

Capítulo 31

Situação Atual da Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas nos Sistemas Agrícolas

Décio Karam

Alexandre Ferreira da Silva

Dionísio Luís Pisa Gazziero

Fernando Storniolo Adegas

Leandro Vargas

Introdução

Um dos fatores que mais afeta o rendimento e a produtividade agrícolas é a ocorrência de agentes bióticos, dentre os quais as plantas daninhas, por causar efeitos diretos na cultura principal, como o alto grau de interferência (ação conjunta da competição e da alelopatia) e efeitos indiretos como o aumento do custo de produção, dificuldade de colheita, depreciação da qualidade do produto além de hospedar pragas e doenças, podendo causar perdas médias na produção na ordem de 36% (Oerke, 2006), estendendo-se em alguns casos a mais de 80% de perda quando as plantas daninhas não são controladas (Zandoná et al., 2018; Agostinetto et al., 2017; Alves et al., 2013; Silva; Pires, 1990).

Nos dias atuais é conhecida a existência de, aproximadamente, 391 mil espécies de plantas, e tão-somente 5 mil são fontes para a alimentação humana (Royal Botanic Gardens, 2016), enquanto 8 mil são consideradas plantas daninhas, e destas apenas 250 são consideradas de importância agrícola, sendo 40% pertencente as famílias Poaceae e Asteraceae (Holm et al., 1979). Para a

realização apropriada do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), é importante e necessário que seja feita identificação correta das espécies presentes, bem como sua frequência na área, pois cada espécie apresenta distinto potencial para se estabelecer e agressividade específica, o que pode interferir de forma diferente em cada cultura.

A utilização dos herbicidas como ferramenta para o controle químico das plantas daninhas tem sido frequente pelos agricultores, em razão de praticidade, economia e eficiência, quando comparado a outros métodos de controle. Contudo, o uso inapropriado de herbicidas tem provocado a evolução de muitos casos de resistência a tais compostos por diversas espécies de plantas daninhas. Este processo compromete a obtenção de elevados rendimentos nos cultivos agrícolas, ocasionando aumento nos custos de produção e inviabilizando a utilização de determinados herbicidas.

Resistência x tolerância

Muito tem se falado sobre o surgimento de plantas daninhas “resistentes” aos herbicidas. Entretanto, para que possamos acreditar nessa afirmação, devemos antes entender o significado de seleção de plantas daninhas com “resistência” e compará-lo com o significado de seleção de plantas daninhas com “tolerância” aos herbicidas. Para isso, podemos entender a “**resistência**” como sendo: a habilidade adquirida de uma planta daninha de sobreviver e se reproduzir, após a aplicação de um herbicida que, utilizado na dose e estágio vegetativo indicada na bula, controla a população de plantas normais desta mesma espécie; e a “**tolerância**” como sendo: a capacidade que determinadas plantas daninhas possuem de suportar em

determinados estádios vegetativos as doses recomendadas do herbicida, que controlem outras espécies invasoras, sem que as plantas desta espécie sofram alterações no seu crescimento e/ou no seu desenvolvimento. Como exemplo de plantas daninhas tolerantes aos herbicidas temos espécies como trapoeraba (*Commelina* spp.), corda-de-viola (*Ipomoea* spp) erva-quente (*Spermacoce latifolia*) e poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), que apresentam níveis diferenciados de **tolerância** aos herbicidas inibidores da enzima EPSPs (glyphosate), enquanto buva (*Conyza* spp.), capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e azevém (*Lolium multiflorum*), dentre outras, eram sensíveis e adquiriram resistência ao mesmo grupo herbicida.

O surgimento de plantas daninhas resistentes aos herbicidas sempre está associado às mudanças genéticas que ocorrem na população dessa invasora, em função da seleção causada pela aplicação repetida de um mesmo herbicida ou herbicidas com um mesmo mecanismo de ação. A variabilidade genética está presente nas populações infestantes e, caso um mesmo produto seja sempre utilizado nestas populações, as plantas resistentes sobreviverão e, nos anos subsequentes, aumentarão a frequência destas plantas na população, até que somente ocorram plantas resistentes na área tratada.

Resistência de plantas daninhas a herbicidas

Inicialmente detectada na década de 1950, a resistência de plantas daninhas tem sido cada vez mais reportada mundialmente para os diferentes mecanismos de ação de herbicidas conhecidos. A resistência simples, ou resistência a apenas um mecanismo de ação e a um único herbicida, foi a primeira a ser identificada. Os primeiros casos de seleção da resistência para plantas

daninhas foram identificados em *Daucus carota* e *Commelina diffusa* para o 2,4D, herbicida do grupo das auxinas sintéticas, respectivamente em Ontário, no Canadá, e no Hawaii, Estados Unidos (Switzer, 1957; Hilton, 1957) (**Tabela 1**).

Tabela 1. Ano de introdução de herbicidas e primeiro relato de resistência de plantas daninhas por mecanismos de ação de herbicidas. Fonte: Heap (2018).

Mecanismos de ação dos herbicidas	Ano de introdução no mercado	ano do primeiro relato	País do primeiro relato	Planta daninha
mimetizadores de auxina (auxinas)	1946	1957	Estados Unidos	<i>Commelina diffusa</i>
			Canadá	<i>Daucus carota</i>
inibidores da fotossíntese no fotossistema II (ureias, amidas)	1952	1979	Israel	<i>Alopecurus myosuroides</i>
inibidores da fotossíntese no fotossistema II (triazinas)	1953	1984	Estados Unidos	<i>Abutilon theophrasti</i>
inibidores da síntese de lipídios diferentes de inibidores da ACCase-tiocarbamatos	1954	1982	Austrália	<i>Lolium rigidum</i>

Tabela 1 cont. Ano de introdução de herbicidas e primeiro relato de resistência de plantas daninhas por mecanismos de ação de herbicidas. Fonte: Heap (2018).

