



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”  
LSO – DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO  
PACES – PROJETANDO AGRICULTURA COMPROMISSADA EM  
SUSTENTABILIDADE

ANA LAURA OLIVEIRA  
VITOR TANAKA

**Tecnologias da soja**

Piracicaba  
2023

ANA LAURA OLIVEIRA

VITOR TANAKA

### **Tecnologias da soja**

Revisão bibliográfica apresentada ao Grupo PACES – Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Coordenadores:

Rodrigo Cintra Bachega

João Gonçalves Ólea Leone

Piracicaba

2023

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>2 TECNOLOGIA LIBERTY LINK .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 MODO DE AÇÃO DO GLUFOSINATO DE AMÔNIO....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 SOJA LIBERTY LINK .....</b>	<b>7</b>
<b>3. TECNOLOGIA ROUNDUP READY .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 MODO DE AÇÃO DO GLIFOSATO.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 SOJA ROUNDUP READY .....</b>	<b>15</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) desempenha um papel fundamental na economia brasileira, destacando-se como uma das culturas mais significativas. De acordo com dados da CONAB, na safra 2022/23, a área cultivada com soja atingiu uma impressionante marca de 44 milhões de hectares, com uma produção estimada de mais de 150 milhões de toneladas do grão. Essa demanda crescente tem impulsionado a busca incessante por novas tecnologias, com o objetivo de aprimorar ainda mais a produtividade e o rendimento dessa cultura. Contudo, é importante ressaltar que diversos fatores podem afetar negativamente a produtividade da soja, incluindo pragas, doenças e, sobretudo, a gestão inadequada de plantas daninhas.

É nesse contexto que a evolução das tecnologias, principalmente no ramo da genética, que permitiram através de métodos de recombinação de DNA a produção de variedades resistentes à determinados herbicidas. Uma dessas tecnologias foi o desenvolvimento da soja resistente ao glifosato (RR), que simplificou o controle de plantas daninhas nas lavouras, levando a um aumento significativo na utilização desse herbicida. Como resultado, o número de aplicações do glifosato durante o ciclo de crescimento da cultura aumentou, variando entre 3 e 4 vezes, de acordo com SERRA (2011). Ademais, vale ressaltar a importância de outra variedade, lançada em 2015, a tecnologia Liberty Link adicionou às plantas de soja resistência ao herbicida amônio glufosinato, conhecido comercialmente como Liberty. Como um dos herbicidas mais utilizados na cultura da soja, a tecnologia adicionou uma grande vantagem no controle das plantas indesejadas na lavoura.

Portanto, essa revisão tem como objetivo esclarecer essas tecnologias, detalhando o processo de sua criação e descrevendo minuciosamente o seu modo de funcionamento. Além disso, vamos analisar as implicações decorrentes do uso extensivo de culturas geneticamente modificadas e herbicidas como o glifosato e o glufosinato, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dessas inovações no cenário agrícola.

## 2 TECNOLOGIA LIBERTY LINK

Quando pensamos na produção vegetal com foco comercial, diversos são os entraves que nos surgem em mente, como a ocorrência de doenças, adversidades climáticas, aparecimento de insetos-praga entre outros. No entanto, um dos maiores desafios nesse ramo é a incidência de plantas indesejadas na lavoura, que dificultam o manejo, competem com a cultura de interesse, e, conseqüentemente, reduzem a produtividade potencial da espécie de interesse. É nesse contexto que o avanço da tecnologia aplicada ao melhoramento genético de plantas auxilia a agricultura. Através de métodos de manipulação genética, tornou-se possível a criação de cultivares resistentes à herbicidas, como é o caso das plantas resistentes ao herbicida glufosinato de amônio (MONQUERO, 2005). Lançada pela empresa Bayer, em 2016, com nome comercial de Liberty Link (LL), essa tecnologia está disponível para culturas como a soja e algodão e confere resistência ao ingrediente ativo glufosinato de amônio, cujo nome comercial pode ser Liberty ou Finale.

Figura 1: Lavoura de apresentação da soja com tecnologia Liberty Link.



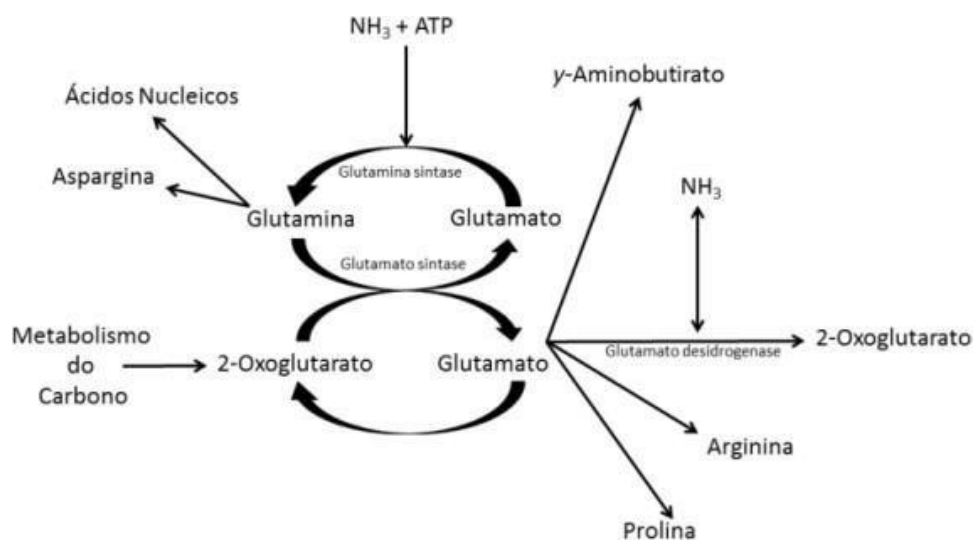
Fonte: Borsari (2016).

