

BIOLOGIA E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

PROGRAMA NACIONAL DE EDUCAÇÃO NA REFORMA AGRÁRIA – PRONERA

2020

***Essa apostila foi elaborada a partir de livros publicados referentes a ciência das plantas daninhas:**

CARVALHO, L. B. Plantas daninhas. Lages: Edição do Autor, 2013. 82 p.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. UFV: Viçosa, 2007. 367 p.

VARGAS, L. V.; ROMAN, E. S. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Embrapa Trigo: Passo Fundo, 2008. 780 p.

MONQUERO, P. A. Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas. São Carlos: Rima, 2014. 430 p.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. 3. ed. Piracicaba: Hrac-br, 2008. 120 p.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. 4. ed. Piracicaba: Hrac-br, 2016. 262p.

SUMÁRIO

Capítulos	Páginas
Capítulo 1 Ciência das plantas daninhas	3
Capítulo 2 Mecanismos de sobrevivência das plantas daninhas	11
Capítulo 3 Convivência com as plantas daninhas	15
Capítulo 4 Manejo de plantas daninhas	21
Capítulo 5 Resistência de plantas daninhas a herbicidas	27

CAPÍTULO 1

CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS: HISTÓRICO, BIOLOGIA E ECOLOGIA

1. PLANTA DANINHA

Muitos autores têm conceituado plantas daninhas ao longo dos anos. Alguns autores conceituam as plantas daninhas como sendo, simplesmente, "...qualquer planta que cresce onde não é desejada" (Blatchley, 1912; Georgia, 1916; Shaw, 1956; Klingman, 1961; Salisbury, 1961; Buchholtz, 1967) ou "...qualquer planta ou vegetação que interfere nos objetivos do ser humano" (EWRS, 1986). Outros autores conceituam, ecologicamente, plantas daninhas como sendo "...plantas pioneiras de sucessão secundária, das quais campos agrícolas são um caso especial" (Bunting, 1960) ou "...espécies oportunistas (espontâneas) que ocorrem em ambientes com distúrbio humano" (Pritchard, 1960). Há, ainda, conceitos como "...planta sem valor econômico ou que compete, com o homem, pelo solo" (Cruz, 1979); "...plantas cujas vantagens ainda não foram descobertas" e "...plantas que interferem nos objetivos do homem em determinada situação" (Fischer, 1973). Segundo Silva et al. (2007), na verdade, em um conceito mais amplo, uma planta só pode ser considerada daninha se estiver, direta ou indiretamente, prejudicando determinada atividade humana. Portanto, pode-se notar que qualquer planta, de qualquer espécie, pode ser considerada planta daninha se estiver ocorrendo em um local de atividade humana e se estiver afetando de maneira negativa, em algum momento ou durante todo o tempo, essa atividade. No decorrer desta publicação, o conceito utilizado para definir planta daninha será: qualquer planta que cresça espontaneamente em um local de atividade humana e cause prejuízos a essa atividade. De acordo com os conceitos apresentados acima, plantas cultivadas podem ser considerada plantas daninhas se estiverem crescendo, espontaneamente, em meio a outra cultura de interesse (planta voluntária ou planta guaxa), sendo denominada de planta daninha comum (Silva et al., 2007). Uma planta que cresce espontaneamente em meio a uma cultura de interesse e que apresenta características especiais (ver características de agressividade no capítulo 3) que permitam sua sobrevivência no ambiente é denominada de planta daninha verdadeira (Silva et al., 2007).

2. IMPORTÂNCIA

As plantas daninhas apresentam tanto importância econômica quanto social, pois afetam atividades de produção, causando perdas econômicas com reflexos sociais. Pensando em termos conceituais, plantas daninhas causariam apenas impactos negativos sobre as atividades humanas. Porém, alguns autores consideram que há aspectos positivos de plantas daninhas para o ser humano e/ou ambiente (neste caso, não deveria ser chamada de planta daninha, na visão do autor, mas ainda não há um conceito descrito para esses casos). Para algumas plantas daninhas, foi descoberto algum tipo de uso pelo ser humano (medicinal, alimentício etc.), sendo que essas plantas ocorrem como daninhas ou podem ser cultivadas ou usadas em algum tipo de extrativismo. Com base em um pensamento ecológico e de sustentabilidade, pode-se atribuir, ainda, aspectos positivos conservacionistas da presença de plantas daninhas no ambiente.

2.1 ASPECTOS NEGATIVOS

De maneira geral, planta daninha causa impacto negativo em alguma atividade humana, seja ela agrícola, florestal, pecuária, ornamental, náutica, produção de energia

etc. Os principais impactos negativos causados por plantas daninhas estão descritos a seguir.

- Redução da produtividade e do valor da terra

A presença de plantas daninhas em áreas cultivadas resulta em redução da produtividade devido à interferência (ver o conceito de interferência no capítulo 6) causada pelas plantas daninhas. As perdas variam conforme a espécie e podem, inclusive, inviabilizar a colheita. Nesse sentido, dependendo da espécie e da densidade de indivíduos na área, o valor potencial da terra pode ser reduzido. Em áreas agrícolas, espécies de difícil controle, como tiririca (*Cyperus* spp.), grama-seda (*Cynodon dactylon*) etc., podem reduzir o valor da terra. Em áreas de pecuária, a presença de plantas tóxicas, como guanxuma (*Sida* spp.), mio-mio (*Baccharis coridifolia*), maria-mole (*Senecio brasiliensis*) etc., também podem reduzir o valor da terra. Em áreas de prática de esportes náuticos e criação de peixes, a presença de altas densidades de plantas aquáticas, como aguapé (*Eichornia crassipes*), entre outras, também pode causar o mesmo problema.

- Perda da qualidade do produto agrícola

A presença de restos vegetais de plantas daninhas, por ocasião da colheita, além das impurezas, pode resultar em aumento no teor de água do produto, favorecendo a ocorrência de podridão. Além disso, há a questão de contaminação de lotes de sementes. Um exemplo é a presença de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) em lotes de sementes de arroz, entre outros, sendo que existe Legislação específica (Decreto 24.114 de 12/04/1934) para controlar a qualidade do lote de sementes no Brasil. Em áreas de produção de algodão e criação de ovelhas para lã, a presença de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*) e picão-preto (*Bidens* spp.) pode causar problemas na produção e no beneficiamento do algodão e da lã, depreciando a qualidade do produto.

- Disseminação de pragas e doenças

As plantas daninhas são potenciais hospedeiras de pragas, doenças, nematoides, ácaros, bactérias e vírus, sendo, portanto, fonte de inóculo desses organismos em culturas de interesse comercial. As guanxumas (*Sida* spp.) são hospedeiras de pulgões (*Aphis* spp.) e da mosca-branca (*Bemisia tabaci*), vetores do mosaico dourado em culturas como feijão, soja, algodão e outras. O leiteiro ou amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) é atacado pelo vírus mosaico anão; as guanxumas (*Sida* spp.) são atacadas pelo vírus mosaico crespo, doenças transmitidas pela mosca-branca. O capim massambará (*Sorghum halepense*) hospeda o vírus-do-mosaico da cana-de-açúcar. O capim-marmelada ou papuã (*Urochloa plantaginea*) hospeda a bactéria da estria-vermelha da cana-de-açúcar. Outro problema potencial refere-se aos nematoides. Muitas plantas daninhas hospedam nematoides, como: carurus (*Amaranthus* spp.) que hospedam *Pratylenchus brachiurus* e *Meloidogyne incognita*; tiririca (*Cyperus rotundus*) que hospeda *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Pratylenchus brachiurus* e *Pratylenchus zaeae*; capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) que hospeda *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus zaeae* e *Pratylenchus coffea*; leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) que hospeda *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus coffea*; entre outras.

- Maior dificuldade e custo do manejo agrícola

Logicamente, uma lavoura com alta presença de plantas daninhas é mais difícil de ser manejada que outras com poucas plantas daninhas. Além disso, o custo de controle das plantas daninhas acarreta aumento no custo de produção da área. Em lavouras convencionais, há necessidade de preparo do solo mais intenso e cultivos adicionais. Em plantio direto, o uso de herbicidas pode ser maior. A presença de plantas daninhas, por ocasião da colheita, pode trazer transtornos operacionais, retardando o processo de colheita e, por consequência, aumentando as perdas e o custo de produção.

- Problemas com manejo e perdas de água

Plantas daninhas aquáticas causam prejuízos a canais de irrigação, represas de hidroelétricas, lagos de produção de peixes etc. A perda de água e o consumo de oxigênio são elevados na presença de aguapé (*Eichornia crassipes*), devido à alta evapotranspiração, podendo levar à morte de peixes, diminuição da quantidade de água dos reservatórios etc. Plantas aquáticas submersas, de difícil controle, podem causar muitos danos a hidroelétricas, pois podem entupir grades e danificar turbinas, reduzindo a produção e o fornecimento de energia. Outra espécie importante é a taboa (*Typha angustifolia*), entre outras, cuja presença em lagos e represas limita as dimensões do espelho d'água, causando problemas no uso da água.

- Danos à vida e à saúde do ser humano

Nas atividades agrícolas, plantas com espinhos (*Solanum viarum*, *Acacia plumosa* etc.) ou com diásporos dotados de estruturas pontiagudas (*Cenchrus echinatus*, *Bidens pilosa* etc.), plantas tóxicas ou irritantes (*Conium maculatum*, *Ricinus communis*, *Mucuna pruriens* etc.), entre outras, podem trazer transtornos na colheita manual e outras atividades de manejo agrícola. Além disso, em meio às plantas daninhas podem ficar alojados animais peçonhentos, expondo o ser humano a perigos quando estiver exercendo alguma atividade de manejo.

- Danos a outras áreas de atividade humana

A presença de plantas daninhas em outras áreas de interesse humano, não-agrícolas, também se constitui em sério problema, sendo que muitos dos aspectos negativos já discutidos podem ocorrer em áreas como jardins, parques, campos de futebol, terrenos-baldios, beira de rodovias e ferrovias, gramados e outras áreas urbanas etc.

2.2 ASPECTOS POSITIVOS

A presença de plantas daninhas como cobertura vegetal traz efeitos benéficos ao solo, podendo melhorar a estruturação do solo, manter a umidade e evitar a perda de água por evaporação, diminuir o potencial de escoamento superficial (reduzindo a erosão) etc. Além disso, as plantas daninhas podem hospedar inimigos naturais de alguma praga ou patógeno da cultura de interesse, favorecendo o controle biológico natural. Outra maneira de se utilizar de algum benefício da presença de plantas daninhas pode ser através do seu uso em ornamentação (cordas-de-viola – *Ipomoea* spp. e *Merremia* spp. são usadas como trepadeiras) ou na farmacologia. Muitas plantas daninhas apresentam propriedades medicinais, como flor-das-almas (*Senecio brasiliensis*), mamona (*Ricinus communis*), melão-de-são-caetano (*Momocardia charantia*), mentruz (*Lepidium virginicum*), fedegoso (*Senna obtusifolia*), entre muitas outras. Algumas plantas daninhas são usadas, ainda, na alimentação humana e/ou animal. É o caso de carurus (*Amaranthus* spp.), jitirana (*Merremia* spp.), trevos (*Trifolium* spp.), azevém (*Lolium multiflorum*) etc. No caso do caruru, há, inclusive, plantações para colheita de grãos, sendo, portanto, nesse caso, uma planta cultivada.

3. ECOLOGIA DAS PLANTAS DANINHAS

3.1 ORIGEM DAS PLANTAS DANINHAS

- Visão antropogênica da origem

O conceito de planta daninha está intrinsecamente ligado ao ser humano, por isso a origem das plantas daninhas remete ao surgimento do ser humano na Terra. Nos primórdios da humanidade, o ser humano vivia em cavernas e/ou nas florestas, com

atividades de extrativismo animal e vegetal, e, por medida de segurança e acomodação, manejava a vegetação ao redor do local em que se estabelecia. Isso ficou mais evidente quando o ser humano passou a estabelecer-se em sociedades nômades e extrativistas.

