos. Em trabalho realizado com a soja, Zobiole et al. (2011) demonstraram que cultivares de soja RR foram visualmente injuriados pela aplicação do glyphosate, devido ao decréscimo da taxa fotossintética e da produção de clorofila causado pelo produto. Observou-se menor altura de plantas e menor produção de biomassa seca da parte aérea e da raiz, bem como da biomassa total.

Já em trabalho realizado com o controle de plantas daninhas na cultura do algodoeiro, a fitotoxicidade foi causada pela mistura de altas doses de atrazine (2000 g ha<sup>-1</sup>) e prometryne (2000 g ha<sup>-1</sup>), em que tais tratamentos ocasionaram injúrias por clorose na maioria das plantas, proporcionando um aspecto de mosaico nas folhas do algodoeiro (CONSTANTIN et al., 2011).

A aplicação inadequada de herbicidas pode ocasionar alguns problemas, como controle insuficiente da população de plantas daninhas (quando não é aplicada a dose necessária), ou até mesmo em caso de aplicação de dosagens elevadas. Tal ação contribui com o aumento do custo operacional, acarretando no aparecimento de injúrias à cultura e ao meio ambiente. Deste modo, a calibragem do pulverizador é essencial para evitar esse tipo de problema durante a aplicação de herbicidas (SILVA, 1982).

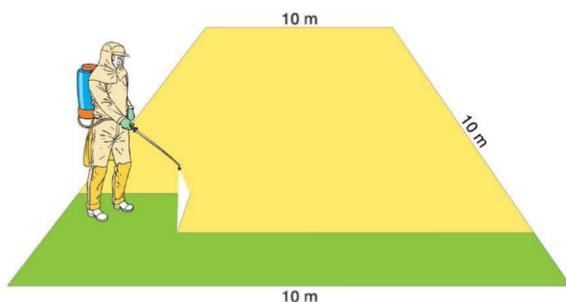
A calibração no campo, geralmente, é feita antes da aplicação e confirmada após a execução do trabalho. Antes de ser realizada a aplicação, é necessário que o operador revise o pulverizador, avaliando alguns itens, como a

mangueira, para verificar, por exemplo, a ocorrência de vazamentos. Outros pontos que devem ser verificados são: a agitação da calda no tanque; filtros, que devem ser avaliados e limpidos; e as válvulas e controles de pressão, que devem refletir de maneira precisa a pressão na barra e nos bicos.

O passo a passo da calibração vai depender do tipo de pulverizador. Para fins didáticos, vejamos, a seguir, o exemplo da calibração do pulverizador costal manual (ANDEF, 2010).

1) Demarque uma área de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>) na cultura; posteriormente, abasteça o pulverizador somente com água e marque o nível no tanque (Figura 4.6)

Legenda



Fonte:

2) Pulverize a área marcada a uma velocidade confortável para condições da área, como o relevo e, posteriormente, meça a quantidade de água necessária para reabastecer o tanque do pulverizador até a marca feita anteriormente. Após, repita essa operação por mais duas vezes e calcule a média de gasto de água.

3) Para determinação do volume que será aplicado em um hectare, multiplique por 100 o volume que foi aplicado em 100 m<sup>2</sup>.

4) Leia a bula do herbicida para verificar se o volume está dentro dos limites recomendados. Caso ele seja superior ou inferior a 10% do recomendado na bula, mude a ponta para uma de vazão maior ou menor, conforme o caso. Em caso de mudança de ponta, a calibração deve ser repetida.

5) Calcule o número de tanques que serão gastos em um hectare, dividindo a quantidade de água gasta por hectare pelo volume do tanque do pulverizador; posteriormente, leia a bula do produto para identificar a dosagem recomendada.



## Exemplificando

Se a dosagem estiver recomendada por concentração (200 mL/100 L de água), você deverá calcular a quantidade de produto a ser colocada no tanque a cada reabastecimento, em função da capacidade do tanque. Exemplo: se a capacidade do tanque é de 20 L, a quantidade de produto que deverá constar em cada reabastecimento será de  $(20 \div 100) \times 200 = 40$  mL de produto por tanque.

Caro aluno, finalizamos nosso livro didático, mas não deixe de continuar se atualizando em relação ao estudo das plantas daninhas, suas formas de manejo e as tecnologias de aplicação de herbicidas. O controle de plantas daninhas é um dos principais desafios da agricultura em termos de se conciliar ganhos na produtividade e manutenção da sustentabilidade agrícola, da manutenção e preservação dos recursos ambientais (como o solo e água), bem como da saúde da população e, principalmente, dos operadores de defensivos agrícolas.