### 2.1 MODO DE AÇÃO DO GLUFOSINATO DE AMÔNIO

O nitrogênio é o macronutriente mineral encontrado em maior quantidade nas plantas, de modo que compõem papel essencial, principalmente quando pensamos na composição de moléculas como a clorofila, aminoácidos, proteínas entre outros. No entanto, esse elemento deve passar por um longo processo de assimilação para que se torne utilizável, sendo nesse contexto que entra a atuação da enzima denominada de glutamina sintetase. Essa enzima é responsável pela catalização do processo de transferência de elétrons do íon amônia ( $\text{NH}_3$ ) para um composto

intermediário chamado de glutamato, com a consequente obtenção da molécula de glutamina. Essa reação utiliza a molécula de ATP como fonte de energia, e, a partir dessa rota metabólica o glutamato é produzido, de modo que essa molécula serve como fonte de amônio, sendo utilizado em outros processos metabólico, como a produção do aspartato e outros compostos, além de desintoxicar a célula através da redução do nitrato (GIVAN, 1980).

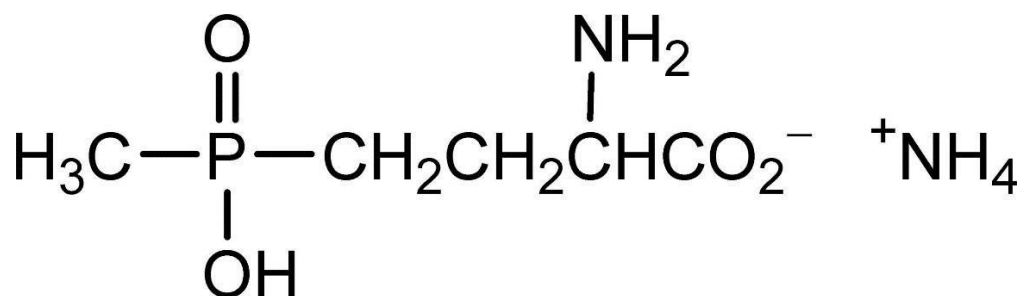
Figura 2: Rota metabólica simplificada do glutamato



Fonte: Adaptado de Forde & Lea (2007).

Com mais detalhes, essa enzima pode ser classificada em dois tipos principais, a depender da sua localização na célula. Quando presente no citosol ela se encontra na sua isoforma (GS1) e quando está no plastídeo do cloroplasto está na sua isoforma (GS2) (Unno et al., 2006). A partir desse ponto é que entra a inserção do Amonium - DL - homoalanin -4-yl-(methyl) phosphinate, casualmente denominado como amônio glufosinato. Este herbicida é não seletivo, ou seja, possui um amplo espectro de atuação, sendo reconhecido pela sua eficácia, principalmente no controle de daninhas. A molécula desse herbicida atua inibindo a glutamina sintetase, competindo com os sítios de ligação do glutamato, de modo que ela se liga de uma maneira irreversível, resultando, assim, no acúmulo de amônia celular, que por sua vez causa toxicidade para a planta (LOGUSCH *et al.*, 1991).

Figura 3: Estrutura molecular do amônio glufosinato.



Fonte: Sem autor (s.d).

Entretanto, o acúmulo de amônia não é a causa primária para a morte celular vegetal. Segundo Krieg *et al.* (1990) a inibição da glutamina sintetase induz a redução da síntese de proteínas, em especial a proteína envolvida no transporte de elétrons da fase fotoquímica da fotossíntese, a plastoquinona B (Qb). Ademais, outras consequências como a baixa produção de glutamato, aspartato e alanina e insuficiente regeneração de compostos mediadores do ciclo C3 são os principais desencadeadores da morte celular (LEA, 1991).

Figura 4: Plantas com pós aplicação de amônio glufosinato com sintomas de clorose.



Fonte: Reis (s.d).

A eficácia do glufosinato de amônio é dependente da capacidade de absorção e translocação da substância pela planta. Em grande parte das espécies, o pico de absorção do herbicida é dado 24 horas após a aplicação (Sellers *et al.*, 2004).

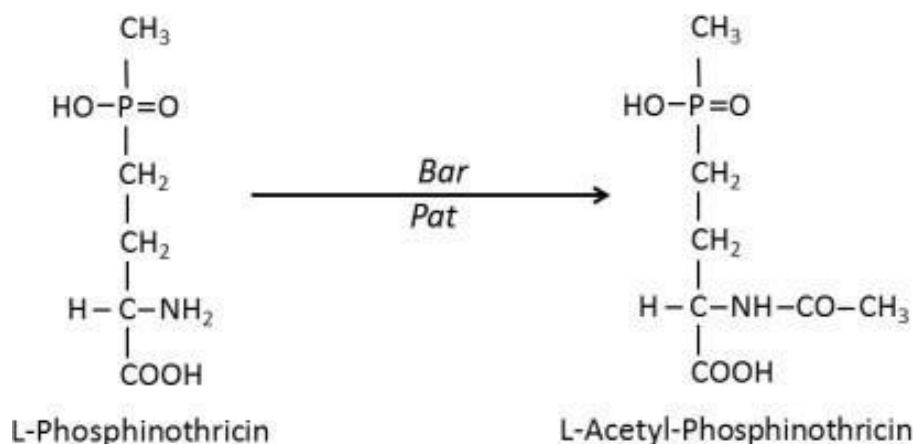
Devido à sua similaridade estrutural com aminoácidos, acredita-se que a sua absorção é feita por meio da atuação de canais cotransportadores de prótons. Nos vasos condutores do floema, a molécula possui baixa mobilidade, fato esse que vai contra as propriedades físico-químicas da molécula. Em partes, a baixa mobilidade no

floema pode ser explicada pela própria inibição da glutamina sintetase, que ocasiona no acúmulo de amônia nas células. Por sua vez, o acúmulo dessa substância resulta na ruptura das membranas celulares, e, conseqüentemente à morte do tecido antes mesmo que a o glufosinato possa ser transportado para o floema (Tachibana *et al*, 1986).