Em cada local que se estabelecia, alterava a vegetação e consumia todos os recursos vegetais e animais em sua volta e, em seguida, mudava-se para outra área e fazia o mesmo. Nessa época, embora o conceito de planta daninha não existisse, essas alterações ou intervenções humanas sobre a flora do local onde viviam caracteriza um manejo de plantas que interfere em uma atividade humana, por isso fica evidente que essas plantas causavam prejuízos ao ser humano, podendo ser consideradas como plantas daninhas. A partir do momento em que o ser humano começou a perder o hábito nômade, ou seja, quando começou a perceber que poderia cultivar vegetais e criar animais, passou a se estabelecer e permanecer em locais por longos períodos. Portanto, com o advento da agricultura, o ser humano perdeu o hábito nômade e passou a cultivar a terra para subsistência. Nessa época, dois fatos importantes ocorreram.

O ser humano passou a selecionar plantas que podia comer e plantar, tendo início a domesticação de algumas espécies cultivadas que conhecemos hoje, como o teosinto, ancestral do milho (*Zea mays*), por exemplo. Outro fato é que, à medida que a terra era lavrada, com o tempo, surgiam plantas que cresciam espontaneamente e que deviam ser controladas para não afetar os cultivos. Essas eram plantas daninhas. Nessa época, ainda não existia o conceito de planta daninha, mas é o momento mais explorado pelos autores como a época de origem das plantas daninhas.

- Visão ecológica da origem

Ecologicamente, as plantas hoje consideradas plantas daninhas tiveram origem anterior ao ser humano e evoluíram desde os primórdios da Terra. Além disso, plantas daninhas são plantas pioneiras de sucessão secundária. Pioneiras, pois são as primeiras plantas a colonizar áreas de sucessão secundária, ou seja, locais onde ocorreu algum distúrbio ambiental que eliminou previamente a vegetação existente. Assim, pode-se entender que as plantas pioneiras são espécies especialistas em colonizar áreas onde a vegetação foi eliminada. Para entender melhor, vamos pensar como ocorre a sucessão ecológica de uma floresta em que aconteceu um distúrbio ambiental que eliminou algumas árvores. Após certo distúrbio ambiental (fogo, inundação, vento, deglaciação etc.), uma floresta clímax tem uma parte das árvores eliminada, originando uma enorme clareira. Nesta clareira, a vegetação foi eliminada, expondo o solo, ou seja, deixando o solo nu, desprovido de cobertura vegetal. Nessa condição, plantas secundárias (intermediárias) e plantas clímax não conseguem se estabelecer, pois dependem de condições pré-estabelecidas pelas comunidades vegetais anteriores. Como as plantas pioneiras são especialistas em colonizar essas áreas, em função de características que serão discutidas no item subsequente, serão, então, as primeiras plantas a colonizar o solo. As clareiras são ambientes com condições semelhantes às terras cultivadas pelo ser humano primitivo, e áreas de cultivo convencional que temos ainda hoje, ou seja, desprovidas de cobertura vegetal, devido ao distúrbio causado no solo, e com grande quantidade de recursos, por serem áreas de florestas (ou, no caso de hoje, devido ao uso de fertilizantes e irrigação). Esse ambiente é propício para colonização de plantas pioneiras com estratégia adaptativa ruderal. Mas o que é estratégia adaptativa ruderal ou o que são plantas ruderais?

Grime (1979) propôs uma teoria, que ficou conhecida como Teoria de Grime, para descrever a evolução de comunidades vegetais, que pode ser extrapolada para comunidades de plantas daninhas. O autor descreve a sucessão vegetal em função de dois fatores: estresse e distúrbio. Estresse são fatores relacionados à limitação de recursos ambientais (como luz, água e nutrientes) que inibem o crescimento e desenvolvimento vegetal. Distúrbio são fatores que destroem a cobertura vegetal do solo, como inundações, queimadas, derrubada de árvores, capinas, revolvimento do solo etc. Em função da intensidade desses dois fatores, Grime (1979) propôs três

estratégias de adaptação ecológica das plantas. Em locais com alto distúrbio e baixo estresse, ou seja, locais com eliminação da vegetação e com muitos recursos (áreas de cultivo convencional, por exemplo), desenvolvem-se plantas com estratégia adaptativa Ruderal.

Na medida em que essas plantas ocupam a área e formam a cobertura vegetal, diminui gradativamente, a intensidade do distúrbio, mas ainda mantém alta a quantidade de recursos (por não serem muito competitivas, individualmente), ou seja, o estresse permanece baixo; nesses locais desenvolvem-se plantas com estratégia adaptativa Competidora. Depois de estabelecidas as plantas competidoras, a quantidade de recursos passa a ser reduzida, pois essas plantas consomem muitos recursos para seu crescimento, aumentando o estresse enquanto o distúrbio permanece baixo; nesses locais desenvolvem-se plantas com estratégia adaptativa Tolerante ao Estresse. Uma quarta situação pode ocorrer, segundo essa Teoria, quando as intensidades de estresse e distúrbio são altas, sendo que, nesse caso, segundo Grime (1979), plantas superiores não são capazes de colonizar áreas com essas características.

Plantas de cada uma dessas estratégias adaptativas apresentam características especiais que diferem uma das outras.

Plantas ruderais apresentam crescimento vegetativo rápido, produção rápida de sementes e/ou propágulos com diversificados mecanismos de dormência, sendo altamente prolíficas e, portanto, priorizam a reprodução e a formação de banco de disseminulos (sementes e propágulos) como base para a proliferação da espécie. Plantas ruderais são típicas de áreas de olericultura e de cultivo convencional.

Plantas competidoras maximizam a alocação de recursos no crescimento vegetativo em detrimento da reprodução, priorizando o desenvolvimento do dossel e exploração do solo para ocupar, eficientemente, os recursos e permitir o estabelecimento consistente. Plantas competidoras são características de áreas de plantio direto.

Plantas tolerantes ao estresse apresentam crescimento mais lento em relação às demais e se caracterizam por apresentar alta plasticidade fenotípica (facilidade de adaptação a diversas condições) e adaptações especiais para superar as limitações referentes ao seu crescimento, impostas pelo meio. Plantas tolerantes ao estresse são características de áreas de florestamento, principalmente após o segundo ano de implantação.

É importante ressaltar que a intensidade desses fatores pode ser variável, não somente alta ou baixa, pode ser intermediária, intermediária-baixa, intermediária-alta etc. Com isso, existem plantas com características ruderais e competidoras, competidoras e tolerantes ao estresse, ruderais e tolerantes ao estresse ou mesmo com as três estratégias, ruderais, competidoras e tolerantes ao estresse, apresentando, assim, características de ambas as estratégias.

Além disso, é importante ressaltar que a maioria das plantas daninhas apresentam características ruderais, principalmente em áreas de uso intensivo do solo. Deve-se lembrar, também, que plantas ruderais apresentam, basicamente, hábito herbáceo; enquanto plantas competidoras e plantas tolerantes ao estresse podem ter hábito herbáceo, arbustivo ou arbóreo.

Conhecendo as estratégias adaptativas e a sucessão de espécies vegetais, podemos avançar na origem ecológica das plantas daninhas atuais. Atribuí-se à última grande deglaciação ou desglaciação, ou seja, degelo global após o congelamento global, que ocorreu no Pleistoceno (época do período Quaternário da Era Cenozoica) há, aproximadamente, 11 a 14 mil anos, a época de origem das plantas daninhas atuais. Após a deglaciação, as áreas ficaram desprovidas de vegetação, começando a ser colonizadas, em geral, primeiramente, pelas plantas ruderais, seguindo pelas competidoras e, posteriormente, pelas tolerantes ao estresse. Após se estabelecer a comunidade pioneira, seguiu-se a secundária e, por fim, a comunidade clímax, regenerando totalmente a vegetação da Terra. Também foi no Pleistoceno que o ser humano evoluiu em sua forma atual e, principalmente, com o advento da agricultura,

exerceu influência direta na evolução das plantas daninhas, como será descrito no item subsequente.

3.2 EVOLUÇÃO DAS PLANTAS DANINHAS

A evolução das plantas daninhas está intrinsecamente ligada ao ser humano, especificamente ao desenvolvimento das atividades agrícolas. Com o advento da agricultura, o ser humano passava a dar condições ideais ao desenvolvimento das plantas cultivadas e controlava as plantas daninhas, exercendo, assim, forte pressão de seleção sobre elas. Plantas mais bem adaptadas ao cultivo do solo foram sendo selecionadas, principalmente aquelas com características ruderais, sendo essa a primeira maneira de seleção natural das espécies de ambiente agrícola. Além disso, devido à alta variabilidade genética, plantas com fluxo germinativo e ciclo de vida semelhantes aos das plantas cultivadas eram selecionadas, dispersavam seus disseminulos (sementes e propágulos) e, com isso, especializaram-se na colonização de agroecossistemas com alto distúrbio do solo. Outro fator de evolução importante para algumas plantas daninhas, atribuído ao ser humano, refere-se ao abandono de espécies previamente selecionadas ou não totalmente domesticadas pelo ser humano, ou seja, plantas selecionadas como cultivadas, mas que não obtiveram sucesso, por algum motivo, por exemplo, do capim-massambará (*Sorghum halepense*).

Além disso, um fator natural atribuído à evolução das plantas daninhas, governado pela variabilidade genética das populações, é a hibridação, dependente do fluxo gênico, ou seja, do cruzamento entre raças de plantas cultivadas e selvagens, que evoluíram para plantas daninhas muito problemáticas. Caso, por exemplo, da evolução do arroz-vermelho (*Oryza sativa*).

Com a evolução e o desenvolvimento da agricultura, as plantas daninhas foram sendo selecionadas e, a partir daí, a ideia de planta daninha passou a ser entendida pelo ser humano. A evolução dos implementos de cultivo do solo, preparo do solo e controle de plantas daninhas também permitiu a evolução das plantas daninhas, sempre pensando no fator de pressão de seleção. Nesse sentido, com advento do arado e outros implementos de cultivo do solo, sementes de algumas plantas daninhas eram enterradas devido à inversão do solo. Assim, plantas que germinavam e emergiam em grandes profundidades passaram a se adaptar a essas áreas.

Mais recentemente, com o advento do plantio direto, sem revolvimento do solo, observou-se uma mudança na flora de plantas daninhas. Essa mudança deveu-se à alteração na intensidade de estresse e distúrbio em comparação ao plantio convencional. Plantas mais adaptadas ao ambiente com menor distúrbio (plantio direto) passaram a sobressair-se em relação àquelas adaptadas a ambientes de maior distúrbio (plantio convencional). Assim, plantas como caruru (*Amaranthus* spp.), milhã (*Digitaria* spp.), entre outras, perderam importância no plantio direto, ao passo que plantas como capim-amargoso (*Digitaria insularis*), fedegoso (*Senna obtusifolia*), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), entre outras, passaram a ser mais importantes no plantio direto.

Nos últimos anos, o principal fator de seleção tem sido os herbicidas. A alta pressão de seleção exercida por esses produtos, aliada ao seu uso inadequado, tem ajudado na seleção de biótipos resistentes, tornando-se, talvez, o principal problema atual relacionado ao manejo de plantas daninhas.

3.3 AGRESSIVIDADE DAS PLANTAS DANINHAS

Os fatores que tornam as plantas daninhas especialistas em colonizar agroecossistemas, principalmente áreas com alto distúrbio, referem-se às características de agressividade. Agressividade pode ser entendida como a capacidade da planta em se estabelecer e perpetuar em determinado local. A agressividade leva em consideração, portanto, aspectos relacionados à competição pela sobrevivência (reprodução e dispersão), à capacidade de interferência e adaptação da população ao

ambiente. Portanto, uma planta considerada agressiva consegue estabelecer-se rapidamente na área, proliferar-se rapidamente e tornar-se uma espécie dominante na área.

