

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**  
**Departamento de Economia, Administração e Sociologia**

**Impactos econômicos do banimento do glifosato: um estudo de caso para a soja nos municípios de Rio Verde e Londrina**

Giulio Marco Restini Vecchi Marques

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica.

**Piracicaba**

**2020**



**Giulio Marco Restini Vecchi Marques**

**Impactos econômicos do banimento do glifosato: um estudo de caso para a  
soja nos municípios de Rio Verde e Londrina**

Orientador: **Prof. Dr. LUCILIO ROGÉRIO A ALVES**

Coorientador: **Prof. Dr. MAURO OSAKI**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como  
parte dos requisitos para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Agronômica.

**Piracicaba**

**2020**



## FICHA CATALOGRÁFICA

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

MARQUES, Giulio Marco Restini Vecchi

Impactos econômicos do banimento do glifosato: um estudo de caso para soja nos municípios de Rio Verde e Londrina

Piracicaba, 2020. 55 p.

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica.

Orientador: Prof. Dr. Lucilio Rogério Aparecido Alves

1. Glifosato. 2. Impactos econômicos 3. Herbicida. 4. Banimento. 5. Suspensão. 6. Alternativas.

Nome: Giulio Marco Restini Vecchi Marques

Título: Impactos econômicos do banimento do glifosato: um estudo de caso para a soja nos municípios de Rio Verde e Londrina

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

### **Banca Examinadora**

Orientador: Prof. Dr. Lucilio Rogério Aparecido Alves

Instituição: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo. Assinatura:\_\_\_\_\_

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura:\_\_\_\_\_

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura:\_\_\_\_\_

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura:\_\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico esse trabalho a minha família.*

## AGRADECIMENTOS

A minha família, em especial meus pais, Marco e Rosiléa, e as minhas irmãs, Giuliane e Gabrielle, que me apoiaram durante minha jornada na Gloriosa.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Mauro Osaki e Prof. Dr. Lucílio Rogério A. Alves, pelas orientações durante a condução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Rafael Pedroso, pelo apoio técnico na escolha das soluções alternativas ao glifosato, presentes neste trabalho.

A todos os moradores e ex-moradores da República Alambique.

Aos meus amigos do Grupo de Estudos em Cana-de-Açúcar (GECA), em especial ao meu grande amigo e Prof. Dr. Edgar Gomes Ferreira de Beauclair (*in memoriam*).

Ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), em especial a equipe de Custos Agrícola da qual fiz parte e que forneceu os dados para que esse trabalho fosse possível.

Ao *agribenchmak*, em especial ao Dr. Yelto Zimmer.

Ao Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (Pecege).

A todos os meus professores, pelos ensinamentos compartilhados durante minha trajetória acadêmica.

E por fim, a todos os meus amigos e colegas que me acompanharam nessa jornada, pelos momentos de superação, conquistas e histórias escritas.

## EPÍGRAFE

*“O solo é a Pátria, cultivá-lo é engrandecê-la!”*

Arthur Torres Filho

## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
LISTA DE TABELAS .....	12
1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS .....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
3.1 Tipos de controle de plantas daninhas.....	15
3.2 Sistemas de preparo de solo.....	16
3.3 Caracterização dos locais produtivos.....	18
3.3.1 Rio Verde - GO .....	20
3.3.2 Londrina - PR.....	21
3.4 O herbicida glifosato.....	21
3.5 Problemas com plantas daninhas resistentes .....	24
3.6 Impactos do banimento do glifosato ao redor do mundo.....	29
3.7 Herbicidas alternativos .....	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	43
7. REFERÊNCIAS.....	45

## RESUMO

Marques. G. V. **Impactos econômicos do banimento do glifosato: um estudo de caso para a soja nos municípios de Rio Verde e Londrina.** Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo; Piracicaba, 2020.

Com a população mundial em amplo crescimento, será necessário aumentar a produção de alimentos. No entanto, as áreas agricultáveis estão se reduzindo e o glifosato é um herbicida fundamental para o modo como fazemos agricultura nos dias de hoje e necessário para garantir o aumento na produção de alimentos. Frequentemente seu uso vem sendo colocado a prova por evidências limitadas de que ele causa câncer em seres humanos. Diversos estudos ao redor do mundo apontam significativos impactos econômicos e sociais se esse herbicida for proibido. Ainda não há, no Brasil, estudos que quantifiquem esses impactos econômicos nos custos de produção da soja para o produtor rural. Através de cenários, foram propostas 2 alternativas de tratamento químico para controle das plantas invasoras, se o glifosato for banido. O estudo mostrou que diferentes tratamentos químicos, em cenários distintos, podem aumentar o custo com controle de plantas daninhas em até 510%, o custo total de produção da soja pode variar positivamente em até 17% e a receita líquida total pode ser reduzida em até 352%.

**Palavras-chave:** glifosato, impactos econômicos, herbicida, banimento, alternativas.

## ABSTRACT

Marques. G. V. **Economic impacts of glyphosate ban: a case study for soybeans in the municipalities of Rio Verde and Londrina** [thesis]. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo; Piracicaba, 2020.

With the world population growing rapidly, it will be necessary to increase food production. However, agricultural areas are shrinking and glyphosate is an essential herbicide for the way we do agriculture today and necessary to ensure an increase in food production. Its use has often been put to the test by limited evidence that it causes cancer in humans. Several studies around the world point out significant economic and social impacts if this herbicide is prohibited. In Brazil, there are still no studies that quantify these economic impacts on soybean production costs for rural producers. Through scenarios, 2 alternatives of chemical treatment for weed control have been proposed if glyphosate is banned. The study showed that different chemical treatments, in different scenarios, can increase the cost of weed control by up to 510%, the total cost of soy production can vary positively by up to 17% and the total net revenue can be reduced by up to 352%.