Mecanismos de ação dos herbicidas	Ano de introdução no mercado	ano do primeiro relato	País do primeiro relato	Planta daninha
inibidores da síntese de carotenoides (alvo desconhecido) - triazoles (FSII)	1955	1993	Bélgica	<i>Poa annua</i>
inibidores da divisão celular - cloroacetamidas (FS II)	1956	1982	Austrália	<i>Lolium rigidum</i>
inibidores da mitose - carbamatos	1959	1982	Austrália	<i>Lolium rigidum</i>
inibidores da formação de microtúbulos - dinitroanilidas	1960	1973	Estados Unidos	<i>Eleusine indica</i>
inibidores da fotossíntese no fotossistema I - bipiridiliuns	1962	1980	Tailândia	<i>Conyza sumatrensis</i>
			Japão	<i>Erigeron philadelphais</i>
			Japão	<i>Conyza canadensis</i>

Tabela 1 cont. Ano de introdução de herbicidas e primeiro relato de resistência de plantas daninhas por mecanismos de ação de herbicidas. Fonte: Heap (2018).

Mecanismos de ação dos herbicidas	Ano de introdução no mercado	ano do primeiro relato	País do primeiro relato	Planta daninha
inibidores da fotossíntese no fotossistema II-nitrilas, benzo-tiadiazinonas	1964	1995	Estados Unidos	<i>Senecio vulgaris</i>
inibidores da enzima proto-porfirinogênio oxidase (Protox)	1966	2001	Estados Unidos	<i>Amaranthus tuberculatus</i>
inibidores da enzima enol-piruvil-shikimato-fosfato sintase (EPSPs)	1971	1996	Austrália	<i>Lolium rigidum</i>
inibidores da enzima acetil-coenzima A Carboxilase (ACCCase)	1975	1982	Austrália Inglaterra	<i>Lolium rigidum</i> <i>Alopecurus myosuroides</i>
inibidores da síntese de carotenoides na fiteno desaturase (PDS) - piridazinonas	1976	2002	Estados Unidos	<i>Hydrilla verticillata</i>

Tabela 1 cont. Ano de introdução de herbicidas e primeiro relato de resistência de plantas daninhas por mecanismos de ação de herbicidas. Fonte: Heap (2018).

Mecanismos de ação dos herbicidas	Ano de introdução no mercado	ano do primeiro relato	País do primeiro relato	Planta daninha
inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS)	1980	1982	Austrália	<i>Lolium rigidum</i>
			Inglaterra	<i>Alopecurus myosuroides</i>
inibidores da enzima glutamina sintetase (glutamina)	1981	2009	Malásia	<i>Eleusine indica</i>
inibidores do transporte de auxinas	1955	-	-	-
Descoplador de fosforilação oxidativa (disruptores de membrana)	1930	-	-	-
Inibidor da DHP (dihidropteroato síntese)	1975	-	-	-

Tabela 1 cont. Ano de introdução de herbicidas e primeiro relato de resistência de plantas daninhas por mecanismos de ação de herbicidas. Fonte: Heap (2018).

Mecanismos de ação dos herbicidas	Ano de introdução no mercado	ano do primeiro relato	País do primeiro relato	Planta daninha
Inibidores da síntese de celulose (parede celular)	1962	2004	Itália	<i>Echinochloa erecta</i>
inibidores da enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (hppd) - tricetonas	1984	2009	Estados Unidos	<i>Amaranthus palmeri</i> <i>Amaranthus tuberculatus</i>

A partir desta seleção, novos casos de resistência foram reportados sendo que, mundialmente, há relatos de que 495 biótipos já apresentam resistência simples a um único mecanismo de ação. Tais biótipos pertencem a 255 espécies; destas, 148 são dicotiledôneas, comumente chamadas de folhas largas, e 107 são monocotiledôneas, as plantas daninhas de folhas largas (**Figura 1**), sendo estas relatadas em 92 culturas em 72 países (**Figura 2**) (Heap, 2018). Neste contexto, a cultura do trigo é que apresenta maior número de biótipos e espécies de plantas daninhas resistentes (**Figura 3**), e isto pode ser explicado porque essa é a principal cultura plantada no mundo, embora a soja seja a cultura que mais consome herbicida, acumulando mais de 50% das vendas destes produtos.