As características de agressividade advêm da seleção das plantas pioneiras feita pelo ser humano ao longo dos anos, principalmente com a agricultura. Plantas pioneiras apresentam diversas características que as permitem sobreviver e perpetuar rapidamente, as quais, segundo Harper (1977), são:

- a) grande produção de sementes em larga faixa de condições ambientais;
- b) sementes com adaptações para dispersão a curtas e longas distâncias;
- c) sementes com diversificados e complexos mecanismos de dormência;
- d) sementes com grande longevidade;
- e) capacidade de germinação em diversos ambientes;
- f) produção contínua de sementes pelo maior tempo que as condições permitirem;
- g) desuniformidade da germinação, emergência, florescimento, frutificação, brotação de gemas em tubérculos, bulbos e rizomas;
- h) rápido crescimento vegetativo e florescimento;
- i) produção de estruturas reprodutivas alternativas (reprodução vegetativa);
- j) plantas autocompatíveis, mas não totalmente autógamas ou apomíticas (formação da semente sem fecundação);
- k) quando alógamas, agentes de polinização não-específicos e o vento;
- l) capacidade de utilização dos processos especiais de competição pela sobrevivência, como alelopatia, hábito trepador e outros;
- m) se perene, vigorosa reprodução vegetativa ou regeneração de fragmentos;
- n) se perene, fragilidade na região do colo, de modo a não poderem ser arrancadas totalmente do solo.

Segundo Baker (1974), uma planta que apresentar todas essas características é considerada uma planta daninha ideal. No entanto, as plantas daninhas não necessariamente apresentam todas essas características. Quanto mais dessas características uma planta apresentar, maior será seu grau de agressividade e, conseqüentemente, mais difícil será seu controle.

As principais características de agressividade são descritas a seguir, de acordo com Pitelli e Pitelli (2008).

Rápido desenvolvimento e crescimento inicial: a ocupação rápida e efetiva do solo é um atributo muito importante e inerente de, praticamente, todas as plantas daninhas. O rápido crescimento vegetativo e, conseqüente, passagem do estágio vegetativo para o reprodutivo é uma característica extremamente importante para as plantas daninhas, permitindo, muitas vezes, que mais de uma geração ocorra por estação de crescimento. Além disso, muitas vezes, algumas plantas daninhas encurtam o ciclo, ou seja, produzem sementes em curto tempo, quando submetidas a condições altamente estressantes (de falta de recursos), como, por exemplo, os carurus (*Amaranthus* spp.), as buvas (*Conyza* spp.), entre outras, o que garante o abastecimento do banco de disseminulos com, ao menos, um pouco de sementes.

Grande capacidade de produção de diásporos (sementes dotadas de estruturas de dispersão). Por advirem das plantas pioneiras, as plantas daninhas, de maneira geral, são muito prolíficas. O grande número de diásporos produzidos pelas plantas daninhas contribui para a manutenção do banco de mesmo quando submetidas à grande pressão ambiental negativa, sempre permanecendo sementes viáveis no solo para garantir infestações futuras. Outra importância do grande número de sementes é a manutenção da variabilidade genética populacional e possibilidade de ocorrência de plantas tolerantes ou resistentes às pressões de seleção (natural ou humana) impostas no ambiente. A serralha (*Sonchus oleraceus*) pode produzir, em média, 400.000 sementes por planta; a buva (*Conyza* spp.), de 150.000 a 200.000 sementes por planta; o caruru (*Amaranthus* spp.), de 100.000 a 150.000 sementes por plantas, a maria-

pretinha (*Solanum americanum*), cerca de 178.000 sementes por planta, sendo que muitas outras espécies produzem mais de 50.000 sementes por planta.

Grande longevidade dos disseminulos: a longevidade é muito variável em função da espécie e das condições ambientais, sendo mantida por meio de complexos e diversificados mecanismos de dormência. A longevidade é responsável pela viabilidade das sementes no solo e é garantia para infestações futuras da área. Estima-se que sementes de ançarinha-branca (*Chenopodium album*) tenham longevidade de até 1.700 anos e de lótus-da-Índia (*Nelumbo nucifera*), de 1.040 anos. Sementes de erva-de-bicho (*Polygonum* spp.) podem ficar viáveis no solo por 400 anos, enquanto de pastinho-de-inverno (*Poa annua*), 68 anos, e bolsa-do-campo (*Thlaspi arvense*), 30 anos. Muitas outras espécies, ainda, podem ter longevidade de muitos anos.

Capacidade de desenvolvimento de sementes viáveis a partir de estruturas florais em desenvolvimento: expressa a capacidade de maturação de frutos e sementes após o desligamento da planta-mãe sem terem atingido, previamente, a maturação. Pode ocorrer em plantas como picão-preto (*Bidens pilosa*), espécies de serralha (*Sonchus arvensis*) e maria-mole (*Senecio vulgaris*). O não conhecimento desta capacidade pode levar o agricultor a controlar plantas em estágio final de florescimento ou início de frutificação e ainda ter problemas com essas plantas.

Utilização de mecanismos alternativos de reprodução: muitas plantas daninhas reproduzem-se assexuadamente, por meio de estruturas vegetativas. Além disso, muitas delas apresentam tanto reprodução sexuada quanto assexuada, tornando-as mais problemáticas e mais eficientes na colonização do solo. Plantas com essas características são o capim-massambará (*Sorghum halepense*), o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), as tiriricas (*Cyperus* spp.), entre outras. A trapoeraba (*Commelina benghalensis*) apresenta dois tipos de estruturas seminíferas (sementes): uma é considerada aérea, produzida e desenvolvida na parte aérea (pequena e de fácil dispersão); e outra considerada subterrânea, sendo que após a polinização das flores, o pedúnculo floral é direcionado e enterrado no solo, onde se desenvolvem o fruto e as sementes (maior e de difícil dispersão).

Grande facilidade de dispersão de sementes e outras estruturas de reprodução: a dispersão é um dos principais fatores de agressividade das plantas daninhas. Os agentes de dispersão, em quase sua totalidade, não são específicos. As sementes, na grande maioria das vezes, são dotadas de estruturas de dispersão, além de serem muito pequenas e leves, o que facilita sua dispersão e disseminação.

Desuniformidade no processo germinativo: excelente estratégia de sobrevivência para plantas que são submetidas a ações sistemáticas de controle. Caso todas as sementes germinassem conjuntamente, o controle seria rápido e o banco de disseminulos seria reduzido facilmente. A desuniformidade ocorre em função dos mecanismos de dormência e da distribuição das sementes em diferentes profundidades do solo, além da adaptação ecofisiológica das populações ao ambiente.

Capacidade de germinação e emergência de grandes profundidades: Essa característica é considerada de evolução recente, pois a pressão de seleção foi possível apenas com o advento do processo de trabalho mecânico do solo, como já descrito no processo de evolução das plantas daninhas. É importante, pois permite que as sementes germinem em situações em que a superfície do solo está seca e as plantas cultivadas têm dificuldade de germinação. Além disso, há garantia de suprimento de umidade para as plantas daninhas, principalmente nas primeiras fases do desenvolvimento. Plantas de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) podem germinar de profundidades de até 20 cm; plantas de aveia-selvagem (*Avena fatua*), de até 17,5 cm; plantas de corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), de até 12 cm.

CAPÍTULO 2

MECANISMOS DE SOBREVIVÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS

Este capítulo trata dos processos de infestação e sobrevivência das populações nos solos. Por Infestação, entende-se o processo de rápida reprodução, produção intensa e disseminação facilitada das estruturas reprodutivas, armazenamento dos disseminulos viáveis no solo e germinação e estabelecimento das plantas na área, possibilitando sua rápida colonização. Esse processo é regulado pelos diversos e complexos mecanismos de dormência das plantas daninhas. Com isso, as plantas daninhas podem perpetuar-se intensamente e regular o fluxo de gerações ao longo do tempo, garantindo sua sobrevivência no solo e a possibilidade de reinfestações ou recolonizações futuras das áreas.

1. REPRODUÇÃO

As plantas daninhas, assim como qualquer planta, podem reproduzir-se por meio sexuado (reprodução sexuada ou seminífera) ou por meio assexuado (reprodução assexuada ou vegetativa). Para que ocorra a reprodução sexuada, há necessidade de polinização e fecundação do óvulo, o que não é necessário na reprodução assexuada. Além disso, é importante ressaltar que algumas plantas, daninhas ou não, podem apresentar os dois tipos de reprodução, sexuada e assexuada, na mesma planta.

1.2 REPRODUÇÃO SEXUADA

A primeira etapa da reprodução sexuada é a polinização. Polinização é o processo de transferência de células reprodutivas masculinas, por meio dos grãos de pólen que estão localizados nas anteras, para o receptor feminino, denominado estigma.

Grande parte das plantas daninhas é autógama, se autopolinizam, sendo, hermafroditas. A planta hermafrodita pode possuir flores masculinas e femininas ou mesmo flores com os dois aparelhos reprodutores na mesma planta. Mas não por isso plantas autógamas não necessitarão de agentes polinizadores para se reproduzirem. Além disso, parte das plantas daninhas é alógama, necessitando de agentes polinizadores para se reproduzirem sexualmente. Assim, a participação dos agentes polinizadores é essencial para a reprodução sexuada das plantas daninhas.

Para que a planta daninha tenha maior sucesso na colonização das áreas é importante que não possua agentes de polinização específicos e que seja facilmente polinizada pelo vento. Os principais agentes polinizadores de plantas daninhas, e o respectivo tipo de polinização, são: vento (Anemofilia), insetos diversos (Entomofilia), aves diversas (Ornitofilia), água (Hidrofilia), morcegos (Quiropterofilia) e ser humano (Antropofilia).

A etapa seguinte à polinização é a fecundação. Fecundação (ou fertilização) é o processo de fusão do gameta masculino (núcleos espermáticos), presente nos grãos de pólen, com o gameta feminino (oosfera), presente no interior do óvulo, originando a semente, que é a unidade sexuada de reprodução das plantas. Além disso, do desenvolvimento do ovário surge o fruto (contendo, em seu interior, a semente), que, muitas vezes, é a unidade de dispersão das plantas sexuadas.

Muitas plantas daninhas reproduzem-se apenas por meio sexuada, como, por exemplo: azevém (*Lolium multiflorum*), buva (*Conyza* spp.), picão-preto (*Bidens* spp.) e caruru (*Amaranthus* spp.).

1.3 REPRODUÇÃO ASSEXUADA

Reprodução assexuada ocorre quando não há fusão de gametas masculinos com gametas femininos. As plantas que se originam da reprodução assexuada são

clones do progenitor, apresentando, portanto, características genéticas idênticas à planta-mãe. Os tipos de reprodução assexuada podem ser vários, destacando-se para plantas daninhas:

- a) *Apomixia* – produção de sementes sem fecundação dos óvulos;
- b) *Multiplicação vegetativa* – germinação de gemas e/ou enraizamento de estruturas de propagação (propágulos), como bulbos, tubérculos, rizomas e estolões;
- c) *Brotação* – algumas plantas daninhas podem, ainda, simplesmente brotar de gemas presentes nas raízes, nos caules e nas folhas;
- d) *Fragmentação* – algumas plantas daninhas podem, ainda, brotar de gemas presentes em estruturas fragmentadas, como raízes, caules e folhas. A diferença para a brotação (acima descrita) é que, neste caso, a estrutura é separada da planta-mãe, o que não ocorre na brotação.

Bulbo é uma estrutura subterrânea, de reserva e de reprodução vegetativa, formada por parte do caule e folhas modificadas. Plantas conhecidas com bulbos são a cebola e o alho (forma bulbilhos, sendo que o conjunto de bulbilhos forma o bulbo – bulbilhos podem ser aéreos). Planta daninha que apresenta bulbo é: trevo (*Oxalis* spp.).

Tubérculo é um tipo de caule subterrâneo arredondado e, geralmente, curto, de reserva e de reprodução vegetativa. Uma planta conhecida com tubérculos é a batata-inglesa. Plantas daninhas que apresentam tubérculos são: tiririca (*Cyperus* spp.) e falsa-tiririca (*Hypoxis decumbens*).

Rizoma é um tipo de caule subterrâneo longo com função de reserva e de reprodução vegetativa. Apresenta aspecto de raiz bem grossa e rudimentar. Plantas daninhas que apresentam rizomas são: capim-amargoso (*Digitaria insularis*), tiririca (*Cyperus* spp.) e grama-seda (*Cynodon dactylon*).

Estolão (ou estolho) é um tipo de caule longo que cresce paralelamente ao solo (pode desenvolver-se a uma profundidade bem pequena), com função de reprodução vegetativa, basicamente. Apresenta aspecto de um perfilho, praticamente sem folhas, bem fino e delicado. Plantas daninhas que apresentam estolões são: grama-seda (*Cynodon dactylon*), grama-boiadeira (*Luziola peruviana*) e capim-derhodes (*Chloris gayana*).