**Key words:** glyphosate, economic impacts, herbicide, ban, alternatives.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribuição da produção de soja da safra 2017/18 pelo Brasil, em milhões de toneladas, com destaque para os estados de Goiás e Paraná. Fonte: Elaborado pelo autor com dados da Conab (2020).....	19
<b>Figura 2.</b> Valor Bruto da Produção de 2019 e 2020, a preços de maio de 2020. Fonte: Retirado de CNA (2020).....	19
<b>Figura 3.</b> Localização do município de Rio Verde dentro do estado de Goiás. ....	20
<b>Figura 4.</b> Localização do município de Londrina dentro do estado do Paraná. ....	21
<b>Figura 5.</b> Representação da seleção de um biótipo resistente em uma população de plantas susceptíveis. Fonte: Elaboração do autor.....	25
<b>Figura 6.</b> Classificação dos estados brasileiros quanto a severidade dos problemas causadas por plantas daninhas resistentes a herbicidas. Fonte: Fernando Vargas, retirado de Concenço e Grigolli (2015).....	25
<b>Figura 7.</b> Mapa das regiões infestadas com plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil. Fonte: Vargas et al., (2016).....	26
<b>Figura 8.</b> Evolução da seleção de plantas daninhas resistentes ao glifosato no mundo (1996-2019). Fonte: Retirado de Heap (2019). .....	27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Custo (R\$/ha) em lavouras de soja sem e com resistência (isolada e múltipla) de plantas daninhas a preços de julho/2017. Fonte: Adaptado de Adega et al., (2017) .....	28
<b>Tabela 2.</b> Produtos alternativos a substituição do glifosato, doses recomendadas do produto comercial e respectivos mecanismos de ação. ....	33
<b>Tabela 3.</b> Descrição dos tratamentos alternativos ao glifosato .....	33
<b>Tabela 4.</b> Classificação dos produtos comerciais quanto a sua classificação toxicológica e ambiental. Fonte: Agrofit (2020) .....	33
<b>Tabela 5.</b> Preços médios de cada produto durante o período de comercialização em cada praça no ano de 2017. Fonte: Cepea (2018).....	34
<b>Tabela 6.</b> Descrição da composição dos diferentes custos levantados nas propriedades. Fonte: Elaboração do autor. ....	35
<b>Tabela 7.</b> Receita bruta e custos de produção do milho 2 <sup>a</sup> safra convencional nos municípios de Rio Verde e Londrina na safra 2017/18. Fonte: Cepea (2018).....	36
<b>Tabela 8.</b> Custos de produção da soja na praça de Rio Verde/GO em R\$ ha <sup>-1</sup> .....	37
<b>Tabela 9.</b> Resultados econômicos sobre os diferentes custos na praça de Rio Verde/GO em R\$ ha <sup>-1</sup> .....	38
<b>Tabela 10.</b> Custos de produção da soja na praça de Londrina/PR em R\$ ha <sup>-1</sup> . ....	39
<b>Tabela 11.</b> Resultados econômicos sobre os diferentes custos na praça de Londrina/PR em R\$ ha <sup>-1</sup> .....	40
<b>Tabela 12.</b> Custos de produção e receitas do sistema soja + milho 2 <sup>a</sup> no município de Rio Verde na safra 2017/18.....	41
<b>Tabela 13.</b> Custos de produção e receitas do sistema soja + milho 2 <sup>a</sup> safra no município de Londrina na safra 2017/18. ....	41

## 1. INTRODUÇÃO

A fim de suprir a crescente demanda de alimentos pela população mundial, criou-se uma pressão no setor produtivo global de alimentos. Duas formas de suprir essa demanda seria aumentar a área produtiva ou aumentar a produção por área, ou seja, a produtividade (EDGERTON, 2009). A primeira alternativa se mostrou inviável ao longo dos anos, uma vez que, devido a crescente pressão pela conservação e preservação ambiental, a área de fronteiras agrícolas a ser explorada tornou-se cada vez menor. Nesse sentido, a segunda alternativa tem se destacado como fundamental para solucionar o problema da produção de alimentos no mundo.

Idealmente, o aumento da produtividade será alcançado por meio de práticas de produção sustentáveis, mas intensivas, que permitem aumentos dramáticos na produção de alimentos, protegendo os ecossistemas aquáticos e terrestres (TILMAN et al., 2002). Neste contexto, com o intuito de aumentar a produção por área, os defensivos agrícolas apresentam-se como artigos de necessidade primária. Plantas daninhas, assim como insetos-praga e doenças de planta, são fontes de estresse biótico nos cultivos, reduzindo a produtividade, aumentando os custos de produção e, consequentemente, representam um risco a renda dos agricultores. Para a cultura da soja, o prejuízo causado pela interferência das plantas daninhas pode variar entre 32% a 46% na produtividade dos grãos, a depender do sistema de semeadura (NEPOMUCENO et al., 2007).

Em meados dos anos 40, poucos eram os herbicidas desenvolvidos para o controle de plantas daninhas, tornando simples a escolha entre eles: se usava 2,4-D para controle de dicotiledôneas, vulgarmente chamadas de folhas largas, ou herbicida não seletivo, a base de arsenato de chumbo ou sais. Na década de 1970, com o advento de novos herbicidas, o uso foi impulsionado e atualmente a lista desses produtos no mercado é muito grande (LEIN et al., 2004). Muito se deve a estes compostos por terem atividade biológica fundamental para produção de alimentos, principalmente em larga escala (STEPHENSON et al., 2006).

No entanto, o emprego desenfreado de alguns defensivos agrícolas foi mais rápido do que a capacidade de entendimento de seus efeitos ambientais, sociais e econômicos em longo prazo. Para Christoffoleti (s.a.), quando se trata de plantas daninhas, tem-se adotado soluções singulares para o problema; ou seja, o controle dessas plantas tem sido com muita frequência conduzido para o uso de herbicidas.