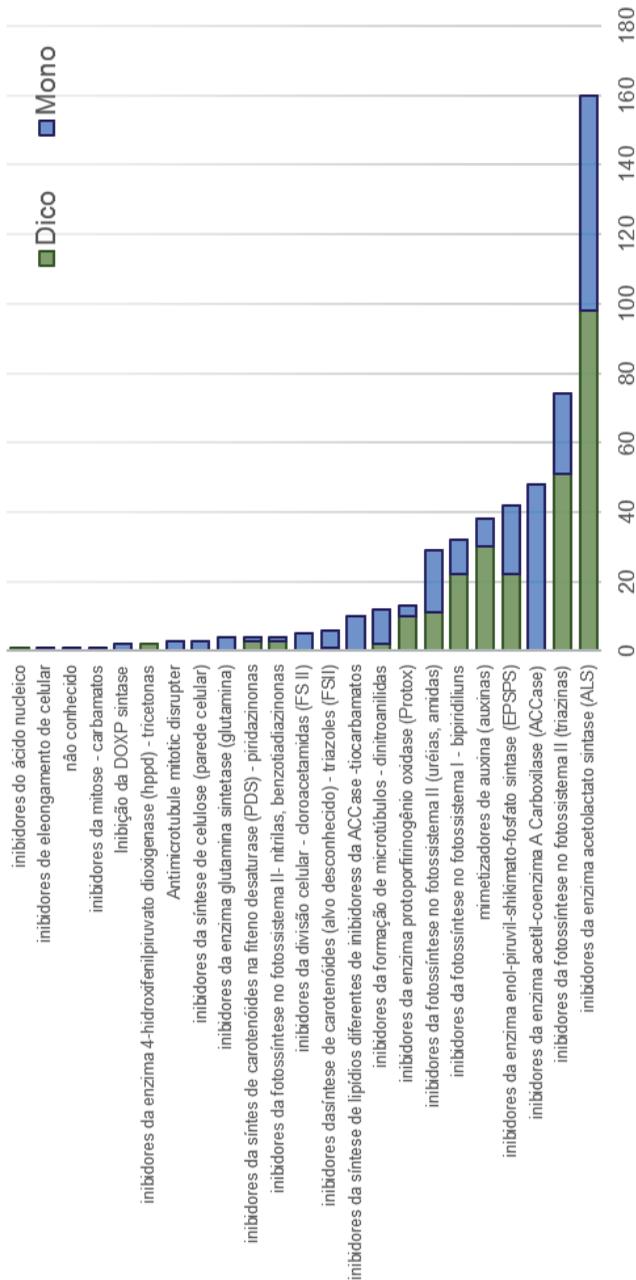


Figura 1. Número de espécies de plantas daninhas resistentes (monocotiledôneas - Mono e dicotiledôneas – Dico) a herbicidas relacionadas por modo de ação. Fonte: Heap (2018).

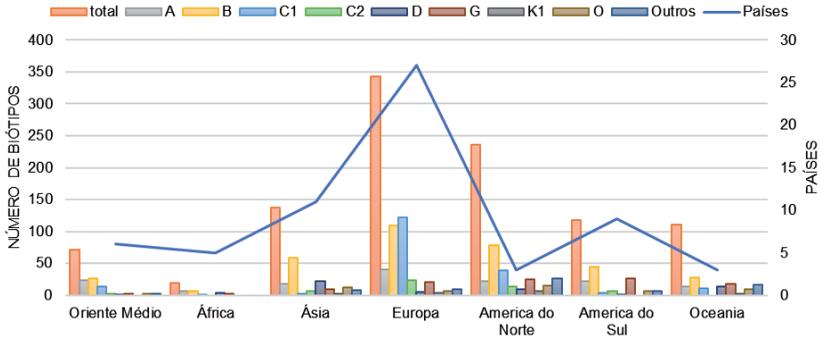


Figura 2. Número de biótipos de plantas daninhas resistentes em diferentes regiões baseado nos mecanismos de ação dos herbicidas. Fonte: Heap (2018).

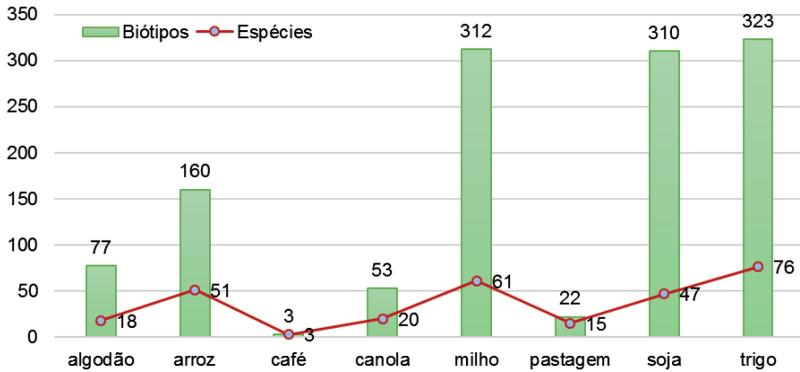


Figura 3. Número de biótipos e espécies de plantas daninhas resistentes a herbicidas relatadas nas principais culturas. Fonte: Heap (2018).

Tipos de resistência

A resistência de plantas daninhas é conhecida de três formas:

1. resistência simples, ou seja, a planta daninha é resistente a herbicidas de um mesmo grupo herbicida (exemplo: imidazolinonas);
2. resistência cruzada que implica a planta daninha ser resistente a dois ou mais herbicidas de um único mecanismo de ação pertencentes a diferentes grupos químicos (exemplo: imidazolinonas e sulfonilureias);
3. resistência múltipla, em que a planta daninha apresenta resistência a dois ou mais herbicidas com diferentes mecanismos de ação (exemplo: imidazolinonas e EPSPs).

A resistência simples tem sido descrita em diferentes herbicidas, e, de acordo com o levantamento de plantas daninhas resistentes, há 495 casos deste tipo de resistência reportados (Heap, 2018). Entretanto, atualmente vários casos de resistência cruzada e múltipla têm sido reportados. Gazziero et al. (2000), em estudo realizado no Brasil, demonstra a resistência cruzada de *Brachiaria plantaginea* a diferentes herbicidas inibidores da ACCase. Avaliando a resistência cruzada de herbicidas do grupo da imidazolinonas, inibidores da enzima ALS, na Malásia, Dilipkumar et al. (2018) comprovaram a existência de resistência cruzada em arroz vermelho (*Oryza sativa*) para os herbicidas imazapyr e imazapic. Resultados comprovando também a resistência cruzada foi obtido por Chiapinotto et al. (2017) para *Cyperus iria* a herbicidas inibidores da enzima ALS dos grupos químicos das imidazolinonas; sulfonilureas; triazolopyrimidinas; e pyrimidinyl(thio)benzoatos. Contudo, a grande problemática da resistência é a múltipla pois pode eliminar, para o produtor rural, vários grupos de herbicidas para manejo da espécie (**Tabela 2**).

Tabela 2. Relação das espécies, dos números de mecanismos de ação que possuem relatos resistência e do maior número de mecanismos resistência identificados em um único biótipo. Fonte: Heap (2018).