1.4 PLANTAS DANINHAS COM REPRODUÇÃO SEXUADA E ASSEXUADA

Muitas plantas daninhas com reprodução vegetativa apresentam reprodução seminífera. Plantas com essa característica, normalmente, são perenes, com alto potencial infestante e de difícil controle. Como exemplos de plantas daninhas com reprodução tanto sexuada quanto assexuada destacam-se: tiririca (*Cyperus* spp.), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), sagitária (*Sagittaria* spp.), trapoeraba (*Commelina* spp.), capim-de-rodhes (*Chloris gayana*), capim-dos-pampas (*Cortaderia selloana*) e grama-seda (*Cynodon dactylon*).

2. DISSEMINAÇÃO

Entender-se-á dispersão como sendo o espalhamento das estruturas reprodutivas seminíferas, ou seja, sexuadas; disseminação, por sua vez, considerar-se-á como sendo o espalhamento de dissemínulos, ou seja, tanto de estruturas reprodutivas sexuadas (sementes, diásporos, ou mesmo o próprio fruto) quanto estruturas vegetativas, ou seja, os propágulos (bulbos, rizomas, estolões e tubérculos).

A dispersão das plantas daninhas pode ser realizada por meios inerentes ou próprios à planta-mãe (Autocoria) ou por agentes de dispersão, por meios não-inerentes à planta-mãe (Alocoria). No caso, a autocoria, basicamente, deve ser considerada como dispersão, pois a própria planta-mãe não possui meios próprios de espalhamento das estruturas vegetativas. Portanto, quando se referir a espalhamento de estruturas

vegetativas deve pensar em espalhamento por ação de agentes de dispersão, caracterizando a alocoria.

É importante ressaltar que a autocoria é bem limitada quanto à colonização eficiente de áreas extensas, pois é pouco abrangente em área, ou seja, a planta-mãe não consegue lançar suas estruturas de reprodução sexuada a distâncias maiores que o limite de sua copa, com raras exceções para plantas que apresentam frutos deiscientes com propulsão mecânica (deiscência explosiva). O leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) é um exemplo de planta daninha com propulsão mecânica, podendo lançar suas sementes de 2 a 5 metros de distância da planta-mãe.

Vários são os agentes de dispersão de estruturas de reprodução sexuada de plantas daninhas, destacando-se:

a) *Vento* (Anemocoria) – importante para diásporos dotados de pelos (*Emilia sonchifolia* – falsa-serralha, *Sonchus oleraceus* – serralha, *Conyza* spp. – buva, entre outras), e sementes ou diásporos pequenos e leves (*Amaranthus* spp. – caruru, *Portulaca oleracea* – beldroega, entre outras). Também importante para diásporos dotados de alas (alados), não muito comum para plantas daninhas;

b) *Água* (Hidrocoria) – importante para estruturas reprodutivas secas e leves e/ou menos densas que a água, sendo comum para muitas espécies;

c) *Animais* (Zoocoria) – importante para muitas espécies, sendo que para participação do ser humano há uma designação especial de Antropocoria. A Zoocoria é dividida em duas: Epizoocoria (quando a estrutura reprodutiva é carregada externamente ao corpo do animal) e Endozoocoria (quando a estrutura reprodutiva é carregada internamente ao corpo do animal). A Epizoocoria é importante para plantas cujos diásporos são dotados de estruturas de dispersão que aderem ao animal (*Bidens* spp. – picão-preto, *Cenchrus echinatus* – capim-carrapicho, carrapicho-de-carneiro – *Acanthospermum hispidum*). A Endozoocoria é importante para frutos carnosos e coloridos (*Momocardia charantia* – melão-de-são-caetano) e plantas usadas em pastejo (*Paspalum notatum* – grama-batatais).

3. BANCO DE DISSEMÍNULOS

Banco de dissemínulos faz referência ao banco de sementes descrito em outras obras. Banco de sementes é conceituado como o “montante de sementes e outras estruturas de propagação presentes no solo ou em restos vegetais” (Carmona, 1992). De acordo com o conceito, o banco de sementes engloba sementes e outras estruturas de reprodução vegetativa. Assim, como o termo usado para definir o conjunto de estruturas de reprodução sexuada (sementes, diásporos ou o próprio fruto) e de estruturas de reprodução assexuada (bulbos, tubérculos, rizomas e estolões) é dissemínulo, julga-se mais adequado para descrever o montante de estruturas de reprodução de plantas presentes no solo ou nos restos vegetais como banco de dissemínulos.

Há dois tipos de banco de dissemínulos:

- a) *Transitório* – constituído por dissemínulos viáveis por menos de um ano;
- b) *Persistente* – constituído por dissemínulos que não germinam no primeiro ano e que permanecem viáveis por mais de um ano. Nesse tipo de banco, os dissemínulos (principalmente as sementes) apresentam diversos e complexos mecanismos de dormência ou estão enterrados a profundidades que limitam a obtenção de oxigênio e luz, recursos requeridos para germinação (maiores esclarecimentos no item subsequente), sendo a principal fonte de ocupação/colonização futura da área pelas plantas daninhas.

4. DENSIDADE E COMPOSIÇÃO

A composição e a densidade do banco de disseminulos são variáveis em função das condições edafo-climáticas e de manejo do solo e da vegetação emergente. Por exemplo, espécies mais adaptadas a climas temperados serão mais numerosas em regiões temperadas, espécies mais adaptadas a solos férteis serão mais numerosas em locais de uso contínuo e em grande quantidade de adubos etc. Além disso, o manejo que se emprega na área também é importante, em função da adaptação de certas espécies a determinada pressão de seleção (manejo, nesse caso). Por exemplo, sementes com mais reserva possibilitam a germinação a maiores profundidades, sendo que o revolvimento do solo não é um impedimento para sua germinação e emergência; nesse mesmo caso, a presença de palha sobre o solo (no caso do plantio direto) não seria um impedimento tão grande para sementes com essa característica do que para sementes com pouca reserva.

No entanto, de maneira geral, o banco de disseminulos apresenta características semelhantes em todos os ambientes. Cerca de 70 a 90% dos disseminulos do banco são compostos por uma parcela muito pequena de espécies que dominam a área. Essas espécies são extremamente agressivas e adaptadas às condições edafo-climáticas, além de tolerar o manejo aplicado à área. Outra parcela menor, cerca de 10 a 20% dos disseminulos do banco são compostos por espécies adaptadas às condições edafo-climáticas, mas que não toleram o manejo aplicado à área. Por fim, até 10% dos disseminulos do banco são compostos por espécies recém-introduzidas (podendo ser da própria cultura, em áreas agrícolas) e sementes inviáveis (podendo ser das culturas anteriores, em áreas agrícolas).

5. DINÂMICA

A dinâmica do banco de disseminulos pode ser entendida como o balanço dos processos de entrada (chamados de processos de depósito) e saída (chamados de processos de retirada) de estruturas de reprodução do solo.

Processos de depósito são governados por: produção e disseminação de estruturas reprodutivas de espécies presentes na área (conhecido como chuva de sementes, embora, não necessariamente, sejam apenas sementes); disseminação de estruturas de reprodução de espécies presentes na área, porém vindos de outras áreas; disseminação de estruturas de reprodução de espécies não presentes na área, vindos, logicamente, de outras áreas.

Processos de retirada são governados por: predação e deterioração, processos que causam algum dano ao disseminulo e que inviabilizam sua germinação; morte fisiológica (ou senescência), processo que inviabiliza, naturalmente, os disseminulos por ação do tempo; e a germinação, propriamente, que elimina os disseminulos do solo, gerando um novo indivíduo.

O balanço entre os processos de entrada e saída é que determinam a densidade do banco de disseminulos. Caso os processos de entrada ocorram mais intensamente, a densidade do banco vai aumentar, sendo o contrário verdadeiro. Além disso, é importante lembrar que algumas características das plantas daninhas permitem que essas plantas apresentem tendência em, sempre, aumentar a densidade do banco, em função do seu tipo de estratégia de adaptação ecológica. Portanto, sendo altamente prolíficas e com mecanismos diversos de dormência, a tendência é que o banco de disseminulos das plantas daninhas seja muito denso, devendo serem bem manejadas para que se consiga diminuí-lo e reduzir os problemas de interferência das plantas daninhas.

6. DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO

A dormência e germinação de sementes e propágulos de plantas daninhas são processos inteiramente ligados à dinâmica do banco de disseminulos. São processos antagônicos, ou seja, a dormência está ligada à manutenção do disseminulo no banco, enquanto a germinação, à retirada do disseminulo no banco, permitindo que nova planta seja gerada e produza mais estruturas de reprodução.

A dormência é um processo de não germinação da semente ou do propágulo mesmo que esse tenha condições ambientais ideais para sua germinação. A semente dormente (e alguns propágulos) apresenta alguma restrição interna ou sistêmica que impede sua germinação, sendo influenciada por fatores genéticos e ambientais que são requeridos para ativar o metabolismo do embrião e permitir a germinação.

Superada a dormência, a semente está apta a germinar desde que haja condições ambientais adequadas, principalmente de temperatura e umidade do solo.

Toda semente é composta por uma estrutura de proteção (tegumento), uma estrutura de reserva (endosperma ou cotilédones) e o embrião. A germinação é entendida, como o conjunto de processos, fisiológicos e metabólicos, que se iniciam logo após a embebição da semente e culminam no rompimento do tegumento pelo caulículo (que se desenvolverá em caules/colmos e folhas) e/ou a radícula (que se desenvolverá em raízes). Sabe-se que uma semente germinou quando o embrião cresceu e rompeu o tegumento. Dessa maneira, o processo germinativo só se inicia após a embebição da semente, que é um processo basicamente físico, ou seja, não depende do metabolismo da semente.

CAPÍTULO 3

CONVIVÊNCIA COM AS PLANTAS DANINHAS

A convivência com plantas daninhas normalmente está associada à sua presença dentro de culturas agrícolas. No entanto, a presença de plantas daninhas em qualquer área de interesse humano, convivendo com outras plantas, animais ou o próprio ser humano, pode ser considerado um fator de interferência nessa atividade.

1. INTERFERÊNCIA

Interferência pode ser entendida como “o conjunto de ações negativas que recebe determinado cultivo agrícola, ou qualquer atividade humana (pecuária, florestal, ornamentação, ambiência etc.), em decorrência da presença de plantas daninhas em determinado ambiente” (adaptado de Pitelli, 1987). Essas ações negativas decorrem de pressões bióticas e abióticas, as quais condicionam efeitos negativos que afetam o crescimento e o desenvolvimento de plantas daninhas e cultivadas (ou qualquer outra atividade humana). Esses efeitos negativos, por sua vez, são resultado de um total de pressões ambientais ligadas, direta ou indiretamente, a presença das plantas daninhas no ambiente de interesse humano. Quando se tem efeitos diretos das plantas daninhas sobre a atividade humana, denomina-se de interferência direta; quando os efeitos são indiretos denomina-se de interferência indireta.

Não há um conceito específico sobre interferência direta e indireta. No entanto, a soma desses efeitos, dentre outros fatores, determina o grau de interferência (que será discutido mais adiante). A interferência foi primeiramente discutida em relação às interações entre plantas daninhas e plantas cultivadas. Nesse sentido, podemos citar diferentes interações que compõem a interferência, como competição, alelopatia, parasitismo, agente hospedeiro de pragas, doenças etc., agente depreciador de produtos agrícolas e agente limitador de atividades de manejo. Porém, a interação não se restringe a atividades agrícolas. Podem-se relacionar outros fatores que compõem a interferência em atividade pecuária, por exemplo, como agente depreciador do produto

pecuário, agente tóxico para animais, agente limitador de gases dissolvidos na água etc. Por fim, pode-se pensar em outras atividades humanas em que plantas daninhas estão agindo como agente depreciador do ambiente, agente redutor da vida útil de corpos d'água, agente limitador de navegação de corpos d'água, agente limitador de geração de energia etc.