## 2.2 SOJA LIBERTY LINK

A enzima glutamina sintetase é produzida na região nuclear das células fotossintetizantes vegetais. Devido à semelhança do amônio glufosinato com o glutamato, ocorre a inibição competitiva pelos sítios de ligação da enzima. O início da busca pela resistência ao herbicida iniciou em 1987 na cultura do tabaco, utilizando o gene denominado de bar clonado a partir da bactéria *Streptomyces hygrosopicus*. Esse gene é responsável pela codificação e produção da enzima fosfinotricina-N-acetiltransferase, que pode ser abreviada como PAT. Essa enzima é capaz de realizar a conversão da molécula de glufosinato (L-fosfinotricina) para uma forma sem ação tóxica na planta (CASTRO, 2019).

Figura 5: Interação entre PAT e glufosinato em culturas tolerantes.



Fonte: Sem autor (s.d).

Na soja, a inserção do gene foi realizada através do método de aceleração de partículas (biobalística), utilizando uma versão sintética do gene decodificador (pat) das bactérias *Streptomyces viridochromogenes*. Desse modo, ocorre a inativação do ingrediente ativo, uma vez que ocorre a formação do n-acetyl-Lglufosinate (NAG), que confere tolerância à planta de soja. De acordo com Brookes & Barfoot (2014), a utilização da tecnologia ocasionou na economia de aproximadamente 38% para os



produtores, principalmente devido à redução de custos operacionais no manejo e no controle de plantas daninhas (CASTRO, 2019).

Um estudo realizado em campo na cidade de Maringá-PR buscou avaliar tanto a eficiência do herbicida amônio glufosinato (Liberty) no controle de daninhas quanto a seletividade da tecnologia de resistência Libery Link na cultura da soja. Em um total de 9 tratamentos com 4 repetições cada, foi utilizado a semeadura direta, para distribuir 18 sementes por metro da variedade Evento A5547. A aplicação dos tratamentos foi realizada em pós emergência, quando a cultura entrou no estágio vegetativo V2, sendo avaliado o controle das seguintes espécies de daninhas: trapoeraba (*Commelina benghalensis*); caruru (*Amaranthus hybridus*) e capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) (GONÇALVES, 2014).

As variáveis analisadas ao fim do experimento foram a porcentagem de controle (escala visual, 0-100%, onde 0% significa ausência de sintomas e 100% morte total das plantas daninhas), a fitointoxicação da cultura através da escala E.W.R.C (onde 1,0 significa ausência de sintomas e 9,0 significa morte de 100% das plantas) e a produtividade estimada da cultura por meio da colheita manual e pesagem. Com exceção da produtividade estimada, as outras duas variáveis foram analisadas aos 7, 14, 28 e 42 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos utilizando as diferentes doses do amônio glufosinato (GONÇALVES, 2014).

Tabela 1: Porcentagens de controle de plantas daninhas aos 42 Dias após a aplicação e produtividade da soja Liberty Link® após a aplicação de glufosinato de amônio (Liberty) em pós-emergência. Distrito de Iguatemi, Maringá - PR – 2013/2014.

Tratamentos	Doses ha <sup>-1</sup> g ou ml p.c	C. benghalensis % controle	A. hybridus % controle	D. horizontalis % controle	Produtividad e (kg ha <sup>-1</sup> )
Controle	-	0 c	0 c	0 c	343,95 c
Capina	-	100 a	100 a	100 a	1384,86 ab
Classic e Podium EW	80 e 1000	62,5 b	77,5 b	99,75 a	885,83 bc
Liberty	1500	71,5 b	75,5 b	84,5 b	1286,46 ab
Liberty	2000	97 a	95,5 b	99,75 a	1307,22 ab
Liberty	2500	99,75 a	100 a	100 a	1290,34 ab
Liberty	3000	100 a	100 a	100 a	1492,98 a
Liberty	3500	100 a	100 a	100 a	1627,01 a
Liberty	4000	100 a	100 a	100 a	1456,52 ab

Fonte: Adaptado de GOLÇALVES (2014).

Para o controle da *C. benghalensis* e *A. hybridus*, foram observados que os tratamentos utilizando as dosagens comerciais iguais ou superiores a 2000 ml/ha proporcionaram controles superiores a 95% e 96% aos 42 DAA. No caso da *D. horizontalis*, doses superiores a 1500 ml/ha mostraram níveis satisfatórios no controle da daninha. Com a eficiência do herbicida no controle de daninhas comprovado, é possível comentar sobre a eficiência da tecnologia de seletividade da soja através das diferenças de produtividade. Verifica-se que não há diferenças significativas entre o tratamento onde foi realizado a capina e os tratamentos com o glufosinato de amônio. Entretanto, quando comparado ao tratamento em que não foi adotada nenhuma estratégia de controle, foram observadas produtividades 4 vezes inferiores ao tratamento com o uso do herbicida. Desse modo, a eficiência da seletividade da tecnologia LL pode ser comprovada, uma vez que o herbicida aplicado em associação a outros, não causou reduções no rendimento da soja geneticamente modificada (GONÇALVES, 2014).