O uso exacerbado deste composto ao longo de anos nas lavouras resultou em seleção e perpetuação de plantas daninhas resistentes. Não somente, há muitas especulações sobre os danos causados ao homem e ao meio ambiente, como por exemplo, o desenvolvimento de câncer, que movimentou somente nos Estados Unidos cerca de 11 mil ações contra a Monsanto, desenvolvedora da molécula, e sua proprietária, a alemã Bayer (BBC, 2019). Em 2015, a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) da Organização Mundial da Saúde (OMS), reclassificou o glifosato como ‘provavelmente carcinogênico’ do Grupo A2, quando existem evidências suficientes de que o agente causa câncer em animais e evidências limitadas ou insuficientes de que ele causa câncer em humanos. De lá pra cá, diversos órgãos internacionais como a *European Food Safety Authority* (EFSA, 2015), a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2015), a *Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues* (JMPR, 2016) e a *The Health Canada Pest Management Regulatory Agency* (PRMA, 2017) reavaliaram o herbicida e o classificaram como “improvável de ser cancerígeno para humanos”. O que se pode concluir é que ainda há controvérsias sobre os efeitos reais do glifosato no meio ambiente e para humanos (MESNAGE et al., 2015; CUHRA; BØHN; CUHRA, 2016; VANDENBERG et al., 2017; RICHMOND, 2018).

Com isso, a pressão sobre os órgãos responsáveis pela sua liberação no Brasil (Anvisa, Ibama e Mapa) aumentou, o que levou a suspensão do uso da molécula em agosto de 2018 para que a reavaliação toxicológica pudesse ser refeita. Entretanto, a liminar que suspendia o seu uso foi revogada em setembro do mesmo ano, tornando seu uso permitido e sem restrições.

Dado o problema, tem-se buscado alternativas para solucionar a independência de uma única molécula, bem como soluções para o controle de indivíduos resistentes e para as questões toxicológicas. O banimento do glifosato, além de representar um aumento no custo de produção por hectare, poderia gerar um prejuízo de R\$ 25 bilhões na balança comercial brasileira (CANAL RURAL, 2019). Porém, sabe-se que as novas moléculas que chegam ao mercado e com a patente ainda em vigor, têm preços mais elevados, e ainda não se sabe o impacto nos custos de produção para as soluções ao banimento do glifosato.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivos principais identificar possíveis alternativas no manejo de plantas daninhas no sistema de produção de soja, que não utilizem o herbicida glifosato, e quantificar os impactos nos custos de produção a nível de fazenda, causados por uma eventual política pública de banimento da molécula. Será usado como base, duas importantes regiões produtoras de soja no Brasil, Londrina, no estado do Paraná e Rio Verde, no estado de Goiás.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 *Tipos de controle de plantas daninhas*

O controle de plantas daninhas, assim como o controle de qualquer praga que compita por recursos ou cause danos as culturas, traz retornos de produção significativos, como mencionado anteriormente. De um modo geral, o controle dessas plantas resulta basicamente em maior *output* (produtividade), menos custos de produção e contribui para gestão de risco.

Os métodos de controle de plantas daninhas são divididos em 4 grupos, são eles: controle preventivo, cultural, físico/mecânico e controle químico. O controle preventivo, preconiza a não introdução de propágulos, oriundo de outros locais, na área produtiva ou impede a reprodução destes principalmente em áreas não infestadas. O controle cultural consiste no uso de condições ambientais e/ou de manejo, a fim de promover o crescimento da cultura para que esta tenha vantagem competitiva sobre as plantas voluntárias. O controle físico/mecânico consiste no uso de equipamentos que eliminem essas plantas, e para Fleck (1992), os principais mecanismos responsáveis por esse método de controle são; enterro, corte, dessecação, exaustão e supressão. E por último, o controle químico, principal método de controle e a forma mais eficiente de controlar as plantas daninhas.

Dentre as vantagens do uso desses produtos em pré ou pós-emergência, podem ser destacadas a eficiência, a praticidade, a rapidez na operação, o afastamento da competição desde a implantação da lavoura, a possibilidade do controle em épocas chuvosas, quando o controle mecânico é impraticável, a ausência de danificação da estrutura radicular das plantas, a desnecessidade de revolvimento

do solo e o controle das daninhas na linha da cultura, se seletivo. Entre as desvantagens estão o custo elevado de alguns produtos, a exigência de equipamentos adequados, a possibilidade de ser tóxico ao homem e ao meio ambiente e a possibilidade de deixar resíduos nos alimentos quando aplicados acima das quantidades indicadas e sem respeitar o período de carência.

Em 1947, o método mais utilizado para controle de plantas daninhas, nos EUA, era o mecânico, representando cerca de 70% da energia mobilizada para controlar essas plantas. Já em 1975, o controle por meio de químicos que antes era de 0% saltou para 55% com o advento e evolução dos herbicidas, chegando a 75% da energia mobilizada para controle destas pragas em 1990 (ALDER et al., 1976). Desde então, a ciência das plantas daninhas tem sido, por concepção, uma ciência pragmática que sempre teve como princípio básico o controle por meio de químicos.

### **3.2 *Sistemas de preparo de solo***

O preparo do solo é realizado para proporcionar as melhores condições para a germinação da semente e condução da cultura. Além disso, ele também contribui para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Entenderemos o preparo do solo como as operações mecânicas realizadas diretamente nele, como aração, escarificação, gradagem etc., e não operações de calagem, adubação, sistematização da área etc. Nesta sessão, serão abordados os principais tipos de preparo de solo, bem como suas vantagens e desvantagens, são eles o preparo convencional (PC), o cultivo mínimo (CM) e o plantio direto (PD).

O sistema de preparo convencional é constituído, geralmente, de uma aração e duas ou mais gradagens, com os resíduos culturais sendo incorporados ao solo. Esse tipo de preparo foi trazido pelos europeus e umas das funções era revolver o solo para aquecê-lo, o que não é necessário no Brasil, visto que o inverno não é rigoroso. Dessa forma, o principal motivo para realização do preparo convencional é a eliminação de plantas daninhas. As desvantagens desse sistema é que a intensa mobilização destrói a estrutura do solo, diminui o teor de matéria orgânica (M.O.) devido a sua oxidação, aumenta o consumo de combustíveis fósseis e a erosão, uma vez que no início do ciclo da cultura o solo encontra-se descoberto.