Antes de discutir interferência direta e indireta, é importante ressaltar que sempre, na relação de interferência, haverá um agente causador do efeito e outro agente receptor do efeito. Quando o agente causador do efeito é da mesma espécie que o agente receptor do efeito, denomina-se de interferência intraespecífica; quando o agente causador não é da mesma espécie que o agente receptor, denomina-se de interferência interespecífica. Lembrando-se que as interações que ocorrem no ambiente são muito dinâmicas e, em função disso, as interferências intra e interespecíficas podem ocorrer ao mesmo tempo, sendo, praticamente, impossível distingui-las em condições naturais.

1.1 INTERFERÊNCIA DIRETA

A interferência direta é composta por fatores que expressam efeitos diretos da presença das plantas daninhas, como a competição, a alelopatia, o parasitismo, depreciação do produto, intoxicação por plantas, entupimento de comportas, pontes e bueiros, redução da vida útil de corpos d'água etc., resultando em redução quantitativa ou qualitativa do produto adquirido em determinada atividade humana.

1.1.1 COMPETIÇÃO

A competição é uma interação entre seres vivos em que há prejuízo para ambos os indivíduos envolvidos. Normalmente, a competição é descrita para a interação planta-planta em que há limitação de algum recurso ambiental exigido para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Portanto, a competição somente vai ocorrer quando ao menos um recurso estiver limitado no meio. Caso o meio forneça o recurso em quantidade suficiente para atender a demanda de ambos os indivíduos, o simples fato de estarem convivendo não garante que a competição vai se estabelecer.

A competição pode ainda advir de uma interação entre plantas e outros seres vivos que se utilizam dos mesmos recursos que os vegetais. Por exemplo, a presença de plantas aquáticas em reservatórios utilizados na criação de peixes pode limitar a quantidade de gases dissolvidos, principalmente O₂, e causar mortalidade dos animais. Essa limitação também está envolvida na redução da vida útil dos corpos d'água.

Principalmente na interação planta-planta, os principais recursos passíveis de competição são: água, nutrientes, luz e espaço; podendo haver limitação de gases (CO₂ e O₂). É importante ressaltar que a ocupação do espaço (limitação de espaço), está diretamente relacionada à competição por água, nutrientes e luz, ou seja, quando a planta ocupa mais espaço, conseqüentemente, pode alocar mais recursos do meio.

Na competição, determinada planta aloca recursos do meio e impossibilita que outra planta possa também fazer uso desse recurso. Com isso, a primeira planta está diretamente impedindo que a segunda planta cresça e se desenvolva, caracterizando a interferência direta. Nesse caso, o principal efeito é a redução na quantidade de produto produzido (produtividade).

A competição é considerada a principal causa de redução de produtividade em cultivos agrícolas, pois as plantas daninhas requerem, para seu crescimento e desenvolvimento, sempre os mesmos recursos que as plantas cultivadas. Porém, de maneira geral, é praticamente impossível separar, no campo, os efeitos oriundos da competição e da alelopatia (que será discutida a seguir), considerando o termo interferência mais adequado para descrever os efeitos negativos que ocorrem quando plantas daninhas convivem e causam reduções de produtividade em culturas agrícolas.

1.1.2 ALELOPATIA

A alelopatia é uma interação entre seres vivos em que ao menos um dos indivíduos envolvidos é prejudicado, enquanto o outro pode se beneficiar ou não da interação, sendo conceituada como “qualquer processo envolvendo metabólitos secundários produzidos pelas plantas e micro-organismos que influencia o crescimento e o desenvolvimento de sistemas agrícolas e biológicos (incluindo animais)” (Sociedade Internacional de Alelopatia, 1996). Nesse sentido, na interação planta-planta, entende-se que uma planta produz e libera no ambiente algum metabólito secundário (denominado de aleloquímico ou composto alelopático) que exercerá algum efeito inibidor no crescimento e no desenvolvimento de outra planta, caracterizando a interferência direta. Nesse caso, o principal efeito é a redução na quantidade de produto produzido (produtividade).

1.1.3 PARASITISMO

O parasitismo consiste em uma interação entre seres vivos em que um indivíduo envolvido vai se beneficiar da interação em detrimento do outro. Um indivíduo vai consumir os fotoassimilados produzidos por outro indivíduo, caracterizando a interferência direta. Nesse caso, o principal efeito é a redução na quantidade de produto produzido (produtividade).

Poucos são os casos de plantas daninhas parasitas de importância. Como exemplo, pode-se destacar: erva-de-bruxa (*Striga* spp.), orobanche (*Orobanche* spp.), erva-de-passarinho (*Struthantus* spp.) e cipó-chumbo (*Cuscuta* spp.). As duas primeiras plantas são de maior importância agrícola, porém não ocorrem no Brasil ou têm ocorrência muito restrita. As outras duas são mais importantes no Brasil, mas não em áreas agrícolas.

1.1.4 INTOXICAÇÃO POR PLANTAS

Plantas tóxicas, que contenham alguma substância com potencial de intoxicação de seres humanos e/ou animais de produção, quando ingeridas, podem inibir o apetite, desenvolver doenças etc., reduzindo a quantidade de produto produzido; além disso, podem, por exemplo, ser substâncias que não reduzam o ganho de peso do animal, mas que conferem sabor ruim à carne, ao leite ou outro produto, reduzindo a qualidade do produto. Em ambos os casos, o efeito da planta é direto sobre os animais, caracterizando a interferência direta. *Sida* spp. (guanxuma) e *Senecio* spp. (flor-dasalmas) e *Baccharis coridifolia* (mio-mio) são exemplos de plantas tóxicas ao gado.

1.1.5 ENTUPIMENTO COMPORTAS, PONTES E BUEIROS

Outro exemplo de interferência direta ocorre quando as plantas atuam como barreira viva para alguma atividade. Por exemplo, o entupimento de grades de comportas de hidroelétricas por plantas daninhas aquáticas podem afetar diretamente o fluxo de água nas turbinas (elódea – *Egeria densa*) e, conseqüentemente, reduzir a quantidade de energia gerada; outro exemplo é o entupimento de pontes e bueiros em áreas urbanas, prejudicando o fluxo de água nas galerias subterrâneas de esgoto e podendo causar alagamentos nas cidades.

1.1.6 REDUÇÃO DA VIDA ÚTIL DE CORPOS D'ÁGUA

A redução na vida útil de corpos d'água pode ser entendida de três maneiras: como um impedimento direto para alguma atividade humana, como navegação, pesca, náutica, irrigação etc.; como um efeito da perda d'água por meio da evapotranspiração

que reduz o volume de água (presença de aguapé – *Eichornia crassipes*); ou mesmo como um efeito da competição, ou seja, do uso de gases dissolvidos pelas plantas, podendo matar peixes de criação. Em todos os casos, há um efeito direto da presença das plantas daninhas, caracterizando a interferência direta.

1.2 INTERFERÊNCIA INDIRETA

A interferência indireta é composta por fatores que expressam efeitos indiretos da presença das plantas daninhas como hospedagem de pragas, doenças etc., e os prejuízos causados a atividades de manejo, resultando em redução quantitativa ou qualitativa do produto adquirido em determinada atividade humana.

1.2.1 HOSPEDAGEM DE PRAGAS, DOENÇAS ETC.

Muitas plantas daninhas hospedam insetos, fungos, bactérias, vírus, nematoides, ácaros e outros micro-organismos fitopatogênicos que podem ser potenciais pragas de culturas agrícolas. Nesse caso, a presença da planta daninha na área vai aumentar a quantidade da praga, aumentando o risco para a cultura. Como a praga é que vai causar algum prejuízo à cultura, seja quantitativo ou qualitativo, e não as plantas daninhas, caracteriza-se, portanto, a interferência indireta.

Plantas daninhas como serralha (*Sonchus oleraceus*), carurus (*Amaranthus* spp.), ançarinha-branca (*Chenopodium album*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e guanxumas (*Sida* spp.) são hospedeiras da mosca-branca (*Bemisia tabaci*). Balãozinho (*Nicandra physaloides*), papuã (*Urochloa plantaginea*) e picão-preto (*Bidens pilosa*) são plantas hospedeiras de nematoides *Meloidogyne* spp.

1.2.2 DEPRECIAÇÃO DO PRODUTO

A depreciação do produto decorre da presença da planta daninha, ou parte dela, no produto produzido. Por exemplo, batata colhida com tubérculos de tiririca dentro; algodão colhido com diásporos de picão-preto (*Bidens* spp.) ou capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), entre outros, aderidos às plúmulas; lã de carneiro com diásporos de carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*) aderidos etc. Outro exemplo é a presença de sementes de algumas plantas daninhas em lotes de sementes de plantas cultivadas (arroz-vermelho em sementes de arroz).

Nesse caso, o principal efeito não é a redução na quantidade de produto produzido (produtividade), mas sim na qualidade do produto enviado para beneficiamento.

1.2.3 PREJUÍZOS A ATIVIDADES DE MANEJO

Algumas plantas daninhas atuam diretamente sobre alguma atividade de manejo, como a aplicação de defensivos, a colheita etc., reduzindo a eficiência dessa atividade. A consequência final pode ser o aumento nas perdas ocorridas na colheita. Nesse caso, as plantas daninhas não interferem diretamente na quantidade produzida pela cultura (que atinge seu potencial produtivo), mas afeta a atividade de manejo que, por sua vez, impossibilita a colheita de toda a quantidade produzida, reduzindo a produtividade em função do aumento nas perdas na colheita. Esse é um caso típico da presença de plantas daninhas no final do ciclo das culturas, principalmente das plantas trepadeiras que podem causar embuchamento das colhedoras, como as cordas-de-viola (*Ipomoea* spp.) e as jitiranas (*Merremia* spp.). Outras plantas também podem acarretar problemas na colheita manual, como mucuna (*Mucuna pruriensis*) que contém substâncias alérgicas, ou mesmo picão-preto (*Bidens* spp.), carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*) e capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), cujos diásporos podem causar ferimentos no trabalhador.

1.3 GRAU DE INTERFERÊNCIA

A intensidade dos efeitos diretos e indiretos, decorrentes da presença das plantas daninhas, sobre as atividades humanas determina o grau de interferência, que pode ser conceituado como “a redução percentual da produção econômica de determinada cultura (ou qualquer atividade humana), provocada pela interferência de plantas daninhas” (adaptado de Pitelli, 1985).

O grau de interferência é influenciado por fatores bióticos e abióticos do ambiente, os quais são condicionados por fatores edafo-climáticos. Pitelli (1985) destaca quatro componentes do grau de interferência em ambientes agrícolas: comunidade infestante, cultura agrícola, manejo da área e período de convivência das plantas daninhas com as culturas agrícolas. Esses quatro fatores são todos influenciados e condicionados por fatores de solo e clima.

1.3.1 COMUNIDADE INFESTANTE

Os fatores que compõem os efeitos derivados da comunidade infestante sobre o grau de interferência são: a composição específica (há espécies mais competitivas que outras), a densidade de plantas (em geral, densidades mais altas promovem maior interferência, até o limite da interferência intraespecífica) e pela distribuição das plantas na área (distribuições aleatórias, ou mais próximas à uniforme, promovem maior interferência).

1.3.2 CULTURA AGRÍCOLA

Os fatores que compõem os efeitos derivados da cultura agrícola sobre o grau de interferência são: o genótipo (há espécies que são mais competitivas, assim como, dentro da mesma espécie, há cultivares mais competitivos que outros, que crescem mais rápido e fecham a entrelinha rapidamente), a população e o arranjo de plantas (em geral, quanto menor o espaçamento entrelinhas, mais rapidamente o dossel sombreia a entrelinha e inibe a germinação e/ou crescimento das plantas daninhas, assim como, densidades mais altas promovem, em geral, maior capacidade competitiva; além de que plantas distribuídas mais uniformemente podem aproveitar melhor os recursos para seu crescimento).

1.3.3 MANEJO DA ÁREA DE PRODUÇÃO

Todo manejo empregado na área vai influenciar tanto plantas cultivadas quanto plantas daninhas. Adubações, por exemplo, favorecem o crescimento de ambas; assim, plantas daninhas que alocam quantidades grandes de recursos podem inibir mais rapidamente e intensamente o crescimento da cultura. O controle fitossanitário também influencia ambas as plantas. Por isso, o controle das plantas daninhas deve ser eficiente para que essa vegetação não usufrua melhor do manejo da área que as plantas cultivadas.