Logo, podemos concluir que a criação da soja LL oferece, assim, uma opção a mais no controle de daninhas. No entanto, é importante ressaltar os cuidados que devem ser tomados ao aplicar esse herbicida, uma vez que mesmo tolerante, o mal uso do herbicida pode resultar em problemas como a seleção de espécies daninhas

resistentes e até mesmo problemas na seletividade, caso a dose seja excessiva (GONÇALVES, 2014).

### 3. TECNOLOGIA ROUNDUP READY

A tecnologia Roundup Ready, conhecida como RR, e comumente chamada de “resistente ao glifosato”, foi lançada pela empresa Monsanto. Essa tecnologia foi obtida a partir da introdução do gene CP4 EPSPS, adquirido de bactéria do solo do gênero *Agrobacterium*, conferindo à planta tolerância à aplicação de herbicidas à base da molécula de glifosato, em pós-emergência (PIONERR, 2020).

Quando se fala em tecnologia RR, a primeira cultura que é lembrada é a soja, foi cultivada pela primeira vez nos Estados Unidos, em meados de 1996. No Brasil, em 1998 a CTNBio liberou a utilização, porém por medidas judiciais, a tecnologia ficou proibida por cerca de 7 anos, sendo liberada em 2005 (HENNING; NEPOMUCENO, 2022).

#### 3.1 MODO DE AÇÃO DO GLIFOSATO

O glifosato (N-(fosfometil)glicina) tem alta eficiência em eliminar plantas invasoras, se trata de um herbicida não-seletivo, sistêmico, pós-emergente e representa cerca de 60% do mercado mundial de herbicidas não seletivos. Desde em que foi lançado, em 1971, três tipos de glifosato são comercializados: glifosato-isopropilamônio, glifosato-sesquisódio e glifosato-trimesium (RIBEIRO *et al.*, 2002).

Esse herbicida pertence ao grupo dos organofosforados, porém não afeta o sistema nervoso, como os inseticidas inibidores da enzima colinesterase. O glifosato é derivado da glicina e é considerado um aminoácido artificial. Por se tratar de um herbicida não-seletivo, sistêmico e pós-emergente, é absorvido rapidamente pela superfície da planta, é transloucado da folha até os tecidos pelo floema. Ao atingir seu nível de fitotoxicidade, o crescimento da planta é afetado devido à interferência da produção de aminoácidos aromáticos essenciais, através da inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), que é responsável pela biossíntese de corismato, um intermediário da formação de fenilalanina, tirosina e triptofano (DUKE; POWLES, 2008).



O glifosato pode ser absorvido pelas folhas e outras partes aéreas da planta, após a absorção, é transloucado rapidamente pelo sistema simplasto. Ao atingir o floema, o fluxo de fotoassimilados fonte-dreno se acumula em áreas de crescimento ativo, nos meristemas, e ocorre a paralização do crescimento de tecidos das prantas, por se degradarem lentamente devido à falta de proteínas. Diferente de outros herbicidas, o efeito do glifosato é considerado mais lento e gradual, com o aparecimento de clorose e posterior necrose dos tecidos (VILAR, 2022).

O efeito de herbicidas inibidores da síntese de aminoácidos aromáticos, como o glifosato, inclui nanismo, amarelecimento da folhagem e posterior morte da planta. Com a clorose do tecido meristemático, o crescimento da planta é paralisado, posteriormente ocorre necrose progressiva do tecido mais novo para o mais velho (MARCHI *et al.*, 2008).

Figura 8: Efeito da aplicação de Glifosato em Braquiária brinzantha (A) e Malva-branca (B)