Espécies	Mecanismos de ação relacionados	Resistência múltipla	País do relato da resistência múltipla
<i>Alopecurus myosuroidis</i>	7	5	Bélgica
<i>Amaranthus hybridus</i>	6	2	Argentina / Estados Unidos
<i>Amaranthus palmeri</i>	6	3	Estados Unidos
<i>Amaranthus retroflexus</i>	5	2	Estados Unidos/ Brasil / China / Alemanha
<i>Amaranthus tuberculatus</i>	6	4	Estados Unidos/ Canadá
<i>Ambrosia artemisifolia</i>	5	3	Estados Unidos
<i>Avena fatua</i>	7	5	Canada Estados Unidos
<i>Conyza canadensis</i>	5	2	Unidos/ Israel / Canadá
<i>Conyza sumatrensis</i>	6	5	Brasil Venezuela /
<i>Echinochloa colona</i>	7	3	Estados Unidos/ Costa Rica

Tabela 2 cont. Relação das espécies, dos números de mecanismos de ação que possuem relatos resistência e do maior número de mecanismos resistência identificados em um único biótipo. Fonte: Heap (2018).

Espécies	Mecanismos de ação relatados	Resistência múltipla	País do relato da resistência múltipla
<i>Echinochloa cruz galli var cruz galli</i>	10	4	Estados Unidos
<i>Eleusine indica</i>	8	4	Malásia
<i>Kochia scoparia</i>	4	4	Estados Unidos
<i>Lolium perene spp. multiflorum</i>	8	4	Estados Unidos
<i>Lolium rigidum</i>	14	7	Austrália
<i>Poa annua</i>	9	5	Austrália
<i>Raphanus raphanistrum</i>	5	4	Austrália
<i>Senecio vernalis</i>	5	5	Israel

Mecanismos de ação

Os herbicidas são classificados de acordo com seu mecanismo de ação, ou seja, onde o herbicida irá atuar para matar a planta daninha. Atualmente são considerados três diferentes classificações dos mecanismos de ação (**Tabela 3**). A introdução de moléculas herbicidas no mercado consumidor com diferentes mecanismos de ação (**Tabela 1**) sofreu uma estagnação a partir de meados da década de 1980, coerente este fato com a introdução da primeira cultivar geneticamente modificada com tolerância ao herbicida glyphosate. Dos 26 mecanismos de ação de herbicidas conhecidos, 23 já ocasionaram seleção plantas daninhas resistentes, relatados para 163 herbicidas comerciais.

Dos herbicidas comercializados, os inibidores da enzima ALS são os produtos que mais selecionaram resistência de plantas daninhas, sendo quase o dobro dos herbicidas inibidores da enzima PPO (**Figura 4**), embora o herbicida que mais tenha sido reportado como selecionador de plantas daninhas resistentes seja a atrazine com 66 espécies relatadas (**Figura 5**).

Resistência no Brasil

Os primeiros casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil datam da década de 90, com a espécie *Euphorbia heterophylla* aos inibidores da enzima ALS (Gazziero et al., 1998; Vidal; Fleck, 1997), *Bidens pilosa* resistentes a ALS (Ponchio et al., 1996; Christoffoleti et al., 1996; Vidal; Fleck, 1997) e *Brachiaria plantaginea* resistente a herbicidas inibidores da enzima ACCase (Vidal; Fleck, 1997). Atualmente no Brasil já são conhecidas 28 espécies resistentes (**Tabela 4**) de diversas famílias botânicas com resistência a diferentes herbicidas registrados para uso agrícola no país (Heap, 2018). No Estado do Paraná, já foram identificados biótipos de buva, com resistência aos produtos que agem como inibidores da enzima ALS (Santos et al., 2014b), a inibidores da EPSPs (Vargas et al., 2007; Trezzi et al., 2011) e com resistência múltipla a inibidores da EPSPs e ALS (Santos et al., 2014a) A implicação desta resistência é grave, pois o produtor perde dois modos de ação de herbicidas para serem utilizados no manejo desta espécie.

Tabela 3. Grupo de herbicidas por mecanismos de ação em função de três classificações utilizadas mundialmente. Fonte: Heap (2018)

Mecanismos de ação	HRAC	WSSA	AUSSIE	exemplo de herbicida
inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS)	B	2	B	chlorsulfuron
inibidores da fotossíntese no fotossistema II (triazinas)	C1	5	C	atrazine
inibidores da enzima acetil-coenzima A Carboxilase (ACCase)	A	1	A	sethoxydim
inibidores da enzima enol-piruvil-shikimato-fosfato sintase (EPSPs)	G	9	M	glyphosate
mimetizadores de auxina (auxinas)	O	4	I	2,4-D
inibidores da fotossíntese no fotossistema I – biperidiliuns	D	22	L	paraquat
inibidores da fotossíntese no fotossistema II (ureias, amidas)	C2	7	C	chlorotoluron
inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (Protox)	E	14	G	oxyfluorfen
inibidores da formação de microtúbulos – dinitroanilidas	K1	3	D	trifluralin
inibidores da síntese de lipídios diferentes de inibidores da ACCase -tiocarbamatos	N	16, 26, 8	J	triallate
inibidores da síntese de carotenoides (alvo desconhecido) - triazoles (FSII)	F3	11	Q	amitrole
inibidores da divisão celular - cloroacetamidas (FS II)	K3	15	K	butachlor
inibidores da fotossíntese no fotossistema II- nitrilas, benzotiadiazinonas	C3	6	C	bromoxynil
inibidores da síntese de carotenoides na fiteno desaturase (PDS) – piridazinonas	F1	12	F	diflufenican
inibidores da enzima glutamina sintetase (glutamina)	H	10	N	glufosinate-ammonium
inibidores da síntese de celulose (parede celular)	L	18	R	dichlobenil
Antimicrotubule mitotic disrupter	Z	25	Z	flamprop-methyl
inibidores da enzima 4-hidroxiifenilpiruvato dioxigenase (hppd) - tri-cetonas	F2	27	H	isoxaflutole
Inibição da DOXP sintase	F4	13	Q	comazone
inibidores da mitose – carbamatos	K2	23	E	propham
não conhecido	Z	27	Z	endothall
inibidores de alongamento celular	Z	8	Z	difenzoquat
inibidores do ácido nucleico	Z	17	Z	MSMA