1.4 PERÍODO DE CONVIVÊNCIA ENTRE PLANTAS DANINHAS E CULTIVADAS

O período em que as plantas daninhas convivem com as culturas agrícolas é um dos principais fatores que compõem o grau de interferência. De maneira geral, quanto mais longo o tempo de convivência, mais intenso poderá ser o grau de interferência. Porém, não somente o tempo de convivência, mas também a época em que ocorre a convivência é importante. Sabe-se que no início do ciclo e no final do ciclo da cultura, a presença das plantas daninhas pode não acarretar interferência. Em função disso, três

períodos de interferência foram propostos por Pitelli e Durigan (1984): o período anterior à interferência (PAI), o período total de prevenção à interferência (PTPI) e o período crítico de prevenção à interferência (PCPI).

1.4.1 PERÍODO ANTERIOR À INTERFERÊNCIA

Há um período no início do ciclo, após o plantio, em que a convivência não acarreta interferência, pois a quantidade de recursos do ambiente é suficiente para suprir as necessidades tanto das plantas daninhas quanto das plantas cultivadas. Esse período inicia-se no plantio (ou na emergência) e estende-se até o momento em que as necessidades das plantas daninhas e das cultivadas suplantam a quantidade de recursos disponível no ambiente, estabelecendo-se, portanto, o início da interferência. Tal período é denominado de Período anterior à interferência (PAI).

Em teoria, nesse período as plantas daninhas podem crescer livremente, não necessitando ser controladas, pois a interferência não se estabelece. Porém, caso haja plantas de difícil controle, com reprodução vegetativa e/ou que estejam em fase reprodutiva, produzindo sementes, pode ocorrer aumento do banco de disseminulos ou estabelecimento de plantas em estágio avançado de desenvolvimento (fora do estágio adequado para o controle químico) e de difícil controle, o que pode gerar problemas de manejo e interferência mais intensa no meio do ciclo da cultura.

1.4.2 PERÍODO TOTAL DE PREVENÇÃO À INTERFERÊNCIA

Há um período em que, teoricamente, a ação residual dos herbicidas aplicados ao solo deve cobrir até o momento em que a própria cultura, por si só, seja capaz de inibir a emergência e/ou o crescimento das plantas daninhas (por sombrear as entrelinhas). Esse período inicia-se no plantio (ou na emergência) e estende-se até o momento descrito acima (fechamento das entrelinhas, normalmente). Tal período é denominado de Período total de prevenção à interferência (PTPI). Portanto, o PTPI compreende todo o PAI mais um período crítico que será descrito a seguir.

Em teoria, após esse período, as plantas daninhas podem crescer livremente, pois não são mais capazes de acarretar interferência. Porém, caso plantas que possam interferir na colheita mecânica (cordas-de-violão – *Ipomoea* spp. e jitiranas – *Merremia* spp.), que apresentem sementes ou diásporos indesejáveis em lotes de sementes ou, ainda, que possam produzir sementes e aumentar o banco, por exemplo, estejam presentes na área, o ideal é que se faça o controle para prevenir problemas na colheita, no beneficiamento, na comercialização ou mesmo problemas de infestação futura e dificuldade de manejo da área.

1.4.3 PERÍODO CRÍTICO DE PREVENÇÃO À INTERFERÊNCIA

Há um período do ciclo da cultura, que se inicia no final do PAI e se estende até o final do PTPI, em que a presença de plantas daninhas efetivamente acarreta interferência sobre a produtividade das culturas e, portanto, devem ser controladas para prevenir à interferência. Tal período é denominado de Período crítico de prevenção à interferência (PCPI). O controle, de modo geral, deve ser feito durante todo esse período.

Caso o PAI seja mais longo que o PTPI, teoricamente, não existe PCPI. Nesse caso, apenas um controle entre o final do PTPI e o final do PAI previne a cultura da interferência das plantas daninhas.

1.5 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE SOLO E CLIMA

Todos os fatores descritos acima são, de maneira direta ou indireta, influenciados por condições de solo e clima. Locais com condições de solo e clima diferentes tendem a apresentar comunidades de plantas daninhas de composição distinta devido à adaptação das espécies. Além disso, a composição pode até ser a mesma, mas a importância relativa das espécies pode ser diferente, também devido à adaptação das espécies. Portanto, mesmo que comunidades infestantes semelhantes se estabeleçam em dois locais de condições distintas de solo e clima, o grau de interferência exercido por elas em uma mesma cultura pode ser diferente.

O comportamento dos herbicidas no ambiente é diferente quando se compara solos de texturas diferentes e mesmo condições de clima diferenciadas. Clima mais ameno tende a ter menos perdas por volatilização. Solo mais argiloso tende a reter mais herbicida, enquanto solo mais arenoso tende a lixiviar mais herbicida (logicamente depende de propriedades dos herbicidas). O comportamento das culturas também é influenciado de modo que culturas mais adaptadas a determinada região se desenvolvem melhor nessa região ou em regiões com condições edafo-climáticas semelhantes. Principalmente se a cultura em questão responde ao fotoperíodo, como é o caso da soja.

Dessa maneira, diz-se que condições edafo-climáticas condicionam os demais fatores que compõem o grau de interferência (plantas daninhas, planta cultivada, período de convivência e manejo), sendo, também, um fator que influencia o grau de interferência.

CAPÍTULO 4

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS

Para se manejar plantas daninhas e evitar a sua interferência em atividades do ser humano, deve-se lançar mão de métodos diretos de controle (que matam ou impedem a germinação ou o desenvolvimento das plantas daninhas), como os métodos de controle cultural, mecânico, físico, biológico e químico; deve-se também pensar em métodos que impeçam a proliferação das espécies presentes na área ou mesmo a entrada de novas espécies, através do manejo preventivo (prevenção).

Entende-se por controle a intervenção pontual não-estratégica sobre a comunidade infestante a fim de, rapidamente, eliminá-la ou impedir seu desenvolvimento. Por manejo entende-se a intervenção não-pontual estratégica, que pode envolver o uso de um só ou mesmo mais de um método de controle (manejo integrado), a fim de reduzir o potencial de interferência da comunidade infestante em curto, médio ou longo prazo. Portanto, controle dá ideia do uso de uma prática de controle (seja qual for) em um momento específico, enquanto manejo dá ideia de controle ao longo do tempo.

1. CONTROLE CULTURAL

O método de controle cultural baseia-se no uso do manejo da própria cultura para controlar as plantas daninhas. Dentro do método de controle cultural existem diversas práticas de controle cultural, destacando-se:

- a) *Uso de cultivares mais competitivas* – assim como há espécies mais competitivas, há cultivares dentro da mesma espécie que são mais competitivas, ou porque crescem inicialmente mais rápido ou porque têm maior enfolhamento. Normalmente, cultivares com ciclo menor crescem mais rápido e fecham (sombream) as entrelinhas mais cedo, impedindo o desenvolvimento das plantas daninhas;

- b) *Uso de espaçamento mais estreito* – quando se faz o plantio da cultura em espaçamento mais estreito, a tendência é que a cultura feche (sombreie) a entrelinha mais cedo, aumentando sua capacidade competitiva frente às plantas daninhas. Porém, deve-se estar atento à interferência intraespecífica dentro da cultura, sendo que espaçamentos muito estreitos podem prejudicar o desenvolvimento das plantas da própria cultura e causar reduções de produtividade;
- c) *Uso de densidade de plantio mais alta* – a ideia é semelhante ao item anterior, pois a densidade mais alta de plantio pode proporcionar maior habilidade competitiva à cultura;
- d) *Uso de sistemas de cultivo distintos* – comparando-se plantio direto com plantio convencional sabe-se que há diferenças de manejo que influenciam o desenvolvimento das plantas daninhas; muitas plantas importantes no plantio convencional deixaram de ser no plantio direto. Sistema de cultivo consorciado tende a dar maior habilidade competitiva para as culturas, pois elas exploram mais e melhor o solo, sombreiam mais rápido e por mais tempo as entrelinhas;
- e) *Uso de cobertura verde (culturas de cobertura)* – manter o solo coberto na entressafra é essencial para impedir o aumento do banco de disseminulos do solo; assim, o cultivo de cobertura verde, adubo verde, pastagem de inverno ou qualquer outra cobertura vegetal que impeça o desenvolvimento de plantas daninhas durante a entressafra é prática muito importante no manejo cultural de plantas daninhas;
- f) *Uso de rotação de culturas* – com a rotação de culturas há o cultivo de espécies distintas em uma mesma área de um ciclo para o outro; com isso, o desenvolvimento das plantas daninhas é dificultado, pois há culturas mais competitivas, há culturas potencialmente alelopáticas, há o uso diferenciado de herbicidas e outros métodos de controle etc., que impedem o desenvolvimento das plantas daninhas. Assim, o ciclo de desenvolvimento de uma espécie ou um grupo de espécies de plantas daninhas (que possam estar se adaptando ao manejo) é “quebrado”, reduzindo o potencial de interferência da comunidade infestante nas culturas agrícolas em rotação.

2. CONTROLE MECÂNICO

O método de controle mecânico baseia-se no uso de algum instrumento que arranque ou corte as plantas daninhas. Dentro do método de controle mecânico existem diversas práticas de controle mecânico, destacando-se:

- a) *Monda* – nada mais é que o arranquio ou corte das plantas daninhas utilizando as mãos como instrumento de controle. A monda é uma prática de controle de rendimento muito baixo, viável apenas para áreas muito pequenas e restritas, cuja mão de obra é demasiadamente onerosa. Costuma ser aplicado apenas em áreas de agricultura familiar de subsistência;
- b) *Capina* – é o arranquio ou corte manual das plantas daninhas utilizando instrumentos de controle como enxada, enxadão, picão, enxada-rotativa, rolo-faca etc.). A capina pode ser dividida em: capina manual (quando o instrumento de controle – enxada, enxadão etc. – é operado com as mãos) ou capina mecânica. A capina mecânica pode ser de tração animal (quando o instrumento – enxada, picão etc. – é tracionado por animais) ou de tração tratorizada (quando o instrumento – enxada-rotativa, etc. – é tracionado por trator). A capina manual, assim como a mecânica de tração animal, é uma prática de controle de baixo rendimento (pouco maior que a monda), viável apenas para pequenas áreas, cuja mão de obra também é onerosa. Costuma ser aplicada em áreas de agricultura familiar e pequenas áreas de agricultura

orgânica. A capina mecânica tratorizada é uma prática de controle de médio rendimento, viável em algumas ocasiões em lavouras perenes para manejo de coberturas vegetais, sendo menos onerosa que a anterior;

- c) *Roçada* – é o corte das plantas daninhas utilizando instrumentos de controle como roçadeiras elétricas ou motorizadas, foices, roçadeiras tratorizadas, rolo-faca etc. A roçada pode ser: roçada manual (operada com as mãos) ou roçada mecânica (implemento acoplado ao trator). A roçada manual é uma prática de controle de rendimento médio, viável em áreas em que a roçada mecânica não é possível (geralmente em função da declividade do terreno ou da dificuldade de entrada de máquinas na área), cuja mão de obra é onerosa, porém menor que as anteriores. A roçada mecânica é uma prática de controle de médio-alto rendimento, viável principalmente em lavouras perenes já implantadas recentemente; o valor do custo de controle baseia-se, principalmente, no consumo de combustível e manutenção de máquinas e implementos, não na quantidade de mão de obra;
- d) *Cultivo (ou cultivo do solo)* – é o arranquio das plantas daninhas através do revolvimento do solo realizado por implementos agrícolas cultivadores (arado de disco, arado de aivecas, subsoladores etc.), denominado de cultivo mecânico, ou mesmo quando se prepara o solo manualmente (enxada ou enxadão), denominado de cultivo manual. O cultivo mecânico pode ser de tração animal ou tratorizado, como descrito anteriormente. O cultivo manual e o cultivo mecânico por tração animal costuma ser empregado em pequenas áreas de agricultura familiar e/ou orgânica, onde é viável, pois o rendimento é médio-baixo. O cultivo mecânico tratorizado é empregado, normalmente, em áreas de plantio convencional, sendo áreas pequenas, médias ou grandes. Normalmente, o custo do controle através do cultivo do solo não é computado no valor total de gastos com controle de plantas daninhas, pois é uma prática de preparo do solo e não de controle de plantas daninhas, especificamente.