Fernandes, Silveria e Rinaldi (2008) mostraram que, para a cultura do milho, o preparo mínimo consome em média 20% a menos de energia por hectare

quando comparado ao preparo convencional. Na mesma comparação, o plantio direto consome quase 50% menos energia. O Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE, 2009) na Espanha aponta que, para o trigo, o consumo de energia do PC é 25% superior quando comparado ao PD e cerca de 12% comparado ao CM. Esses dados são ainda mais expressivos quando os autores comparam o preparo de solo para cultivo de cevada. O PC consome 59% mais energia que o PD e cerca de 20% mais que o CM.

No sistema de cultivo mínimo, como o próprio nome sugere, ocorre somente uma operação com o mínimo de revolvimento possível. Neste sistema, é imprescindível a presença de resíduos culturais sob o solo, a fim de minimizar os problemas de erosão. Ele é pouco realizado para o cultivo de soja e os produtores somente o fazem quando é necessário romper camadas compactadas ou controlar plantas daninhas.

O sistema de plantio direto é um método conservacionista de solo que teve grande desenvolvimento no Brasil a partir da década de 1990. São premissas desse sistema o não revolvimento do solo, manter sempre cobertura vegetal (morta ou viva) e realizar rotação de culturas. O controle de plantas daninhas nesse caso é feito através de herbicidas, para que não haja necessidade de revolver o solo e comprometer seus benefícios, que são diversos. Dentre as principais vantagens do sistema de plantio direto, podemos citar a diminuição do processo erosivo, redução da evaporação da água do solo e consequentemente maior disponibilidade de hídrica para os cultivos, economia de mão-obra e combustível, menor amplitude térmica do solo, maior teor de M.O., maior atividade macro e microbiológica, redução na liberação dos gases de efeito estufa (HOBBS, 2007; HOBBS; SAYRE; GUPTA, 2008; BROOKES; BARFOOT, 2009).

No entanto, o bom desempenho de alguns sistemas de conservação de solo está relacionado a uma alta dependência do glifosato e de outros herbicidas químicos para o controle de plantas daninhas, o que implica em um maior risco de resistência a herbicidas e outros problemas de controle, que serão melhor abordados na sessão 3.5 (GILLER et al., 2009). O plantio de soja é inviável sem o uso deste herbicida e a agricultura brasileira retrocederia com seu banimento (GLOBO RURAL, 2018).

Para que os benefícios do PD sejam maximizados, é fundamental a utilização de culturas resistentes a herbicidas. Nos Estados Unidos e na Argentina,

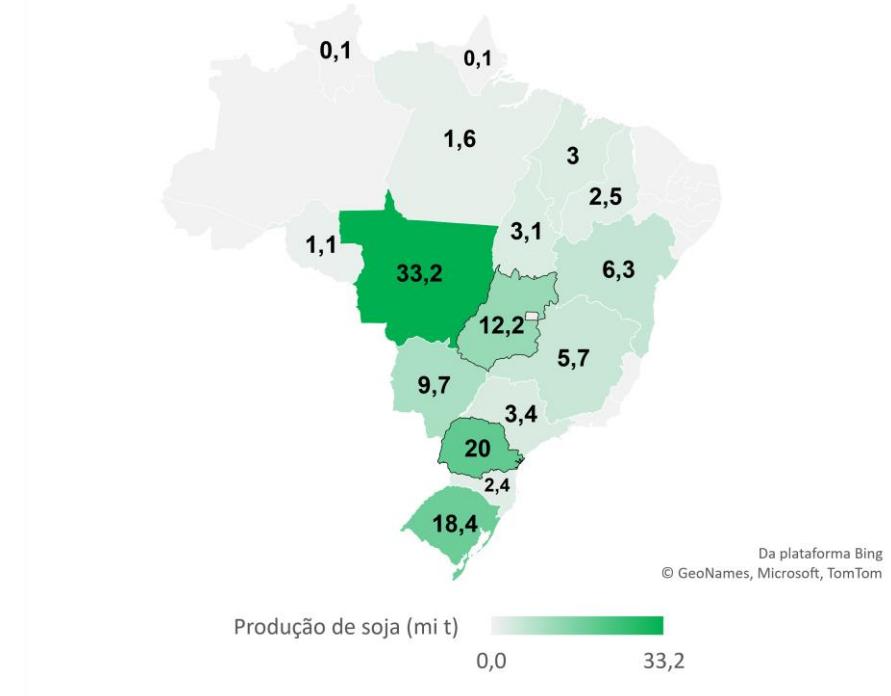
por exemplo, a introdução de cultivares resistentes ao glifosato permitiu que os agricultores alterassem rapidamente o seu sistema de cultivo, passando do preparo convencional para o plantio direto (DUKE; POWLES, 2008). A mesma tendência foi observada na União Europeia, onde a mudança para um sistema de conservação foi associada a um aumento do uso e da dependência do glifosato (REBOUD et al., 2017).

Gardner, Nehring e Nelson (2009) encontraram uma economia significativa de mão de obra quando são adotadas cultivares de soja resistentes ao glifosato. Embora o estudo tenha sido realizado para o sistema de cultivo convencional, os autores apontam uma redução de mão-de-obra em 14,5%, o que explica a rápida adoção da soja resistente ao glifosato, mesmo com uma evidência limitada de uma vantagem de lucro.

Em resumo, nos sistemas conservacionistas de solo, o manejo de plantas daninhas é uma questão fundamental, porque a combinação de medidas necessárias para evitar o uso de herbicidas químicos aumenta a complexidade do controle, o que pode dificultar a adoção pelos agricultores. Portanto, é crucial avaliar se os incentivos aos benefícios permanecem em um cenário de proibição do glifosato.