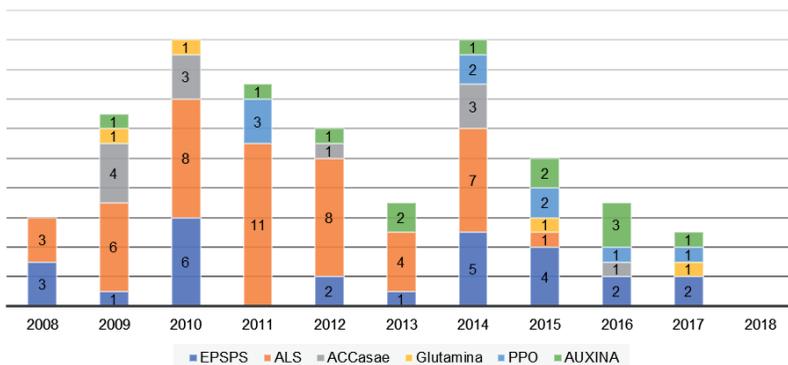


Figura 4. Número de novas espécies relacionadas com resistência a herbicidas. Fonte: Heap (2018).

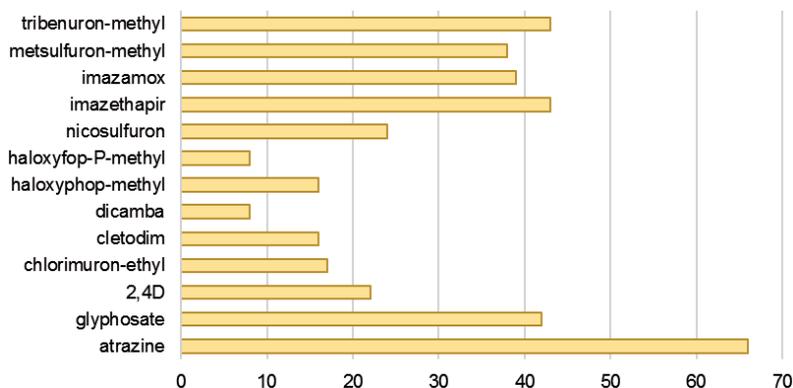


Figura 5. Número de espécies de plantas daninhas resistentes a determinados herbicidas. Fonte: Heap (2018).

Tabela 4. Plantas daninhas resistentes a herbicidas relatadas no Brasil. Fonte: Heap (2018).

Espécie	Ano do relato	Mecanismo de Ação¹
<i>Ageratum conyzoides</i>	2013	Inibidores da ALS (B/2)
<i>Amaranthus palmeri</i>	2015	Inibidores da EPSPs (G/9)
	2016	Inibidores da ALS(B/2) / Inibidores da EPSPs(G/9)
	2011	Inibidores da ALS(B/2) / Inibidores do fotossistema II (C1/5)
<i>Amaranthus retroflexus</i>	2012	Inibidores da ALS(B/2)
	2014	Inibidores da PPO (E/14)
	2011	Inibidores da ALS(B/2) / Inibidores do fotossistema II(C1/5)
<i>Avena fatua</i>	2010	Inibidores da ACCase (A/1)
<i>Bidens pilosa</i>	1993	Inibidores da ALS(B/2)
	2016	Inibidores da ALS (B/2) / Inibidores do fotossistema II(C1/5)
	1996	Inibidores da ALS(B/2)
<i>Bidens subalternans</i>	2006	Inibidores da ALS(B/2) / Inibidores do F II(C1/5)

Tabela 4 cont. Plantas daninhas resistentes a herbicidas relatadas no Brasil. Fonte: Heap (2018).

Espécie	Ano do relato	Mecanismo de Ação¹
<i>Chloris elata</i>	2014	Inibidores da EPSPs(G/9)
<i>Conyza bonariensis</i>	2005	Inibidores da EPSPs(G/9)
<i>Conyza canadensis</i>	2005	Inibidores da EPSPs(G/9)
	2010	Inibidores da EPSPs(G/9)
	2011	Inibidores da ALS(B/2)
	2011	Inibidores da ALS(B/2) / Inibidores da EPSPs(G/9)
	2016	Inibidores do F I (D/22)
<i>Conyza sumatrensis</i>	2017	Inibidores da PPO (E/14)
	2017	Inibidores da ALS (B/2) / Inibidores do F I (D/22) / Inibidores da EPSPs (G/9)
	2017	Inibidores do fotossistema II (C2/7) / Inibidores do F I (D/22) / inibidores da PPO (E/14) / Inibidores da EPSPs(G/9) / Auxinas sintéticas (O/4)
<i>Cyperus difformis</i>	2000	Inibidores da ALS(B/2)
<i>Cyperus iria</i>	2014	Inibidores da ALS(B/2)
<i>Digitaria ciliaris</i>	2002	Inibidores da ACCase (A/1)

Tabela 4 cont. Plantas daninhas resistentes a herbicidas relatadas no Brasil. Fonte: Heap (2018).