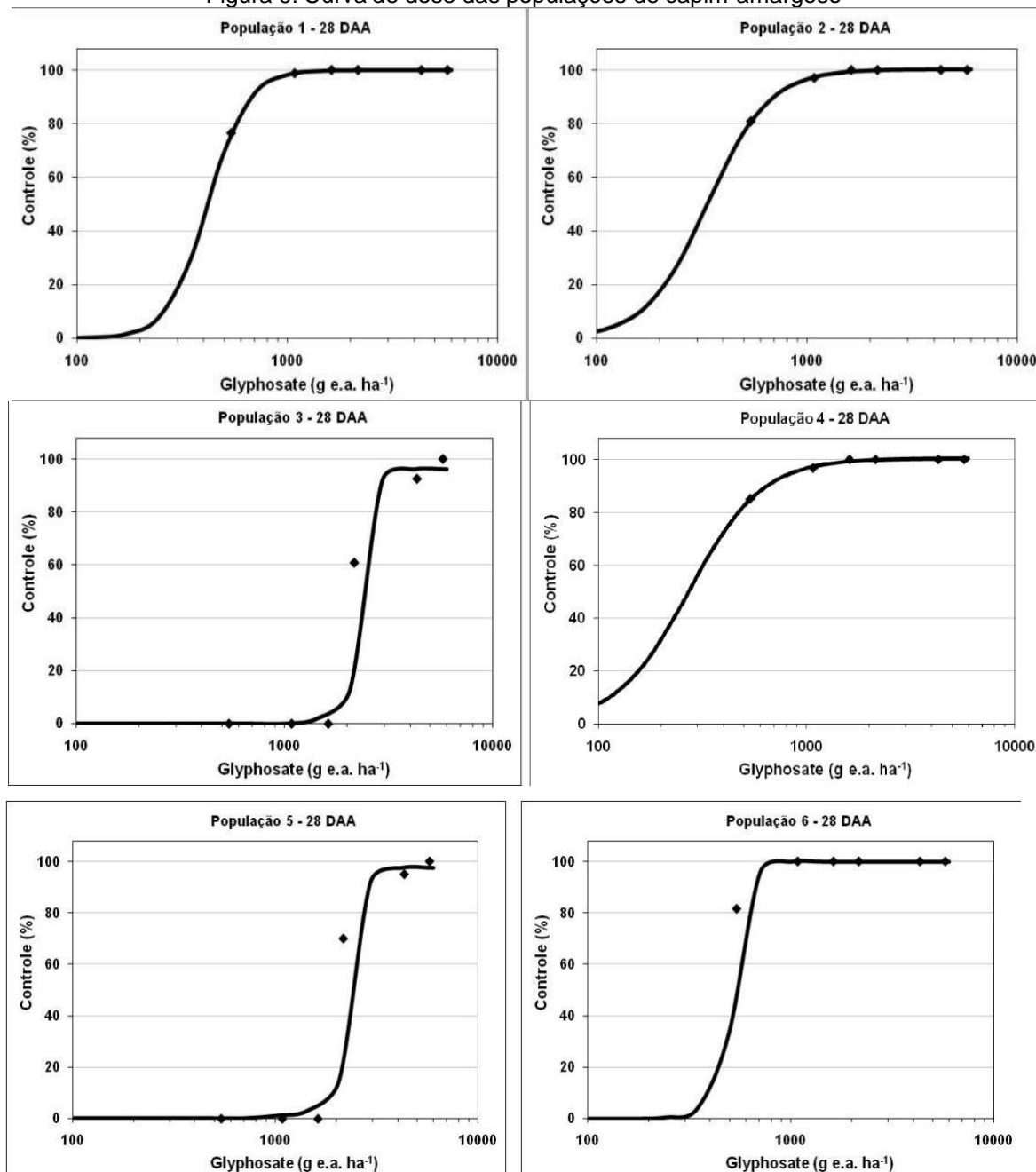
Fonte: Marchi *et al.* (2008).

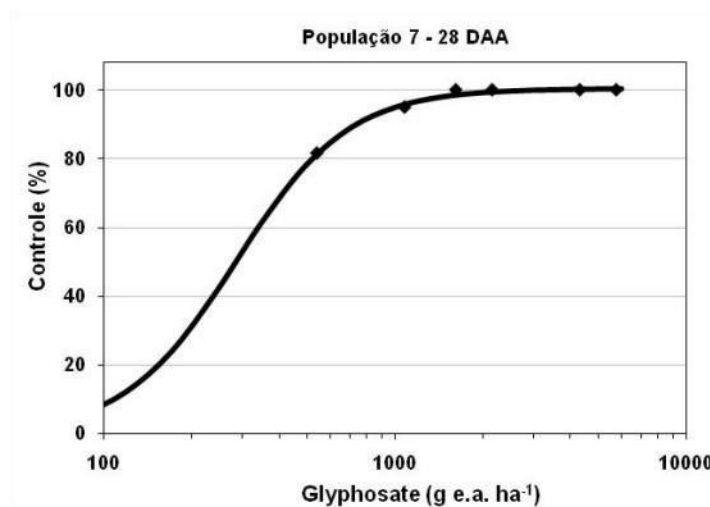
Apesar do glifosato atingir amplo gama de plantas invasoras, com o intenso uso na mesma área, foi conferida resistência ao ativo por algumas espécies. São registradas dez espécies resistentes ao glifosato, sendo elas: *Euphorbia heterophylla* (Leiteiro), *Amaranthus palmeri* (Caruru-plameri), *Amaranthus hibrydus* (Caruru-gigante), *Chloris elata* (Capim-branco), três espécies de Buva *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis*, *Conyza sumatrensis*, *Digitaria insularis* (Capim-amargoso), *Eleusine indica* (Capim-pé-de-galinha) e *Lolium multiflorum* (Azevém) (LANDGRAF, 2020).

Um estudo realizado em 2010 por Nicolai *et al.*, monitorou as infestações de populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suspeitas de resistência ao glifosato. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com sementes coletadas de sete populações de capim-amargoso, e realizado gráficos com curva-

resposta para a avaliação. Cada população recebeu uma dose do herbicida, as doses foram em gramas de equivalente ácido por hectare: 0, 540, 1080, 1620, 2160, 4320 e 5760, aplicadas no estágio de 3 a 4 perfilhos. Foi concluído a existência de populações com biótipos resistentes ao glifosato, com diferentes níveis de resistência.

Figura 9: Curva de dose das populações de capim-amargoso





Fonte: Nicolai *et al.* (2010).

Foi observado que nas populações 1, 2, 4 e 6 o controle com as doses normalmente recomendadas foi eficaz para o capim-amargoso, que variaram de 540 a 1440 g e.a./ha. Nas populações 3 e 5 houve comportamento distinto, sendo controladas apenas com doses de 4320 a 5760 gramas de equivalente ácido por hectare. Com isso, percebe-se a presença de biótipos resistentes ao glifosato, uma vez que a dose recomendada não obteve sucesso (NICOLAI *et al.*, 2010).

A população 7, foi alocada em regiões sem a utilização de glifosato, sendo considerada a população suscetível padrão, sendo utilizada para comparação entre as diferentes populações (NICOLAI *et al.*, 2010).

É importante a adoção de estratégias que minimizem o aumento da resistência, a principal delas é a rotação de produtos na lavoura. A diversificação de produtos, com grupos de diferentes mecanismos de ação é importante para que não ocorra pressão de seleção, além disso, adotar a rotação de culturas é uma estratégia também (LANDGRAF, 2020).