### **3.3 Caracterização dos locais produtivos**

O Brasil, junto com Estados Unidos, é o maior produtor mundial de soja. O valor gerado pelo agronegócio representa cerca de 21% do PIB total brasileiro (CNA, 2020). Na safra 2017/18, foram produzidas cerca de 123 milhões de toneladas de soja em uma área de aproximadamente 35 milhões de ha (CONAB, 2020). As regiões que mais se destacam na produção da oleaginosa no Brasil são o Centro-Oeste e o Sul, com destaque para os estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás, que lideram, nesta ordem, a produção nacional de soja (Figura 1). Segundo a CNA (2020), a soja lidera o ranking de Valor Bruto da Produção (VBP) em 2020, movimentando até o mês de maio o equivalente a R\$ 175 bilhões, sendo R\$ 20 bilhões a mais se comparado ao mesmo período do ano anterior (Figura 2).



**Figura 1.** Distribuição da produção de soja da safra 2017/18 pelo Brasil, em milhões de toneladas, com destaque para os estados de Goiás e Paraná. Fonte: Elaborado pelo autor com dados da Conab (2020).



**Figura 2.** Valor Bruto da Produção de 2019 e 2020, a preços de maio de 2020. Fonte: Retirado de CNA (2020).

Na sessão anterior, foram descritos em detalhes os sistemas de produção e suas características. Segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação (FEBRAPDP, 2020), quase 33 milhões de ha estavam sob o sistema de plantio direto na safra 17/18, ou seja, mais de 90% da produção nacional de soja estava sob um

sistema de conservação. Como esses números são expressivos, pode-se assumir para as próximas sessões e análises que ambos os municípios adotados para realização deste estudo têm o plantio direto como a base da agricultura para produção de soja.

### **3.3.1 Rio Verde - GO**

O município de Rio Verde fica localizado a sudoeste do estado de Goiás, a 230 km da capital, Goiânia (Figura 3).



**Figura 3.** Localização do município de Rio Verde dentro do estado de Goiás.

No ano de 2017, o PIB do município foi de R\$ 9,5 bilhões (IBGE, 2020a), sendo o 4º maior do estado e tendo o agronegócio como um dos pilares principais da economia local. Embora o setor agropecuário não tenha apresentado o maior percentual do valor adicionado bruto de 2017, cerca de 14% segundo a mesma fonte, a economia gira em torno da agroindústria, empregando milhares de pessoas. A cidade é a principal exportadora e a maior produtora de grãos do estado goiano (RIO VERDE, 2020).

No estado de Goiás, foram semeados cerca 3.386 mil ha com soja na safra 2017/18 e colhidos aproximadamente 12 milhões de toneladas da oleaginosa (CONAB, 2020). Só no município de Rio Verde, foram plantados 325 mil ha e colhidos 1.170 mil toneladas, o que representa cerca de 10% da área semeada e da produção do estado (IBGE, 2020b).

### 3.3.2 *Londrina - PR*

O município de Londrina fica localizado ao norte do estado do Paraná, a 380 km da capital Curitiba (Figura 4).



**Figura 4.** Localização do município de Londrina dentro do estado do Paraná.

No último censo realizado pelo IBGE, Londrina ocupou em 2017 o 3º lugar no ranking dos maiores PIBs paranaenses, produzindo equivalente a R\$ 19,2 bilhões. A agropecuária representa cerca de 1,5% do valor adicionado bruto do município (IBGE, 2020a).

O estado do Paraná plantou, na safra 2017/18, cerca de 5.464 mil ha com soja e colheu cerca de 20 milhões de toneladas, sendo o 2º maior produtor da oleaginosa no Brasil (CONAB, 2020). Já no município de Londrina, foram semeados aproximadamente 51 mil ha de soja e colhidos 158 mil toneladas do grão (IBGE, 2020b). Diferentemente do estado de Goiás, no Paraná, a produção é pulverizada em um número maior de municípios, sendo Londrina responsável por apenas 0,7% da produção estadual de soja.

### 3.4 *O herbicida glifosato*

O glifosato (N-(fosfonometil) glicina), é o principal herbicida usado no mundo (WOODBURN, 2000; DUKE; POWLES, 2008; STEINMANN; DICKEDUISBERG; THEUVSEN, 2012; BENBROOK, 2016; DUKE, 2018) e foi descoberto na década de 70 pelo químico John E. Franz, da Monsanto, e registrado

pela mesma empresa com o nome comercial Roundup® em 1974 (DUKE; POWLES, 2008). Mais tarde, com o desenvolvimento da tecnologia Roundup Ready (RR), que confere resistência às culturas contra o glifosato, ampliou-se as possibilidades de aplicação do herbicida e aumentou seu uso em 15 vezes em meados da década de 90, sendo os EUA, Argentina e Brasil os maiores usuários de glifosato e sementes resistentes ao herbicida (BENBROOK, 2016). A molécula teve sua patente extinta no ano 2000 e atualmente (novembro/2020) constam 108 registros no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de produtos que possuem o glifosato em sua composição.

O glifosato é um herbicida sistêmico pós-emergente, ou seja, é aplicado sobre as plantas já emergidas. Após entrar em contato com a superfície das folhas, é absorvido e translocado pelo caule, folhas e raízes (ARREGUI et al., 2004). Sua eficiência no controle das plantas daninhas depende de alguns fatores como: espécie, idade das plantas, condições ambientais, concentração do ingrediente ativo, dose do produto, surfactante utilizado e o método de aplicação (YAMADA; CASTRO, 2007).

O glifosato mata as plantas pela inibição da enzima da via do chiquimato 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), uma enzima encontrada apenas em plantas e alguns microrganismos (DILL et al., 2010). Quando a EPSPS é bloqueada, a via metabólica é interrompida pelo acúmulo de substrato (chiquimato-3-fosfato) que a enzima não foi capaz de metabolizar, provocando uma desregulação que leva a morte da planta pela redução na síntese de proteínas, interrupção do crescimento e lise celular (ARREGUI et al., 2004). Pelo fato de mamíferos, aves, peixes, répteis e insetos não possuírem em seu metabolismo a via do chiquimato, assume-se que este herbicida não representa riscos a esses organismos (GIESY; DOBSON; SOLOMON, 2000).