Espécie	Ano do relato	Mecanismo de Ação¹
<i>Digitaria insularis</i>	2008	Inibidores da EPSPS (G/9)
	2016	Inibidores da ACCase (A/1)
	1999	Auxinas sintéticas (O/4)
<i>Echinochloa crus-galli</i>	2009	Inibidores da ALS (B/2) / Auxinas sintéticas (O/4)
	2015	ACCCase inhibitors (A/1) / Inibidores da ALS(B/2) / inibidores da celulose (L/26)
<i>Echinochloa crus-pavonis</i>	1999	Auxinas sintéticas (O/4)
<i>Echium plantagineum</i>	2015	Inibidores da ALS (B/2)
<i>Eleusine indica</i>	2003	Inibidores da ACCase (A/1)
	2016	Inibidores da EPSPs (G/9)
	2017	Inibidores da ACCase (A/1) / Inibidores da EPSPs (G/9)
<i>Euphorbia heterophylla</i>	1993	Inibidores da ALS (B/2)
	2004	Inibidores da ALS (B/2) /inibidores da PPO (E/14)

Tabela 4 cont. Plantas daninhas resistentes a herbicidas relatadas no Brasil. Fonte: Heap (2018).

Espécie	Ano do relato	Mecanismo de Ação¹
<i>Fimbristylis miliacea</i>	2001	Inibidores da ALS (B/2)
	2003	Inibidores da EPSPs (G/9)
	2010	Inibidores da ALS (B/2)
<i>Lolium perenne</i> ssp. <i>multiflorum</i>	2010	Inibidores da ACCase (A/1) / Inibidores da EPSPs (G/9)
	2016	Inibidores da ACCase (A/1) / Inibidores da ALS (B/2)
	2017	Inibidores da ALS (B/2) / Inibidores da EPSPs (G/9)
<i>Oryza sativa</i> var. <i>syvatica</i>	2006	Inibidores da ALS (B/2)
<i>Parthenium hysterophorus</i>	2004	Inibidores da ALS (B/2)
<i>Raphanus raphanistrum</i>	2013	Inibidores da ALS (B/2)
<i>Raphanus sativus</i>	2001	Inibidores da ALS (B/2)

Tabela 4 cont. Plantas daninhas resistentes a herbicidas relatadas no Brasil. Fonte: Heap (2018).

Espécie	Ano do relato	Mecanismo de Ação¹
<i>Sagittaria montevidensis</i>	1999	Inibidores da ALS (B/2)
	2009	Inibidores da ALS (B/2) / Inibidores do F II (C3/6)
<i>Urochloa plantaginea</i> (=<i>Brachiaria plantaginea</i>)	1997	Inibidores da ACCase (A/1)

ALS – acetolactato sintase, EPSPs - 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase, F II - fotossistema II, F I – fotossistema, PPO - protoporfirinogênio oxidase, ACCase - Acetil CoA carboxilase.

Resistência ao glyphosate

O glyphosate é o herbicida mais utilizado no manejo de plantas daninhas. O produto é derivado de aminoácidos que inibem a enzima EPSPs precursora da síntese de aminoácidos aromáticos como triptofano, fenilalanina e tirosina. Este herbicida apresenta amplo espectro de controle de plantas daninhas (anuais e perenes), custo relativamente baixo e rápida degradação no ambiente. Com o desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas, tolerantes ao glyphosate, o consumo deste herbicida cresceu substancialmente, aumentando a pressão de seleção às plantas daninhas e ampliando a possibilidade do surgimento de plantas invasoras resistentes a este produto. Em áreas de cultivo de soja transgênica, resistente ao glyphosate, o manejo de plantas daninhas com este herbicida passou de uma a duas aplicações anuais para três a quatro aplicações ao ano. Mundialmente, o primeiro caso de resistência ao herbicida glyphosate foi relatado em 1996, com a espécie erva-febra (*Lolium rigidum*) (**Figura 6**). No Brasil, os primeiros relatos de plantas daninhas resistentes ao glyphosate ocorreram em 2002, nos municípios de Tapejara e Capão Bonito (RS). No país, há uma percepção da presença de buva e capim-amargoso resistentes ao herbicida glyphosate, entretanto muitos casos ainda não foram confirmados cientificamente (**Figura 7**). Entretanto, vários autores já têm reportado a resistência de *Digitaria insularis* (capim-amargoso) (Adegas et al., 2010; Carvalho et al., 2011; Ovejero et al., 2017) de *Lolium multiflorum* (azevém) (Roman et al., 2004; Vargas et al., 2005; Dors et al., 2010; Silva, 2012), *Conyza* spp. (buva) (Moreira et al., 2007; Vargas et al., 2007; Lamego; Vidal, 2008; Trezzi et al., 2011).



Figura 6. Evolução da seleção de espécies de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da enzima EPSPs. Fonte: Heap (2018).

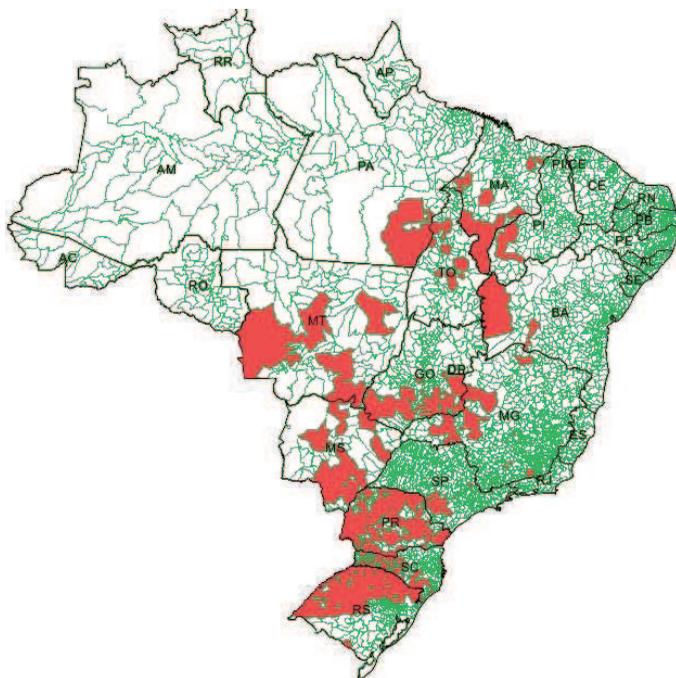


Figura 7. Percepção da presença de plantas daninhas, no Brasil, resistentes a herbicidas inibidores da EPSPs. Levantamento de resistência Brasil, atualizado 2017.