3. CONTROLE FÍSICO

O método de controle físico baseia-se no uso de alguma prática que exerça influência física sobre as plantas daninhas. Dentro do método de controle físico existem diversas práticas de controle físico, destacando-se:

- a) *Inundação* – é o uso da água para controle de plantas daninhas terrestres. Geralmente usado em culturas inundadas, como o arroz irrigado. Esta prática é eficiente no manejo de espécies de difícil controle, como tiririca (*Cyperus* spp.), grama-seda (*Cynodon dactylon*), capim-quicuí (*Penisetum* spp.), entre outras plantas daninhas anuais. Esta prática causa limitação extrema do fornecimento de oxigênio para as raízes de plantas não adaptadas, causando sua morte;
- b) *Fogo* – a queima da vegetação, normalmente feita com lança-chamas, é uma prática antiga e de uso limitado no Brasil. Foi muito utilizada em algodão e vem ganhando expressiva conotação principalmente entre praticantes de agricultura orgânica na Europa;
- c) *Cobertura morta* (palha ou resíduo vegetal) – apresenta três efeitos que podem ser benéficos ou maléficos às plantas daninhas. O efeito físico baseia-se no impedimento da germinação de sementes de plantas daninhas em função da limitação de absorção de luz por sementes de plantas fotoblásticas positivas ou, ainda, no impedimento da emergência das plântulas após a germinação, não conseguindo transpassar a camada de palha presente sobre o solo. O efeito biológico, melhorando as condições do solo para o desenvolvimento de micro-organismos que podem auxiliar na quebra de dormência de algumas sementes de plantas daninhas ou mesmo

deteriorá-las. Por fim, o efeito alelopático de coberturas vegetais oriundas de plantas que produzam compostos alelopáticos, podendo suprimir o crescimento ou mesmo matar as plantas daninhas sensíveis;

- d) *Solarização* – é uma prática agrícola em que se proporciona a cobertura do solo com filme de polietileno, causando aumento na temperatura, o que, inicialmente, pode estimular a germinação e, em seguida, matar as plântulas; ou ainda pode matar o embrião dentro da semente, diretamente. Normalmente, é utilizada em pequenas áreas de produção de hortaliças, com alto grau de eficiência. Em áreas muito infestadas com tiririca (*Cyperus* spp.) não é recomendada, pois as plantas, ao emergirem, geralmente, furam o filme, causando prejuízos ao agricultor.

4. CONTROLE BIOLÓGICO

O método de controle biológico baseia-se no uso de inimigos naturais (fungos, insetos, bactérias, vírus, aves, peixes etc.) capazes de reduzir as populações de plantas daninhas e, assim, sua capacidade de competir com as culturas agrícolas. Normalmente, busca-se o equilíbrio populacional entre o inimigo natural e a planta daninha hospedeira. O controle biológico é dividido em três práticas (ou estratégias):

- a) *Inoculativa (Clássica)* – aplicável para o controle de plantas daninhas introduzidas em novas áreas e que estejam separadas geograficamente dos seus inimigos naturais (normalmente insetos ou fungos). É uma estratégia de longo prazo, que visa reduzir e estabilizar a densidade de plantas em determinada área. Para que seja eficiente, o inimigo natural não pode erradicar a planta daninha, mantendo hospedeiro para sua sobrevivência. Os inimigos naturais devem ter coevoluído com as plantas-alvo, devem ser altamente específicos para determinado grupo de plantas e não podem apresentar hospedeiros alternativos. Via de regra, é feita uma introdução em massa do inimigo natural e, essencialmente, o monitoramento frequente do impacto ambiental causado por essa liberação. Um exemplo é o controle de aguapé (*Eichornia crassipes*) por três espécies de insetos (*Neochetina brushi*, *Neochetina eichhorinae* e *Sameodes albiguttalis*) no Sul dos EUA. Outro exemplo, curioso, é o uso de peixes herbívoros não-seletivos, como a carpa, para o controle de plantas daninhas aquáticas submersas, ou mesmo animais de pastejo;
- b) *Inundativa (Bioherbicida)* – conhecida, essencialmente, como estratégia bioherbicida (apesar de a estratégia aumentativa também tratar de bioherbicida). Nesta estratégia, o hospedeiro é eliminado radical e rapidamente, mas não erradicado, sendo que o inimigo natural (normalmente fungos ou bactérias) é liberado toda vez que a população do hospedeiro retoma seu crescimento. O inóculo do patógeno (bioherbicida) é aplicado através de métodos convencionais de aplicação de produtos fitossanitários, cria rápida epidemia da doença e leva as plantas à morte. Como o patógeno não sobrevive nos restos vegetais, o mesmo deve ser reaplicado quando as plantas crescerem novamente. O bioherbicida 'De Vine®' (formulado com o fungo *Phytophthora palmivora*) foi desenvolvido para o controle de *Morreria adorata*. Outro bioherbicida é o 'Colego®' (formulado com o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *aeschynomene*) desenvolvido para o controle de angiquinho (*Aeschynomene virginica*). O bioherbicida 'Biomal®' (formulado com o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *malvae*) foi desenvolvido para controle de malva (*Malva pusilla*), enquanto o 'Casst®' (formulado com o fungo *Alternaria cassiae*) foi desenvolvido para o controle de fedegoso (*Senna obtusifolia*). Diversos outros fungos têm sido estudados para o desenvolvimento de bioherbicidas. Além dos fungos, bioherbicidas à base de bactérias também têm sido desenvolvidos, como o 'Camperico®'

(formulado com *Xanthomonas campestris* f.sp. *poeae*) para controle de pastinho-de-inverno (*Poa annua*). Outras bactérias também estão em estudo para o desenvolvimento de novos bioherbicidas;

- c) *Aumentativa* – normalmente usada para inimigos naturais (fungos, geralmente) de difícil produção em larga escala e que são aplicados periodicamente somente em partes das áreas em que se pretende obter controle. É uma prática com características clássicas (ocupação de grande área após aplicação) e inundativas (várias liberações). Procura-se, anualmente, manter a fonte de inóculo no ambiente por meio das liberações de inimigos naturais endêmicos que causarão epidemia da doença na estação de cultivo. Tiriricas (*Cyperus rotundus* e *Cyperus esculentus*) foram controladas eficientemente pela ferrugem (*Puccinia caniculata*), através do bioherbicida 'Dr. Biosedge®', registrado nos EUA (Phatak et al., 1987; Tebeest, 1996). Utilizando insetos, tem-se, como exemplo, o controle de salvinia (*Salvinia molesta*) por liberação periódica do curculionídeo *Cyrtobagous salviniae*.

5. CONTROLE QUÍMICO

O método de controle químico baseia-se no uso de produtos químicos visando matar plantas daninhas. Muitos produtos, antes da década de 1940, já eram usados com essa finalidade, como os boratos, o brometo de metila, o cloreto de sódio, o ácido sulfúrico, entre outros. Todos esses produtos apresentavam sérios problemas e riscos, tanto para as culturas como para o ser humano, além de nem sempre serem eficientes ou econômicos, por serem utilizados em grandes quantidades por área aplicada (Deuber, 2006); além de não serem seletivos. Esses produtos não são, essencialmente, produtos de uso agrícola, mas eram utilizados como herbicidas. Nos dias de hoje, já não se usam mais esses produtos na agricultura. Os produtos químicos utilizados para matar plantas daninhas passaram a ser desenvolvidos a partir da década de 1940 e são, hoje, os principais defensivos agrícolas comercializados no mundo, os herbicidas sintéticos.

No final do século XIX, iniciaram-se as primeiras pesquisas com controle químico de plantas daninhas, utilizando sais de cobre para o controle de algumas eudicotiledôneas. No início do século XX, o sulfato ferroso foi testado para o controle dessas plantas em trigo. Mas foi apenas durante a Segunda Guerra Mundial que cresceu o interesse em produzir herbicidas, primeiramente para desfolhar florestas. Por volta de 1942, foi descoberto o 2,4-D, dando início a produção de herbicidas em escala comercial. A partir de 1950, surgiram herbicidas dos grupos amidas, carbamatos, triazinas etc. Com o desenvolvimento de novos produtos e com a adoção do controle químico como o principal método de controle de plantas daninhas, hoje, quase 50% dos defensivos agrícolas comercializados são herbicidas.

A grande aceitação do uso de herbicidas deve-se a alguns fatores (atribuídos como vantagens em relação aos outros métodos), destacando-se, segundo Silva e Silva (2007):

- a) menor dependência de mão de obra, que é cada vez mais cara e difícil de ser encontrada;
- b) rápido, prático e eficiente;
- c) o controle é eficiente, mesmo em épocas chuvosas;
- d) pode ser usado com eficiência mesmo na linha de plantio, sem danificar o sistema radicular da cultura;
- e) permite o cultivo mínimo ou plantio direto;
- f) pode controlar plantas daninhas de reprodução vegetativa.

O ideal é que o controle químico fosse usado apenas como auxiliar aos demais métodos, porém, em muitos casos, os produtores usam apenas o método químico,

gerando alguns problemas. As principais desvantagens do controle químico em relação aos outros métodos, segundo Silva e Silva (2007), são:

- a) exigência de mão de obra mais qualificada e técnica;
- b) poluição ambiental (de solos, rios, lençol freático etc), quando utilizado de forma incorreta ou inadequada;
- c) presença de resíduos em alimentos, causando riscos para o ser humano e para os animais;
- d) manutenção de resíduo no solo, podendo causar danos a culturas subsequentes;
- e) risco de deriva, causando danos em culturas vizinhas;
- f) propensão à seleção de plantas tolerantes e/ou resistentes.

Nas principais culturas agrícolas, cultivadas extensivamente, os herbicidas são utilizados como o principal método de controle de plantas daninhas, como comentado. Hoje em dia, alguns herbicidas destacam-se em importância e quantidade utilizada, dependendo da cultura. O principal herbicida utilizado no Brasil e no mundo é o glyphosate. Outros herbicidas também têm se destacado, principalmente com o aparecimento de azevém e buva resistentes a glyphosate, como: metsulfuron-methyl (Ally), glufosinate-ammonium (Finale), flumioxazin (Flumyazin), iodosulfuron-methyl (Hussar), clodinafop-propargil (Topic), 2,4-D (vários), paraquat (Gramoxone), chlorimuron-ethyl (Classic), clethodim (Select), diclosulan (Spider), cloransulan-methyl (Pacto), atrazine (vários), tembotrione (Soberan), nicosulfuron (Sanson), mesotrione (Callisto), fomezafen (Flex), bentazon + imazamox (Ampló), entre outros.

5.1 TIPOS DE HERBICIDAS

Existem vários tipos de herbicidas, que podem ser classificados de diversas maneiras.

Quanto ao espectro de ação e à seletividade, os herbicidas podem ser: graminícidas (controlam gramíneas, principalmente), graminícidas exclusivos (controlam gramíneas, essencialmente, sendo seletivos para eudicotiledôneas), latifolicidas (controlam eudicotiledôneas, principalmente), latifolicidas exclusivos (controlam eudicotiledôneas, essencialmente, sendo seletivos para monocotiledôneas), ou de amplo espectro (controlam tanto monocotiledôneas quanto eudicotiledôneas, sendo não-seletivos).

Quanto à translocação nas plantas, os herbicidas podem ser: tópicos ou de contato (após serem absorvidos, atuam próximo ao local de absorção, apresentando translocação insignificante) ou sistêmicos (após serem absorvidos, podem atuar longe do local de absorção, apresentando translocação significativa).

Quanto à época de aplicação, os herbicidas podem ser: pré-emergentes (aplicados antes da emergência) ou pós-emergentes (aplicados após a emergência das plantas daninhas).

5.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE MANEJO INTEGRADO

O manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) consiste no uso integrado de dois ou mais métodos efetivos de controle de plantas daninhas. Diferentemente do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e de Doenças (MID), o MIPD ainda não possui base científica sólida em ecologia de populações que permita determinar, satisfatoriamente, os níveis populacionais críticos para realizar o controle das plantas daninhas.