Quando comparado com outros herbicidas, o glifosato tem um tempo de meia-vida relativamente curto no solo e na água, de aproximadamente 30 dias em solos temperados. Isso ocorre principalmente pela ação microbiana, que após a degradação, acaba gerando o ácido fosfônico, ligeiramente mais persistente no solo do que o próprio glifosato. Algumas características importantes da dinâmica do glifosato nos solos são que ele é inativo biologicamente por se ligar fortemente aos solos e não se bioacumula nos microrganismos, grande parte por sua alta solubilidade em água. (DUKE, 2020).

Frequentemente, a literatura publicada sobre os riscos ecológicos, toxicológicos e ambientais dos sistemas geneticamente modificados (GM) é contraditória. O impacto das safras GM e glifosato em microrganismos do solo são descritos negativamente em Tesfamariam et al., (2009) e favoravelmente em muitas outras, como Haney et al., (2000), Powell e Swanton (2008), Hart et al., (2009), Kremer e Means (2009), Powell et al., (2009).

Alguns dos estudos de toxicidade são falhos, pois os estudos não diferenciam entre os efeitos dos ingredientes da formulação e do glifosato sozinho (RELYEA; JONES, 2009). Existem diferentes formulações de glifosato que combinam o ingrediente ativo com os chamados produtos inertes, que tem a função de diluir e facilitar a sua dispersão ou penetração nas plantas alvo. As formulações comerciais mais comuns contêm sal de isopropilamina (IPA), surfactantes como amina de sebo polietoxilada (POEA) e água ( $H_2O$ ) (GIESY; DOBSON; SOLOMON, 2000; SAUNDERS; PEZESHKI, 2015). A principal função do surfactante POEA é facilitar a entrada do ingrediente ativo no interior da planta (GUILHERME et al., 2010; MESNAGE et al., 2015) e foi relatado que ele é relativamente mais tóxico em comparação com os adjuvantes presentes em outras formulações (MESNAGE; BERNAY; SÉRALINI, 2013; KWIATKOWSKA; NOWACKA-KRUKOWSKA; BUKOWSKA, 2014; MESNAGE et al., 2015; CARPENTER; MONKS; NELSON, 2016; VAN BRUGGEN et al., 2018) além de ser responsável pelos impactos adversos estabelecidos à saúde humana e ecológica (MEFTAUL et al., 2020).

Uma revisão feita por Richmond (2018) entre vários estudos do impacto do glifosato em diferentes animais (minhoca, insetos, artrópodes, espécies marinhas e anfíbios), conclui que há muito contraste entre os cientistas sobre os efeitos do glifosato nesses animais e que os estudos que apresentam resultados satisfatórios foram realizados com doses de glifosato improváveis de serem encontradas na natureza. Já Williams et al., (2000) assume que não foram observados efeitos adversos em ratos, camundongos ou cães após a administração de doses extremamente altas por diversas semanas e que não há dúvida de que a toxicidade aguda do glifosato sozinho para mamíferos é muito baixa. Meftaul et al., (2020) afirma que o glifosato pode ser amplamente utilizado na agricultura moderna.

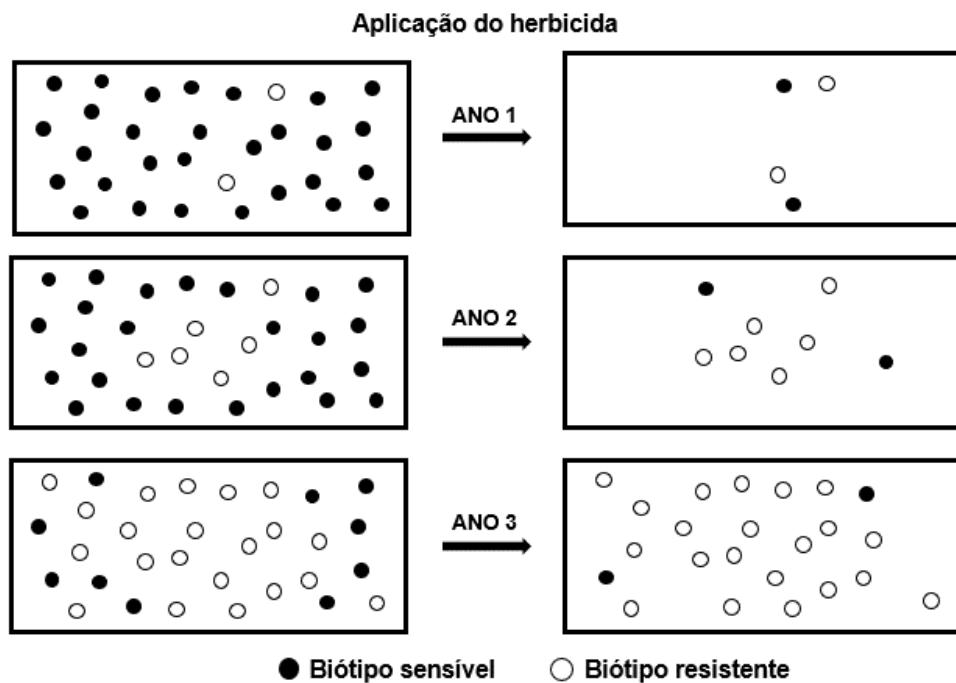
A principal preocupação com o glifosato são seus efeitos sobre os trabalhadores que o aplicam, e não necessariamente a quem consome os produtos tratados com glifosato. O herbicida só é aplicado diretamente sobre as culturas que

possuem resistência a ele, como por exemplo o algodão, a soja e o milho. É importante ressaltar que essas culturas, quase que na sua totalidade, não são diretamente consumidas pelo homem, e ainda passam pelo processo de industrialização. Por ser um herbicida, sua única função é controlar as plantas daninhas até que se crie um microclima desfavorável para essas espécies e não haja mais necessidade do uso do produto. Logo, a um grande tempo que separa a última aplicação do produto e a colheita, para a soja esse período é de no mínimo 70 dias se considerarmos uma soja de ciclo precoce (90 dias). Esse intervalo de segurança que existe entre a data de aplicação e a data em que o produto pode ser consumido é chamado de período de carência que para a soja é de 45 dias, segundo a Anvisa.