### 3.2 SOJA ROUNDUP READY

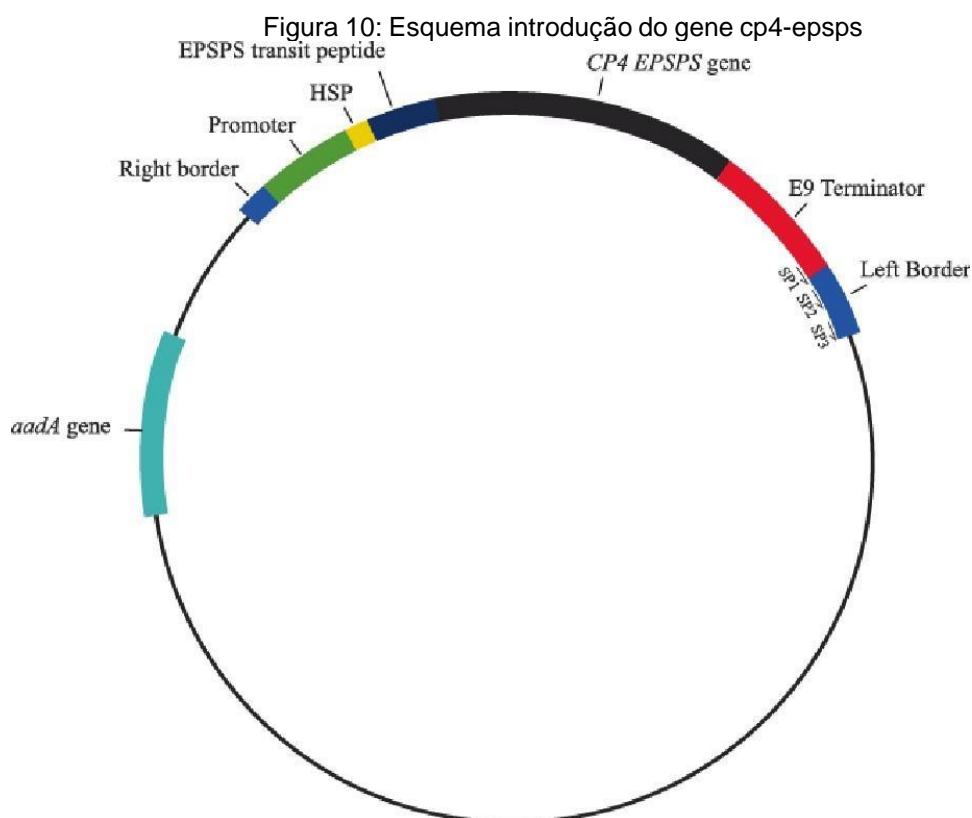
No Brasil cerca de 96% das lavouras de soja são com variedades transgênicas, destas, a maior parte é resistente à herbicidas. A tecnologia Roundup Ready (RR) é a principal e mais adotada, responsável por conferir resistência ao Glifosato, herbicida de amplo espectro e altamente utilizado nas lavouras para o controle de plantas invasoras (GIRALDELI, 2018).



Comercialmente as cultivares de soja RR estão disponíveis desde 1996 no mercado dos Estados Unidos, patenteada pela empresa Monsanto, foi a primeira soja transgênica com o intuito de ser tolerante ao herbicida glifosato (SOUZA, 2017).

A soja transgênica, no Brasil, foi difundida em 1996 com os produtores do Rio Grande do Sul, que devido a fazer fronteira com os produtores da Argentina, observavam que o uso da tecnologia garantia maior produtividade e facilidade de controle de plantas indesejadas. Inicialmente, a soja RR chegou em terras brasileiras de maneira ilegal, por meio de contrabando da Argentina. Em 1998 a CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança) aprovou a tecnologia. Porém, somente a partir de 2003 que o plantio em áreas comerciais passou a ser permitido oficialmente no Brasil, a partir do momento em que o MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) sancionou lei que estabelecia normas de plantio e comercialização da soja RR (LIMA *et al.*, 2018).

As cultivares com essa tecnologia passam por processo de modificação genética com a inserção de características em seu genoma. No caso da soja RR, o gene que confere a tolerância ao herbicida glifosato é o cp4-epsps. Este, foi isolado de uma bactéria denominada *Agrobacterium spp.* e introduzido nas plantas de soja (GIRALDELI, 2018).



Fonte: Davis (2007).

Em um trabalho realizado em 2015 com a cultivar de soja BRS Valiosa RR, foi avaliada possíveis alterações nos atributos produtivos e na qualidade fisiológica das sementes submetidas a diferentes doses e época de aplicação de glifosato. As doses utilizadas foram: testemunha (sem aplicação); 540+540+0; 1080+1080+0; 2160+0+0; 1080+0+0; 0+2160+0; 540+540+1080; 540+540+2160 g i.a/hectare. As aplicações ocorreram nos estádios V3/V4, quando a segunda folha trifoliolada estava completamente desenvolvida; em V8 quando a sétima estava desenvolvida e no início da maturação dos grãos, em R7 (LAZARINI *et al.*, 2015).