## Sem medo de errar

Caro aluno, chegamos ao ponto de responder aos questionamentos que foram propostos, portanto fique atento! Você avaliou a terceira propriedade, que tem como foco a produção de milho, e o produtor relatou que estava ocorrendo redução do rendimento de grãos da cultura. Deste modo, ao realizar o diagnóstico da área, você verificou que as plantas estavam apresentando sintomas de toxicidade de herbicidas, devido aos efeitos da deriva. Ao analisar a operação de manejo, você constatou que estava ocorrendo o escorrimento do produto para o solo e que a aplicação estava sendo realizada com altos volumes e gotas grandes.

Como ajustar aplicação do herbicida na fazenda? É necessário o produtor aplicar grande volume de herbicida e com gotas grandes? Quais são as melhores condições ambientais para aplicação dos herbicidas? Como realizar a aplicação de herbicida de maneira eficaz e que gere menos impacto ao meio ambiente?

Após analisar a área, você deverá explicar ao produtor que está ocorrendo a deriva durante a aplicação do herbicida. Nesta ocasião, muitas gotas podem passar pelas folhas e atingir o solo (sobretudo, nas entrelinhas) e causar efeito maléfico à cultura. Tal fato está ligado às aplicações de altos volumes e com gotas grandes, porém, geralmente, essas aplicações ultrapassam a capacidade máxima de retenção de líquidos pelas superfícies foliares, acarretando em

impactos ao solo, principalmente, quando são utilizados agroquímicos de ação residual prolongada e não seletivo para algumas culturas. Deste modo, é necessário que seja feito um ajuste em relação à pulverização da área, em que a aplicação deve ser feita com gotas menores, pois estas têm melhor capacidade de cobertura, visto que oferecem maior número de gotas/cm<sup>2</sup>, propiciando também maior capacidade de penetração.

Vimos anteriormente que, durante a pulverização de herbicidas, algumas condições climáticas devem ser consideradas, visto que a temperatura e, principalmente, a umidade do ar contribuem para a evaporação rápida das gotas. Deste modo, algumas condições limites devem ser seguidas, como: umidade relativa do ar com mínima de 55%; velocidade do vento de 3 a 10 km/h; e temperatura abaixo de 30 °C.

Informe ao agricultor que adjuvantes e pontas de baixa deriva são utilizadas para minimizar a problemática ocasionada pela deriva. Desse modo, algumas recomendações devem ser adotadas para excluir ou minimizar esse fenômeno, como seguir as indicações de faixas de segurança que são recomendadas para aplicação dos produtos sintéticos. Para evitar a contaminação do solo e dos recursos hídricos, os restos de caldas dos pulverizados devem ser depositados em carreadores ou na bordadura da área tratada.

## Avançando na prática

# Calibração do pulverizador para otimização da aplicação de herbicida no controle de plantas daninhas na cultura do feijão

### Descrição da situação-problema

O produtor João produz feijão (cultivar Pérola) em sua fazenda, no entanto, após a fase de emergência, a área de plantio vem apresentando alta infestação de plantas daninhas, e a competição vem ocasionando efeitos negativos no crescimento da cultura. Deste modo, você é o responsável na fazenda e foi realizar uma vistoria na área para levantamento da operação de manejo, detectando que os operadores do pulverizador costal não estavam fazendo a calibração do equipamento, além de que não estava sendo aplicada a dose necessária do produto por hectare. Diante da situação analisada, quais recomendações você deverá passar aos trabalhadores em relação à calibração do pulverizador? Como calibrar o pulverizador costal manual?

## Resolução da situação-problema

Você deverá explicar aos trabalhadores que a calibração no campo deve ser feita antes da aplicação do produto, quando é importante revisar o pulverizador avaliando alguns itens, como a mangueira, para verificar, por exemplo, se há ocorrência de vazamentos. Outros pontos que devem ser verificados são: agitação da calda no tanque; filtros, que devem ser avaliados e limpados; válvulas e controles de pressão, os quais devem refletir de maneira precisa a pressão na barra e nos bicos.