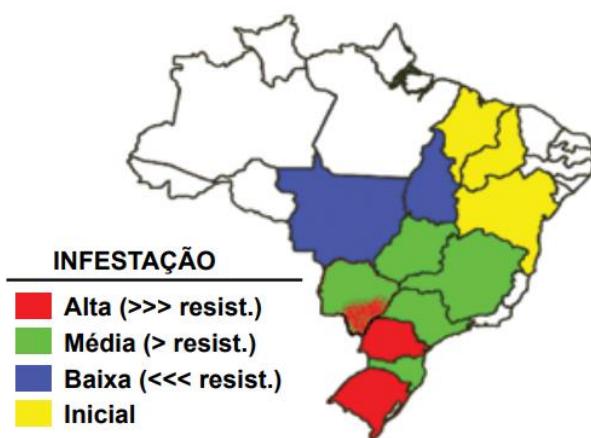
### **3.5    *Problemas com plantas daninhas resistentes***

Como será visto na sessão 3.7, algumas alternativas propostas ao banimento do glifosato tentam contornar o problema de resistência das plantas daninhas. Uma planta é considerada suscetível a um herbicida quando seu crescimento e desenvolvimento cessam pela ação do produto. Já a resistência é a capacidade de uma planta sobreviver, após o tratamento com um herbicida, que em condições normais, controla as demais plantas (VARGAS; ROMAN, 2006).

Porém, a proporção de indivíduos resistentes no meio é menor do que a de indivíduos susceptíveis, pois em condições de seleção natural, biótipos com maior adaptação ecológica apresentam, em média, maior produção que biótipos menos adaptados (SAARI; COTTERMAN; THILL, 1994). Em razão do número limitado de mecanismos de ação dos herbicidas e aplicações sequenciais dos mesmos princípios ativos, as plantas daninhas resistentes acabam sendo selecionadas (Figura 5) e passam a assumir grande importância ecológica e econômica (Figura 6).



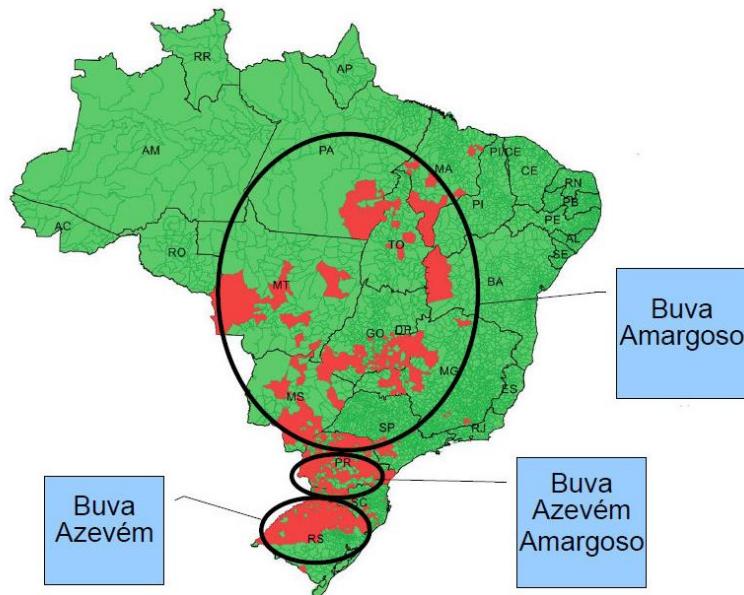
**Figura 5.** Representação da seleção de um biótipo resistente em uma população de plantas susceptíveis. Fonte: Elaboração do autor.



**Figura 6.** Classificação dos estados brasileiros quanto a severidade dos problemas causadas por plantas daninhas resistentes a herbicidas. Fonte: Fernando Vargas, retirado de Concenço e Grigolli (2015).

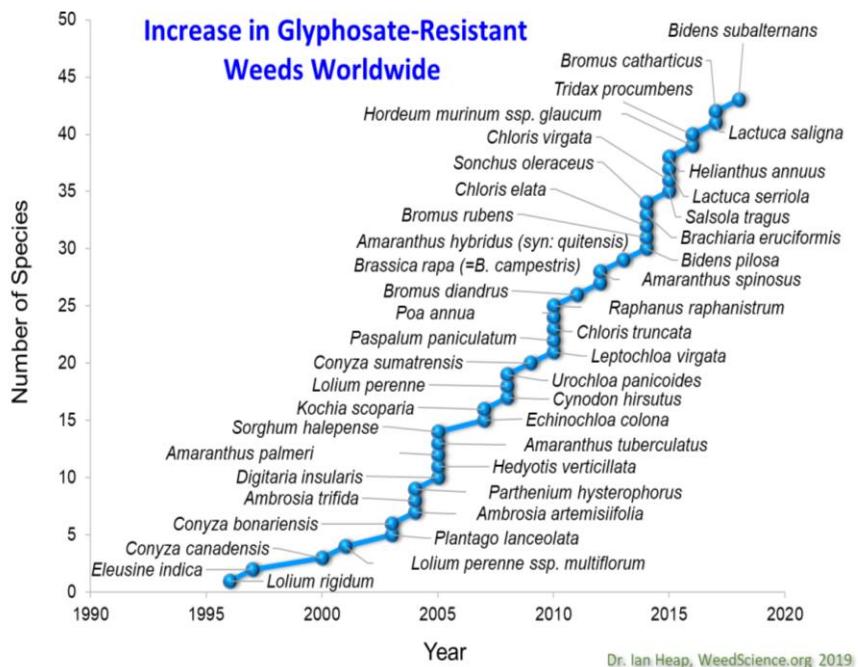
No Brasil, os primeiros relatos de resistência ocorreram em 1993 (AGOSTINETTO; VARGAS, 2014) e de lá pra cá já foram catalogados 28 espécies, resistentes a 8 mecanismos de ação (HEAP, 2019). Segundo o mesmo autor, existem 9 casos de resistência de daninhas ao glifosato em lavouras de soja no Brasil, alguns deles de resistência isolada (quando há resistência de apenas um mecanismo de ação) e outros de resistência cruzada ou múltipla (quando há resistência a mais de

um mecanismo de ação). A área infestada com plantas daninhas resistentes no Brasil é estimada em 20 milhões de hectares (Figura 7) (VARGAS et al., 2016).