Tabela 2: Efeito do glifosato na qualidade fisiológica das sementes de soja (*Glycine max* (L.), cv. BRS Valiosa RR

Glifosato (g i.a/ha)	Peso seco (mg /plântula)	Condutivi dade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^*\text{g}$ )	Comprimento (cm)		
			Raiz primária	Hipocótilo	Total plântula
<b>Testemunha</b>	28,25	158,59	7,00 c	6,00	13,50 c
<b>540+540+0</b>	32,25	151,51	7,50 bc	6,25	13,75 bc
<b>1080+0+0</b>	30,00	155,26	8,75 abc	6,75	15,50 bc
<b>1080+1080+0</b>	33,75	146,53	8,75 abc	6,25	14,75 bc
<b>2160+0+0</b>	34,75	134,93	8,75 abc	6,25	15,75 abc
<b>0+1080+0</b>	24,25	140,38	9,00 abc	6,25	15,50 bc
<b>0+2160+0</b>	30,25	117,78	11,25 a	7,00	18,25 a
<b>540+540+1080</b>	26,25	122,78	10,25 ab	5,75	16,25 ab
<b>540+540+2160</b>	20,50	149,20	8,50 bc	6,00	14,25 bc

Fonte: Adaptado de Lazarini *et al.* (2015).

Como conclusão do experimento, viu-se que diferentes doses de glifosato em diferentes épocas de aplicação não interferiram nos atributos produtivos e na qualidade fisiológica das sementes de soja da cultivar BRS Valiosa RR, ressaltando que a tecnologia é importante auxiliando na maior facilidade para o controle de plantas daninhas, não havendo dano à cultura de interesse (LAZARINI *et al.*, 2015).

A tecnologia RR possibilita maior facilidade no controle de plantas invasoras, devido a possibilidade de aplicação do glifosato na cultura, sem fortes danos. Em alguns casos nota-se amarelecimento das folhas de cultivares RR, em resposta à aplicação de glifosato. Esse fenômeno é chamado de “Yellow Flashing”, que se trata da resposta de cultivares de soja RR à toxicidade ao AMPA (ácido aminometilfosfônica), substância formada a partir da degradação da molécula de glifosato que é capaz de reduzir conteúdo de clorofila nas folhas, explicação do amarelecimento da planta. Contudo esse sintoma é reversível, o AMPA posteriormente é metabolizado pela planta e a concentração nas folhas é reduzido (MACHADO, 2020).

Figura 11: Sintoma de Yellow Flashing



Fonte: Hansel & Oliveira (2016).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa maneira, é evidente que com a evolução das tecnologias utilizadas em campo, em especial na cultura da soja, contribuíram com a facilidade na condução da lavoura, no controle de plantas indesejadas e maior produtividade. Ao passo que a soja se trata de um dos principais produtos comercializados no setor agrônômico as tecnologias foram importantes no avanço do comércio da cultura.

No presente trabalho foram abordadas as tecnologias Liberty Link (LL) e Roundup Ready (RR), ambas com transformações genéticas que conferem determinada resistência a herbicidas altamente usados nas lavouras, glufosinato de amônio e glifosato, respectivamente.

A tecnologia LL foi lançada em 2016 pela Bayer, estando disponível para as culturas de soja e algodão. Cultivares de soja com essa tecnologia tem a resistência conferida ao ingrediente ativo glufosinato de amônio. Esta substância está associada ao processo de assimilação do nitrogênio, ocorre a inibição da enzima glutamina sintase (GS), com isso haverá o acúmulo de amônia na célula, o que causará a intoxicação e posterior morte da planta (LOGUSCH *et al.*, 1991).

A tecnologia Roundup Ready, foi oficialmente permitida no Brasil em meados de 2003 e desde então é a principal utilizada nas lavouras. A soja RR possui tolerância ao glifosato, importante herbicida comercializado e eficaz no controle de invasoras. A partir da inserção do gene cp4-EPSPS, ocorre a inibição da enzima EPSPS, que conseqüentemente, não há a síntese dos aminoácidos triptofano, fenilalanina e tirosina. Com essa tecnologia o controle de plantas daninhas em lavouras de soja foi facilitado, devido a tolerância conferida a cultura, o uso do herbicida aumentou sem causar danos de produção à lavoura (VILAR, 2022).

Portanto, o avanço das tecnologias vinculadas à genética contribuiu também com o avanço da cultura da soja no Brasil, uma vez que com elas a produção é facilitada, ocorrendo maior produtividade. O uso do glifosato e glufosinato de amônio auxiliam no controle das principais daninhas que interferem a cultura, com plantas resistentes ao uso desses produtos à menor competição entre as plantas e melhor desenvolvimento da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MACHADO, B. de A. **Interação Manganês e Glifosato na soja**. 2020. Disponível em: [https://agroadvance.com.br/blog-interacao-manganes-glifosato/#O\\_que\\_causa\\_o\\_yellow\\_flashing](https://agroadvance.com.br/blog-interacao-manganes-glifosato/#O_que_causa_o_yellow_flashing). Acesso em: 03 nov. 2023.

CASTRO, D. O. **ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SOJA LIBERTYLINK® POR RELM/BLUP**. 2019. 62 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2019.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. **Glyphosate: a once-in-a-century herbicide**. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, v. 64, n. 4, p. 319–325, 2008.

GIRALDELI, A. L. **Soja RR: tire suas dúvidas e consiga melhores resultados**. 2018. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/soja-rr/>. Acesso em: 03 nov. 2023.

GIVAN, C.V. **Aminotransferases in higher plants**. In: MIFLIN, B. J. *The biochemistry of Plants: Amino Acids and Derivatives*. New York: Academic. p.329-357, 1980.