O MIPD visa associar Prevenção a métodos de curto prazo (mecânicos, físicos e químico) e métodos de longo prazo (cultural e biológico), visando: otimizar o controle de diferentes espécies de plantas daninhas com distintas características; reduzir custos com o controle de plantas daninhas e, conseqüentemente, reduzir o custo de produção;

diminuir o impacto ambiental causado pelo uso excessivo de herbicidas; e dar mais segurança ao trabalhador rural e ao consumidor.

Normalmente, plantas daninhas anuais são controladas eficientemente com herbicidas ou capinas. Já plantas daninhas perenes, principalmente com reprodução vegetativa, normalmente, são de mais difícil controle, em que a integração de diferentes métodos de controle é mais eficaz no manejo dessas plantas. Por exemplo, a tiririca (*Cyperus rotundus*), que se propaga vegetativamente por meio de tubérculos, é uma planta cujo controle químico é pouco eficiente; além disso, o controle mecânico pode acarretar aumento na densidade populacional da espécie. Para essa planta daninha, a integração do controle mecânico na época seca com a aplicação de herbicidas na época úmida tem apresentado controle eficiente. O uso de culturas de cobertura e, subsequente, dessecação, deixando uma camada de palha sobre o solo, também é um exemplo de integração eficiente para controle de tiririca.

Em culturas perenes, principalmente, a utilização de controle mecânico (roçada) na entrelinha e aplicação de herbicidas na linha de plantio é uma integração muito utilizada. O consórcio entre culturas também é um exemplo de MIPD, como ocorre no sistema agricultura-pecuária (forrageira-lavoura), em hortaliças ou mesmo culturas perenes e anuais (no primeiro ano) etc. No cultivo de arroz irrigado, o manejo da água e a aplicação de herbicidas representa outra eficiente estratégia de MIPD.

Por fim, um comentário adicional deve ser feito. A prática cultural de rotação de culturas (desde que realmente feita, não apenas sucessão de culturas), por si só, representa uma estratégia de MIPD. Isso decorre de todo o sistema de manejo das culturas envolvidas na rotação, desde o preparo do solo, tratamentos fitossanitários, uso de diferentes espaçamentos e herbicidas, cobertura vegetal (viva e morta) do solo, épocas distintas de plantio e colheita etc. Portanto, há integração da Prevenção com diferentes métodos de controle, mesmo sem o produtor se dar conta disso, caracterizando o MIPD.

CAPÍTULO 5

RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS

1. INTRODUÇÃO

Nos sistemas de cultivos, atualmente, adotados pelos agricultores, as plantas daninhas apresentam-se como um dos principais fatores limitantes à produtividade. Para o controle delas, a grande maioria dos produtores rurais de Brasil e do mundo adota o método químico de controle das plantas daninhas, possibilitando a obtenção de elevadas produtividades nas culturas de interesse econômico.

Na atualidade, os agricultores depositam confiança excessiva no controle químico das plantas daninhas. Essa confiança deve-se, principalmente, ao fato de que o controle químico tem disso muito eficiente e possui custo atrativo, estando prontamente disponível e profissionalmente desenvolvido. Porém, o uso indiscriminado desses herbicidas propiciou o desenvolvimento de muitos casos de resistência a tais compostos por diversas espécies daninhas.

Populações de plantas daninhas resistentes a herbicidas são encontradas em quase todas as áreas de cultivo de grandes culturas do Brasil, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, sendo que o número de espécies de plantas daninhas resistentes e regiões apresentando essa situação, continua aumentando.

A primeira constatação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas foi em 1957, quando foram identificados biótipos de *Commelina difusa*, nos EUA, e depois *Daucus carota*, no Canadá, resistentes a herbicidas pertencentes ao grupo químicos das auxinas. Existem atualmente 497 casos únicos (espécies x local de ação) de ervas daninhas resistentes a herbicidas em todo o mundo, com 255 espécies (148 eudicotiledôneas e 107 monocotiledôneas). As plantas daninhas desenvolveram

resistência a 23 dos 26 locais conhecidos de ação de herbicidas e a 163 herbicidas diferentes. As plantas daninhas resistentes a herbicidas foram relatadas em 92 cultivos em 70 países.

No Brasil, são reconhecidas 50 espécies de plantas daninhas resistentes (Weed Science, 2019), sendo que o primeiro caso em 1993 com a planta daninha *Bidens pilosa*, resistente aos herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS). Mais de 50% dos casos de resistência (58%) apresentam resistência aos inibidores da ALS, tendo como segundo mecanismos de ação os inibidores da EPSPs, com aproximadamente 30% dos casos. A resistência de plantas daninhas a herbicidas assume grande importância principalmente quando não existem ou existem poucos herbicidas alternativos para serem usados no controle dos biótipos resistentes.

2. SUSCETIBILIDADE, TOLERÂNCIA E RESISTÊNCIA

A suscetibilidade de uma espécie de planta daninha e um determinado herbicida é definida como o grau de injúria ou morte da planta que é observado após a aplicação de um produto, sendo está uma característica inata de cada espécie. Portanto, existem diversos graus de suscetibilidade das plantas daninhas a herbicidas apresentando alterações com efeitos marcantes no crescimento e desenvolvimento, como resultado da incapacidade de suportar a ação do herbicida.

A tolerância é a habilidade inata de uma espécie de plantas daninhas em sobreviver e se reproduzir após a aplicação do herbicida na dose recomendada, que seria letal para outras espécies, mesmo demonstrando injúrias. Estas características relacionam-se com a variabilidade genética natural da espécie. Dessa forma, as plantas tolerantes possuem naturalmente a capacidade de sobreviver à aplicação do herbicida desde a primeira aplicação, sendo isto o que as diferencia das espécies resistentes. Exemplos de plantas tolerantes ao glifosato são a poaia (*Richardia brasiliensis*) e a corda-de-violão (*Ipomoea* spp.), sendo que essas espécies em nenhum momento foram controladas pelo glifosato.

A resistência é a capacidade hereditária e adquirida por uma planta para sobreviver a dose de registro do herbicida (descrita a bula) que, sob condições normais, controla os demais integrantes da população.

3. TIPOS DE RESISTÊNCIA

O termo “resistência” é comumente apresentado tanto com referência ao comportamento de um indivíduo frente aos mecanismos de resistência que possui, quanto aos herbicidas aos quais o indivíduo é resistente. Desta forma, surgem os conceitos de resistência cruzada e resistência múltipla.

A resistência cruzada ocorre quando biótipos de plantas daninhas são resistentes a dois ou mais herbicidas, devido a um só mecanismo de ação, portanto, resistente a todos os herbicidas que apresentam um mesmo mecanismo de ação. Isso acontece com biótipos de *Urochloa plantaginea* e *Digitaria ciliaries* que apresentam diferentes níveis de resistência cruzada em relação aos herbicidas inibidores da ACCase.

A resistência múltipla ocorre quando um indivíduo possui um ou mais mecanismos de resistência distintos que conferem o comportamento resistente a herbicidas com mecanismos de ação diferentes. Como exemplo tem-se biótipos de *Lolium rigidum* que apresentam mecanismos de resistência aos herbicidas inibidores da ACCase e ALS.

Os três maiores problemas que os produtores enfrentam hoje com relação à resistência de plantas daninhas a herbicidas são: I) O rápido crescimento da incidência de resistência múltipla nas plantas daninhas, deixando os produtores com poucas opções de herbicidas; II) A dependência de culturas resistentes ao glifosato nos sistemas de

cultivos, resultado do rápido crescimento do número de plantas daninhas resistentes; III) A falta de novos herbicidas com novos mecanismos de ação no mercado.

Esses fatores não são independentes: o sucesso das culturas resistentes a glifosato reduziu as possibilidades de retorno econômico das empresas no desenvolvimento de novos herbicidas e novos mecanismos de ação. A solução prática a curto prazo foi o desenvolvimento de novas culturas resistentes aos herbicidas em mecanismo de ação já existentes, que permitirão aos produtores utilizarem produtos já comercializados.

4. EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS

Qualquer população em que os indivíduos mostram uma base genética variável quanto à tolerância e uma medida de controle, irá com o tempo, mudar sua composição populacional como mecanismos de fuga para sobrevivência, diminuindo a sensibilidade a esta medida de controle. Como exemplo tem-se o uso do arado, que no primeiro momento eliminou praticamente todas as plantas daninhas, mas com o passar o tempo, essas plantas foram se adaptando a nova situação e voltaram a reinfestar as culturas. Outro exemplo foi o advento do plantio direto, que a princípio provocou uma redução drástica da incidência de plantas daninhas, porém, mais tarde, houve uma seleção de espécies que se adaptaram a germinação na nova condição e hoje o controle é tão necessário quanto no sistema convencional. Isto é consequência do papel de seleção natural de Darwin.

O uso de herbicidas na agricultura é uma das maiores causas de pressão de seleção, proporcionando os fenômenos de mudança de espécies na área e resistência de plantas daninhas a herbicidas, devido à eficácia e controle seletivo. A evolução das plantas daninhas impulsionada pelos herbicidas é consequência de forças seletivas, resultando na seleção intraespecífica de biótipos (resistência a herbicidas) e seleção interespecífica (tolerância a herbicidas). Dentre as maiores forças seletivas podem ser incluídas: i) escolha do herbicida; ii) sistema de cultivo; iii) escolha da cultura; iv) práticas culturais; v) mudanças climáticas/padrões de clima; vi) introdução de novas espécies.

Todas as populações de plantas daninhas, independentemente da aplicação de qualquer produto, provavelmente contêm plantas individuais (biótipos) que são resistentes a herbicidas. Para compreender como a resistência a herbicidas ocorre numa população de plantas daninhas, dois mecanismos são propostos: a) teoria da mutação (mudança gênica) ou b) mudança na população da planta daninha por genes pré-existentes que conferem resistência à população (seleção natural).

A resistência pode acontecer pela ocorrência de mutações genéticas, sendo que a mesma confere resistência ao herbicida. As mutações ocorrem ao acaso e são pouco frequentes. Essa mutação pode ter ocorrido antes ou após a aplicação do herbicida na área e não existem evidências que a mesma seja introduzida pelos herbicidas. Esse mecanismo não é muito considerado atualmente.

A seleção natural é amplamente aceita como explicação do desenvolvimento da resistência. Sendo assim, biótipos resistentes a herbicidas sempre estão presentes em baixa frequência numa espécie de planta daninha, principalmente devido a variabilidade genética das plantas daninhas. Quando o herbicida é aplicado, o mesmo atua como agente de pressão de seleção, as plantas suscetíveis são mortas e as plantas resistentes sobrevivem e se reproduzem sem competição das plantas suscetíveis.

O biótipo resistente não infesta totalmente à área no primeiro ano. O surgimento da resistência aos herbicidas é identificado, geralmente quando 30% das plantas mostram-se resistentes. Normalmente, a resistência se apresenta em manchas, e aumenta a sua proporção (proporção geométrica) com a aplicação repetitiva do herbicida com mesmo mecanismo de ação, finalmente dominando.

5. PREVENÇÃO E MANEJO DA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS

As práticas para prevenir ou manejar a resistência devem considerar a redução da pressão de seleção na área e controlar as plantas resistentes antes que se reproduzam. Tendo como base esses dois critérios, as principais práticas recomendadas são a rotação de culturas, rotação de mecanismos de ação de herbicidas, usar herbicidas pós-emergentes em associação ou formulados com pelo menos dois mecanismos de ação, herbicidas pré-emergentes, métodos alternativos de controle, práticas culturais, monitoramento após a aplicação dos herbicidas e prevenção da disseminação de propágulos de plantas daninhas, realizando a limpeza de máquinas e implementos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas daninhas por apresentar características de adaptabilidade, estão em constante mudança no Brasil e no mundo, gerando um grande desafio para a pesquisa, pelo fato do desenvolvimento de novas moléculas herbicidas e um grande desafio na parte de extensão rural para instruir aos agricultores estratégias para evitar o surgimento de biótipos resistentes e manejar áreas com presença confirmada de espécies resistentes.