Para calibração do pulverizador costal manual, alguns passos devem ser seguidos, incluindo: 1) demarque uma área de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>) na cultura; posteriormente, abasteça o pulverizador somente com água e marque o nível no tanque; 2) Pulverize a área marcada a uma velocidade confortável para condições da área, como o relevo; posteriormente, meça a quantidade de água necessária para reabastecer o tanque do pulverizador até a marca feita anteriormente; repita essa operação por mais duas vezes e calcule a média de gasto de água; 3) Para determinação do volume que será aplicado em um hectare, multiplique por 100 o volume aplicado em 100 m<sup>2</sup>; 4) Leia a bula do herbicida, para verificar se este volume está dentro dos limites recomendados. Caso o volume seja superior ou inferior a 10% do volume recomendado na bula, mude a ponta para uma de vazão maior ou menor, conforme o caso; e 5) Calcule o número de tanques que serão gastos em um hectare, dividindo a quantidade de água gasta por hectare pelo volume do tanque do pulverizador; posteriormente, leia a bula do produto para identificar a dosagem recomendada.

### Faça valer a pena

**1.** Na aplicação de herbicidas, parte do produto pode ser perdido para o ambiente devido à ação da \_\_\_\_\_, a qual consiste na deposição do defensivo fora do alvo. Esse fenômeno pode ser ocasionado por causa de alguns fatores, como carregamento das gotas, escorrimento, \_\_\_\_\_, entre outros, gerando efeitos de contaminação ao meio ambiente.

Assinale a alternativa que preenche as lacunas corretamente.

- a) super dosagem; lixiviação.
- b) pulverização; translocação.
- c) fitotoxicidade; lixiviação.
- d) deriva; evaporação.
- e) calibração; evaporação.

**2.** O princípio ativo é um dos responsáveis pela característica física e química dos herbicidas, deste modo, ressalta-se que as características destes produtos influenciam na tomada de decisão de qual tecnologia utilizar na aplicação. Tratando-se de formulações de herbicidas, é importante conhecer a diferença entre calda e veículo, em que o último citado se refere ao material inerte onde foi inserido ou formulado o princípio ativo do herbicida, enquanto que a calda se refere à mistura do herbicida.

Sobre formulações de herbicidas, assinale a alternativa correta.

- a) O pó-molhável é uma formulação sólida, sendo diluída em água para posterior aplicação via líquida. Quando diluído em água, forma uma mistura homogênea de sólido no meio aquoso (suspensão), dessa forma, a formulação não necessita de agitação contínua para que a calda se mantenha homogênea.
- b) Pó-solúvel é destinado à diluição em água e posterior aplicação via líquida, no entanto não é tão comum, visto que o ingrediente ativo deve ser solúvel em água. Por ser uma solução verdadeira, a calda se mantém homogênea, sem necessidade de agitação constante.
- c) O concentrado emulsionável se trata de formulação líquida destinada à diluição em água. O ingrediente ativo, primeiramente, é dissolvido em um solvente apropriado, o que resulta em uma solução concentrada. Por ser uma solução imiscível em água, são adicionados adjuvantes, para assim viabilizar a mistura com a água, sendo produtos bem viáveis (baratos) economicamente.
- d) A suspensão concentrada é uma formulação líquida para ser diluída em água, que surgiu para superar as dificuldades apresentadas pelo pó-molhável. A suspensão concentrada pode ser diretamente despejada no tanque do pulverizador, não necessitando de agitação.
- e) Os grânulos dispersíveis em água são formulações granuladas para serem diluídas em água. Em contato com ela, dissolvem-se totalmente, formando uma solução estável, no entanto não podem ser colocados diretamente no tanque do pulverizador.

**3.** Correlacione as informações enumeradas com as descrições a seguir.

Informações

- (1) Aplicação aérea de herbicida.
- (2) Pulverizador.
- (3) Surfactantes.

Descrições

- ( ) É formado por tanque, bomba, bico, agitador e regulador de pressão.
- ( ) Evaporação com limite de gotas com 150 µm de diâmetro.
- ( ) Adjuvante, que tem a capacidade de modificar as propriedades de superfície dos líquidos, proporcionando ajustamento mais íntimo de suas substâncias.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta, de acordo com os termos (de 1 até 3) e suas respectivas descrições.

- a) 1, 2 e 3.
- b) 3, 1 e 2.
- c) 3, 2 e 1.
- d) 1, 3 e 2.
- e) 2, 1 e 3.