GONÇALVES. **EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DO GLUFOSINATO DE AMÔNIO (LIBERTY) APLICADO EM PÓS-EMERGÊNCIA VISANDO AO CONTROLE D *Commelina benghalensis*, *Amaranthus hybridus* e *Digitaria horizontalis* NA CULTURA DA SOJA LIBERTY LINK®**. 2014. 5 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

KRIEG, L.C. et al. **Growth, ammonia accumulation and glutamine synthetase activity in alfafa (*Medicago sativa* L.) shoots and cells treated with phosphinothricin**. *Plant Cell Reports*, v.9, n.2, p.80-83, 1990.

KUMADA, Y. et al. **Evolution of the glutamine synthetase gene, one of the oldest existing and functioning genes**. *PNAS*, v.90, n.7, p.3009- 3013, 1993.

LANDGRAF, L. **Mais uma planta daninha resiste ao glifosato no Brasil.** 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/50622096/mais-uma-planta-daninha-resiste-ao-glifosato-no-brasil#:~:text=resistentes%20ao%20herbicida-,Al%C3%A9m%20do%20leiteiro%2C%20h%C3%A1%20nove%20daninhas%20resistentes%20no%20Brasil%3A%20Amaranthus,Eleusine%20indica%20e%20Lolium%20multiflorum>. Acesso em: 03 nov. 2023.

LAZARINI, E. *et al.* **310Revista de Ciências Agrárias, 2016,39(2): 310-317Efeito da dose e da época de aplicação do glifosato na produção e na qualidade da soja RR.** 2015. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16385/13347>. Acesso em: 03 nov. 2023.

LEA, P.J. **The inhibition of ammonia assimilation: a mechanism of herbicide action.** In: BAKER, N.R.; PERCIVAL, M. P. (eds.). *Herbicides.* New York/Amsterdam: Elsevier. p.267-297, 1991.

LIMA D.; SILVA FILHO, P.M.; OLIVEIRA, A.B. **A inserção da soja Roundup Ready™ no registro nacional de cultivares.** In: VIII Congresso Brasileiro de Soja, Goiânia, GO, 2018.

LOGUSCH, E.W. *et al.* **Inhibition of plant glutamine synthetases by substituted phosphinothricins.** *Plant Physiology*, v.95, n.4, p.1057-1062, 1991.

MARCHI, G. *et al.* **Herbicidas: mecanismos de ação e uso.** 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/30295/1/doc-227.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2023.

MONQUERO, P. A.. **PLANTAS TRANSGÊNICAS RESISTENTES AOS HERBICIDAS:**

**SITUAÇÃO E PERSPECTIVAS.** 2005. 64 v. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, Campinas, 2005.

NICOLAI, M. et al. **MONITORAMENTO DE INFESTAÇÕES DE POPULAÇÕES DE CAPIM-AMARGOSO (*Digitaria insularis*) SUSPEITAS DE RESISTÊNCIA AO GLIFOSATO.** 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Christoffoleti/publication/266169607\\_MONITORAMENTO\\_DE\\_INFESTACOES\\_DE\\_POPULACOES\\_DE\\_CAPIM-AMARGOSO\\_Digitaria\\_insularis\\_SUSPEITAS\\_DE\\_RESISTENCIA\\_AO\\_GLIFOSATO/links/54bf7a130cf2acf661ce05bc/MONITORAMENTO-DE-INFESTACOES-DE-](https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Christoffoleti/publication/266169607_MONITORAMENTO_DE_INFESTACOES_DE_POPULACOES_DE_CAPIM-AMARGOSO_Digitaria_insularis_SUSPEITAS_DE_RESISTENCIA_AO_GLIFOSATO/links/54bf7a130cf2acf661ce05bc/MONITORAMENTO-DE-INFESTACOES-DE-POPULACOES-DE-CAPIM-AMARGOSO-Digitaria-insularis-SUSPEITAS-DE-RESISTENCIA-AO-GLIFOSATO.pdf)

**POPULACOES-DE-CAPIM-AMARGOSO-Digitaria-insularis-SUSPEITAS-DE-RESISTENCIA-AO-GLIFOSATO.pdf.** Acesso em: 03 nov. 2023

PIONEER, 2020. Tolerante ao Glifosato. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/biotecnologia/tolerante-ao-glifosato>. Acesso em 02 NOV. 2023.

RIBEIRO, M. L., et al. **Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação.** Química Nova [online]. 2002, v. 25, n. 4, pp. 589-593. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000400014>>. Epub 26 Ago 2002. ISSN 1678-7064. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000400014>. Acesso em: 03 nov. 2023.

SELLERS, B.A.; SMEDA, R.J.; LI, J. **Glutamine synthetase activity and ammonium accumulation in influenced by time of glufosinate application.** Pesticide Biochemistry and Physiology, v.78, v.3, p.9- 20, 2004.

SOUZA, L. S. **Alimentos transgênicos: o que os alunos do curso de nutrição de uma instituição de ensino superior do Rio de Janeiro sabem sobre este tema?** 2017. 44 f Trabalho de conclusão de curso (Graduação em nutrição). Centro Universitário – Laureate International Universities, Rio de Janeiro.

TASHIBANA, K. et al. **Inhibition of glutamine synthetase and quantitative changes of free acids in shoots of bialaphos treated Japanese barnyard millet.** Journal of Pest Science, v.11, n.3, p.27-31, 1986b.

UNNO, H. et al. **Atomic structure of plant glutamine synthetase.** The Journal of Biological Chemistry, v.281, n.1, p.29287- 29296, 2006.



VILAR, D. **Mecanismo de Ação: Inibidores da 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato**

**Sintase (EPSP's).** 2022. Disponível em:

<https://agronline.com.br/portal/artigo/mecanismo-de-acao-inibidores-da-5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato-sintase-epsps/>. Acesso em: 03 nov. 2023.