Custos da resistência no Brasil

Os principais custos da resistência das invasoras aos produtos herbicidas relacionam-se à necessidade do uso de produtos alternativos e às perdas de rendimento da cultura, por causa da competição destas que permanecem na lavoura após a aplicação (**Figura 8**). O custo com herbicidas alternativos é variável, de acordo com a opção adotada pelo produtor, uma vez que existem, na maioria das vezes, mais de um produto indicado para manejo das populações resistentes. A estimativa do custo da resistência, apenas na área de soja no Brasil, está entre 3,7 e 6,0 bilhões de reais, somente computando os gastos para o manejo das

espécies resistentes. Porém, quando se insere uma perda de 5% pela competição imposta por estas plantas os custos passam a alcançar patamares de 9 bilhões (Adegas et al., 2017).

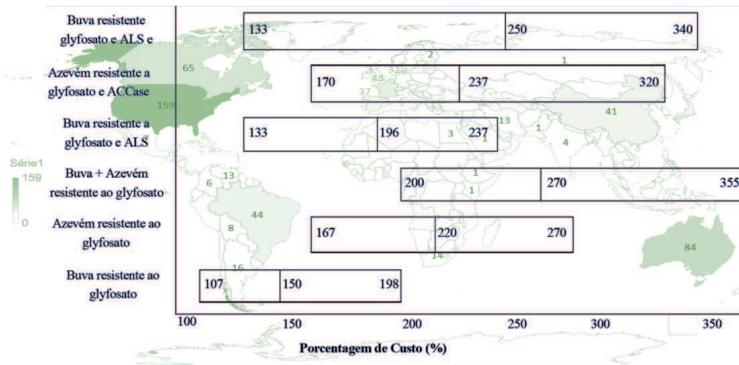


Figura 8. Variação percentual do custo do manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Fonte: Vargas et al. (2012).

Manejo da resistência

Quando uma população de plantas daninhas resistentes se estabelece em determinada área, a eficiência do controle, pela utilização de herbicidas, diminui. A identificação correta das espécies daninhas presentes na área se torna de fundamental importância para a adequação do método correto para o manejo a ser utilizado. Para prevenir, ou retardar, o aparecimento de plantas resistentes aos herbicidas são recomendadas as seguintes ações: utilização de rotação de culturas; manejo adequado dos herbicidas; rotação de mecanismos de ação (**Tabela 3**); prevenção da disseminação de sementes, pelo uso de equipamentos limpos; monitoramento da evolução inicial da resistência aos produtos; e controle das plantas daninhas suspeitas de resistência, antes que estas plantas produzam sementes.

Considerações finais

Os dados apresentados relatam a importância da resistência de plantas daninhas a herbicidas para a agricultura mundial e nacional. Os custos da produção estão cada vez mais elevados e a presença de plantas daninhas resistentes aos herbicidas tem contribuído de forma significativa para este fato. O uso de herbicidas alternativos e doses mais elevadas do que as recomendadas para o manejo da resistência é o fator mais importante nestes custos. A expectativa mundial é para o aumento de plantas daninhas resistentes sendo que a resistência múltipla passa a ter cada vez mais importância para os sistemas de produção agrícola. O uso de rotação e sucessão de culturas aliados a cobertura do solo tem contribuído de forma significativa para o manejo de plantas daninhas resistentes. Cada vez mais o produtor terá que fazer uso do manejo integrado de plantas daninhas, utilizando formas não químicas para a sustentabilidade dos sistemas produtivos

Agradecimentos

Aos convênios Embrapa/Bayer e Embrapa/Monsanto pelo suporte financeiro para a realização do levantamento e acompanhamento da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil.

Referências

ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; KARAM, D.; SILVA, A. F. da; AGOSTINETTO, D. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 11 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 132).

ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; OSIPE, R. Diagnóstico da existência de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Responsabilidade social e ambiental no manejo de plantas daninhas**. Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 761-765.

AGOSTINETTO, D.; SILVA, D. R. O. da; VARGAS, L. Soybean yield loss and economic thresholds due to glyphosate resistant hairy fleabane interference. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 84, p. 1-8, 2017.

ALVES, G. S.; TARTAGLIA, F. L.; ROSA, J. C.; LIMA, P. C.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do girassol em Rondônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 275-282, 2013.

CARVALHO, L. B.; HIPOLITO, H. C.; TORRALVA, F. G.; ALVES, P. L. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. de; PRADO, R. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, Champaign, v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011.

CHIAPINOTTO, D. M.; SCHAEGLER, C. E.; FERNANDES, J. P. S.; ANDRES, A.; LAMEGO, F. L. Cross-resistance of rice flatsedge to ALS-inhibiting herbicides. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 35, p. 1-12, 2017.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; PONCHIO, J. A. R.; BERG, E. V. D.; VICTÓRIA FILHO, R. Imidazolinone resistant *Bidens pilosa* biotypes in the Brazilian soybean areas. In: MEETING OF THE WEED SCIENCE

SOCIETY OF AMERICA, 1996, Norfolk. **Abstracts**. Champaing: Weed Science Society of America, 1996. p. 10.

DILIPKUMAR, M.; BURGOS, N. R.; CHUAH, T. S.; ISMAIL, S. Cross-resistance to imazapic and imazapyr in a weedy rice (*Oryza sativa*) biotype found in Malaysia. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 36, p. 1-10, 2018.