## Referências

- AGOSTINETTO, D. et al. Manejo de plantas daninhas. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. ANDEF. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas, SP: Linea Creativa, 2010. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/Leitura%20-%20Manual%20Tecnologia%20de%20Aplicacao.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.
- \_\_\_\_\_. **Manual de tecnologia de aplicação**. São Paulo: ANDEF, [s.d.]. Disponível em: <[https://www.fmcagrícola.com.br/images/manuais/ANDEF\\_MANUAL\\_TECNOLOGIA\\_DE\\_APLICACAO\\_web.pdf](https://www.fmcagrícola.com.br/images/manuais/ANDEF_MANUAL_TECNOLOGIA_DE_APLICACAO_web.pdf)>. Acesso em: 29 jan. 2019.
- ANDRES, A. **Árvore do conhecimento arroz: manejo de plantas daninhas**. [s.d.] Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fukdxtp002wyiv807nyi6swfgog14.html#>>>. Acesso em: 23 jan. 2019.
- AZEVEDO, F. R. de; FREIRE, F. das C. O. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Fortaleza: Embrapa, 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/10340/1/Dc-102.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.
- BALBINOT JR., A.A. et al. Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 165-174, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/pd/v21n2/a01v21n2.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2019.
- BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de.; NÓBREGA, L. B. da. Controle de Plantas Daninhas na Cultura do Algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E. de. **Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- BRIGHENTI, A. M. **Manual de Identificação e manejo de plantas daninhas em cultivos de cana-de-açúcar**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de leite, 2010.
- BUENO, M. R. et al. Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com glifosato. **Planta daninha**, v. 31, n. 3, p. 705-713, 2013.
- CARVALHO, J. E. B. de et al. **Manejo de coberturas vegetais para controle de plantas daninhas e proteção do solo na citricultura do Amazonas**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017.
- CARVALHO, J. E. B. de; LUCENA, C. C. de; XAVIER, F. A. da S. **Manejo de coberturas vegetais em pomares de citros nos tabuleiros costeiros**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2017.
- CERDEIRA, A. L.; ROESSING, A. C.; VOLL, E. **Controle integrado de plantas daninhas em soja**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1981. (EMBRAPA/CNPSo. Circular Técnica, 4).
- COBUCCI, T. Plantas Daninhas. In: GONZAGA, A.C.O. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).
- COBUCCI, T. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. (Circular Técnica, 35).
- CONSTANTIN, J. et al. Diagnose de fitointoxicações causadas por associação de herbicidas inibidores do fotossistema II aplicados em jato dirigido na cultura do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. **Anais...** Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011.

CORDEIRO, L. A. M. et al. **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**, editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2015. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

CORRÊA, J. C.; SHARMA, R. D. Produtividade do algodoeiro herbáceo em plantio direto no Cerrado com rotação de culturas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, n. 1, p. 41-46, 2004.

COSTA, R. S. C. da et al. As principais plantas daninhas que ocorrem em lavouras de café 'Conilon' em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003.

COSTA, R. S. C. da. **Controle de plantas daninhas no cafezal**. Porto Velho, RO: Embrapa-CPAF Rondônia, 1998.

DURIGAN, J. C.; TIMOSSI, P. C. **Manejo de plantas daninhas em pomares cítricos**. Bebedouro, SP: EECB, 2002. (Boletim Citrícola, 22).

FERREIRA, A. C. de B. et al. **Plantas daninhas: interferência de plantas daninhas na cultura de algodoeiro**. 2017. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaoI6\\_1galceportlet&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_state=normal&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoI6Id=7718&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoid=7989&p\\_p\\_mode=view](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaoI6_1galceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column-1&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoI6Id=7718&p_r_p_-996514994_topicoid=7989&p_p_mode=view)>. Acesso em: 8 jan. 2019.

FOLONI, L. L. et al. Avaliação de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre e sob a palha em cana crua e o destino ambiental. **Planta daninha**, v. 29, n. 2, p. 447-455, 2011.

FONTES, J. R. A. et al. **Manejo integrado de plantas daninhas em pastagens na integração lavoura-pecuária-floresta**. Manaus, AM: Embrapa, 2011.

FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. P. **Manejo Integrado de Plantas Daninhas na Cultura do Milho**. Manaus, AM: Embrapa Amazônia Oriental, 2009.

GAZZIERO, D. L. P.; et al. **Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2006. (Documentos/Embrapa Soja, n. 274).

GONÇALVES, F. L. A. **Efeito do coroamento com papelão na supressão de gramíneas e no crescimento de espécies arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Rio de Janeiro, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. IBAMA. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L.; OLIVEIRA, M. F. de. **Plantas daninhas na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

KARAM, D.; OLIVEIRA, M. F. de. In: CRUZ et al. **Milho: o produtor pergunta a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

KUHN, M. P. de S. **Principais plantas daninhas em gramado**. 2004. Disponível em: <<http://infograma.com.br/wp-content/uploads/2015/10/Plantas-daninhas-em-gramados.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

- KUNZ, J. H. **Defensivo agrícola**. 2013. Disponível em: <<http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/18-33-17-apostila-defensivoagricola.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2019.
- LACERDA, M. C. et al. Combinação de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do feijão-comum. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 30., 2016. **Anais...** Curitiba: Expo Unimed Curitiba, 2016.
- LUCIO, F. R. **Plantas Daninhas: impactos da resistência**. 2014. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/acervo/360>>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- MAGALHÃES, P. C.; SILVA, J. B. da; DURÃES, F. O. M. Fitotoxicidade de herbicidas aplicados em pós-emergência na fase inicial da cultura do milho. **Planta daninha**, v. 18, n. 2, p. 277-284, 2000.
- MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 203-209, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052005000200006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052005000200006)>. Acesso em: 24 jan. 2019.
- NICOLAI, M. **Fluxos de emergência, épocas de aplicação de herbicidas e sistemas de manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2009.
- NUNES, A. L.; TREZZI, M. M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 299-304, 2010.
- OLIVEIRA NETO, A. A. **A cultura do arroz**. Brasília: Conab, 2015.
- PEREIRA, F. de A. R. et al. **Controle de plantas daninhas em pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011.
- ROMAN, E. S. et al. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo, RS: Gráfica Editora Berthier, 2005. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355291/12492345/Como+funcionam+os+herbicidas/954b0416-031d-4764-a703-14d9b28b178e?version=1.0>>. Acesso em: 29 jan. 2019.
- RONCHI, C. P. **Interferência e controle de plantas daninhas na cultura do café (*Coffea arabica* L.)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2002.
- ROSS, A. M.; LEMBI, C. A. **Applied weed science**. Minneapolis: Burgess, 1985.
- ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Árvore do conhecimento cana-de-açúcar: plantas daninhas**. 2018. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_52\\_711200516718.html#](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_52_711200516718.html#)>. Acesso em: 10 fev. 2019.
- SANTOS, J. C. F. et al. **Manejo integrado das plantas infestantes no cafezal**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2004. (Embrapa Rondônia. Circular técnica, 69).
- \_\_\_\_\_. **Manejo agroecológico de plantas daninhas da cultura do café**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2014. (Embrapa Rondônia. Documentos, 159).
- SANTOS FILHO, H. P.; MAGALHÃES, A. F. de J.; COELHO, Y. da S. (Ed.). **Citros: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.
- SANTOS, T. A. dos; SILVA, F. F. da. Plantas daninhas situadas em áreas de reflorestamento no Brasil: uma revisão de literatura. **Diversidade e Gestão**, v. 2, n. 1, p. 2-16, 2018.

SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A. **Tecnologia de aplicação de herbicida**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002.

SILVA, G. S. Manejo de plantas daninhas no sistema de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 86-94, 2018.

SILVA, J. G. Equipamentos e métodos de aplicação de herbicidas. EMBRAPA/CNPMS. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 87, p. 44-54, 1982. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/476162/equipamentos-e-metodos-de-aplicacao-de-herbicidas>>. Acesso em: 8 fev. 2019.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA VEGETAL. SINDIVEG. **O que você precisa saber sobre defensivos agrícolas**. São Paulo: SINDIVEG, 2018. Disponível em: <<http://sindiveg.org.br/wp-content/uploads/2018/08/oquevoceprecisasabersobredefensivosagricolas.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

SOUZA, H. J. R. de. **Base de dados do Herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2013.

STONE, L. F. et al. **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão. Embrapa Informação Tecnológica, 2001. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).

THEISEN, G.; ANDRES, A. **Manejo de plantas daninhas na produção de arroz orgânico**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2010. (Documentos, 304).

TOLEDO, R. **Manejo de plantas daninhas em áreas florestais e plantações de eucalipto**. 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/293798413\\_Manejo\\_de\\_Plantas\\_Daninhas\\_em\\_Areas\\_Florestais\\_e\\_Plantacoes\\_de\\_Eucalipto](https://www.researchgate.net/publication/293798413_Manejo_de_Plantas_Daninhas_em_Areas_Florestais_e_Plantacoes_de_Eucalipto)>. Acesso em: 20 jan. 2019.

TREZZI, M. M. et al. Manejo químico de plantas daninhas na cultura do milho em função de características morfofisiológicas e redução de espaçamento da cultura. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 845-853, 2008.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2006. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do56.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do56.htm)>. Acesso em: 25 jan. 2019.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2006. (Embrapa Trigo. Documentos online, 62).

VASCONCELOS, M. da C. C. de; SILVA, A. F. A. da; LIMA, R. da S. Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2012.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta daninha**, v. 29, n. 1, p. 195-205, 2011.



ISBN 978-85-522-1368-0



9 788552 213680 >