DORS, C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SANCHOTENE, D. M.; DIAS, A. C. R.; MANFRON, P. A.; DORNELLES, S. H. B. Suscetibilidade de genótipos de *Lolium multiflorum* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 401-410, 2010.

GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; MACIEL, C. D. G.; CHRISTOFOLLETI, P. J.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E. Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima ALS. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 16, n. 2, p. 117-125, 1998.

GAZZIERO, D. L. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; BRIGHENTI, A. M.; PRETE, C. E. C.; VOLL, E. Resistência da planta daninha capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) aos herbicidas inibidores da enzima ACCase na cultura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 169-180, 2000.

HEAP, I. **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

HILTON, H. W. Herbicide tolerant strains of weeds. In: ANNUAL report. Honolulu: Hawaiian Sugar Planters' Association, 1957. p. 69-72.

HOLM, L.; PANCHO, J. V.; HERBERGER, J. P.; PLUCKNETT, D. L. **A geographical atlas of world weeds**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 391 p.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 467-471, 2008.

MOREIRA, M. S.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 157-164, 2007.

OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 31-43, 2006.

OVEJERO, R. F. L.; TAKANO, H. K.; NICOLAI, M.; FERREIRA, A.; MELO, M. S. C.; CAVENAGHI, A. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OLIVEIRA JR., R. S. Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across Brazilian agricultural production areas. **Weed Science**, Champaign, v. 65, n. 2, p. 285-294, 2017.

PONCHIO, J. A. R.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MELO, M.; VICTORIA FILHO, R. ALS enzyme assay from *Bidens Pilosa* biotypes of the Brazilian soybean areas to determine the sensitivity to imidazolinone and sulfonyleurea herbicides. In: MEETING OF THE WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 1996, Norfolk. **Abstracts**. Champaign: Weed Science Society of America, 1996.

ROYAL BOTANIC GARDENS. **The state of the world's plants report**. Kew, 2016.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; MATTEI, R. W. Resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 301-306, 2004.

RUEDEL, L. J. **Cultura do milho**: indicações técnicas para o Rio Grande do Sul. Cruz Alta: Fecotrigo, 1991. 102 p.

SANTOS, G.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; FRANCISCHINI, A. C.; OSIPE, J. B. Multiple resistance of *Conyza sumatrensis* to chlorimuronethyl and to glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 409-416, 2014a.

SANTOS, F.M.; VARGAS, L.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; AGOSTINETTO, D.; MARIANI, F.; DAL MAGRO, T. Differential susceptibility of biotypes of *Conyza sumatrensis* to chlorimuron-ethyl herbicide. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 427-435, 2014b.

SILVA, J. M. B. V. da. **Distribuição geográfica de biótipos de azevém resistente a herbicidas no Estado do Rio Grande do Sul**. 2012. 29 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

SILVA, J. B.; PIRES, N. M. Controle de plantas daninhas para a cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 164, p. 17-20, 1990.

SWITZER, C. M. The existence of 2,4-D-resistant strains of wild carrot. In: NORTHEASTERN WEED CONTROL CONFERENCE, 11., 1957, Riverhead. **Proceedings...** Riverhead: Northeastern Weed Science Society, 1957. p. 315-318.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; XAVIER, E.; ROSIN, D.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; PRATES, M. A. Resistência ao glyphosate em biótipos de buva (*Conyza* spp.) das regiões oeste e sudoeste do Paraná. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 29, p. 1113-1120, 2011. Número especial.

VARGAS, L.; AGOSTINETO D.; GAZZIERO D. L. P.; KARAM, D. Resistência de plantas daninhas: batalhas perdidas, custos e o desafio do manejo. **Revista Plantio Direto, Passo Fundo**, v. 21, n. 131, p. 11-20, set./out. 2012.

VARGAS, L.; BIANCHI, M. A.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 573-578, 2007.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; RIZZARDI, M. A.; SILVA, V. C. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 153-160, 2005.

VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Three weed species with confirmed resistance to herbicides in Brazil. In: MEETING OF THE WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 1997, Norfolk. **Abstracts**. Champaing: Weed Science Society of America, 1997. p. 100.

ZANDONÁ, R. R.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, B. M.; RUCHEL, Q.; FRAGA, D. S. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 36, p. 1-11, 2018.



**XXXII CONGRESSO NACIONAL
DE MILHO E SORGO**



*"Soluções integradas para
os sistemas de produção
de milho e sorgo no Brasil"*

SOLUÇÕES INTEGRADAS PARA OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO E SORGO NO BRASIL

Editores

Maria Cristina Dias Paes
Renzo Garcia Von Pinho
Silvino Guimarães Moreira

Sete Lagoas, MG

Associação Brasileira de Milho e Sorgo

2018



Livro de Palestras

Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil

Editores Técnicos

Maria Cristina Dias Paes
Renzo Garcia Von Pinho
Silvino Guimarães Moreira

Sete Lagoas, MG
Associação Brasileira de Milho e Sorgo
2018

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica

Tânia Mara Assunção Barbosa

Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil / editores técnicos Maria Cristina Dias Paes, Renzo Garcia Von Pinho, Silvino Guimarães Moreira. – Sete Lagoas: ABMS, 2018.

Modo de acesso: <http://www.abms.org.br/eventosanteriores/cnms2018/CNMS2018_livro_palestras.pdf>.

ISBN: 978-85-63892-09-6

1. Milho. 2. *Zea mays*. 3. Sorgo. 4. *Sorghum bicolor*. I. Paes, Maria Cristina Dias. II. Von Pinho, Renzo Garcia. III. Moreira, Silvino Guimarães. IV. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 32., 2018, Lavras, MG.

CDD 633.15 (21. ed.)