**Figura 7.** Mapa das regiões infestadas com plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil. Fonte: Vargas et al., (2016).

Conforme observado por uma série de pesquisadores (CERDEIRA et al., 2011; MORTENSEN et al., 2012; BENBROOK, 2016; DUKE, 2018; HEAP; DUKE, 2018), o uso exacerbado e irracional de glifosato levou a seleção de plantas alvo resistentes. Heap (2019) detalha a evolução de 43 espécies de plantas daninhas resistentes ao glifosato (Figura 8) em 30 países e esse número cresce a cada ano.



**Figura 8.** Evolução da seleção de plantas daninhas resistentes ao glifosato no mundo (1996-2019).  
Fonte: Retirado de Heap (2019).

É importante reconhecer que a seleção de plantas resistentes ao glifosato não ocorre simplesmente pelo fato do uso da tecnologia RR, mas sim por um efeito indireto do manejo dessas lavouras de soja resistentes ao glifosato, que é diferente de outras culturas geneticamente modificadas, como a tecnologia Bt, por exemplo. Especificamente, o traço que confere resistência ao glifosato nas lavouras não confere, por si só, qualquer pressão de seleção na comunidade de plantas daninhas. A pressão de seleção é imposta pelo herbicida e é um fator apenas quando o produtor toma a decisão de manejo sobre como e quando aplicar o herbicida. No caso da tecnologia Bt (resistente a algumas lagartas), o gene que confere essas características exerce seleção no complexo de insetos continuamente (OWEN et al., 2011). Para prevenir a evolução de plantas daninhas resistentes, é necessário um manejo de resistência eficaz, que combine preparo adequado do solo, rotação de culturas e restrição à aplicação de herbicidas (GIVENS et al., 2009; HARKER et al., 2012).

A maioria dos herbicidas utilizados em culturas resistentes tendem a ser menos tóxicos e persistentes do que os herbicidas que eles substituem, enquanto que essas culturas resistentes podem complementar o uso de sistemas de plantio direto, que como já visto na sessão 3.2, reduz a erosão dos solos e as emissões de

combustíveis fósseis. Assim, os benefícios de culturas resistentes a herbicidas são múltiplos e difíceis de se quantificar (FRISVOLD; HURLEY; MITCHELL, 2009).

Adegas et al. (2017) propôs alguns cenários práticos que ocorrem no Sul e no Cerrado brasileiro para poder estimar qual seria o incremento no custo por hectare para controlar as plantas-alvo resistentes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Custo (R\$/ha) em lavouras de soja sem e com resistência (isolada e múltipla) de plantas daninhas a preços de julho/2017. Fonte: Adaptado de Adegas et al., (2017)

Cenário de Resistência	Controle	Custo médio (R\$/ha)	Aumento no custo com controle
Ausência	glifosato	R\$ 120	R\$ 0
Azevém	(graminicida + glifosato)	R\$ 177	R\$ 57
Buva	não especificado	R\$ 170	R\$ 50
Capim-amargoso	(graminicida + paraquate ou glufosinato de amônio)	R\$ 318	R\$ 198
Azevém + buva	(2,4-D + paraquate) <sup>1</sup> e (flumioxazin + trifluralina) <sup>2</sup>	R\$ 197	R\$ 77
Buva + capim amargoso	não especificado	R\$ 386	R\$ 266

<sup>1</sup>aplicação antes do plantio da soja; <sup>2</sup>aplicação pós plantio da soja

Pode-se observar que a resistência de plantas daninhas em uma lavoura de soja pode gerar um incremento no custo com controle de até 222%. Nota-se também que um dos ingredientes ativos propostos para controle é o paraquate, contudo, essa molécula foi banida no Brasil e a partir da safra 2020/21 não poderá mais ser utilizada. Se o glifosato for restrito ou proibido, a perda de princípios ativos adicionais, como diquate ou 2,4-D, poderá ocorrer em breve. Portanto, os planos de contingência não devem se concentrar apenas em um cenário de agricultura sem glifosato, mas abordar de forma mais ampla a agricultura com disponibilidade restrita de herbicidas.

Além do incremento nos custos, pode-se citar a dificuldade de manjar essas pragas na lavoura, onerando o produtor rural. Se essas pragas não forem bem controladas, pode haver diminuição da produção devido ao aumento da competição por recursos, agravando ainda mais as perdas do agricultor. Outro problema é que as plantas daninhas, se não forem controladas, podem servir de hospedeiras para insetos-praga e doenças de plantas, ocasionando em mais perdas se essas acometerem a soja. Também pode-se citar a perda do rendimento da máquina no processo de colheita, se no momento da operação ainda tiver plantas verdes na lavoura.

### **3.6 *Impactos do banimento do glifosato ao redor do mundo***

Antes de dar início a essa sessão, ressalta-se que os estudos já realizados pelo mundo foram feitos em países onde a discussão e a pressão por banimento da glifosato estão em ascensão ou já houve a sua proibição e os impactos só foram mensurados após as ações políticas, como no caso do Sri Lanka. Também é importante salientar que estudos realizados em diversos países buscaram compreender quais eram os impactos econômicos e ambientais locais, logo, os resultados estão atrelados ao tipo de agricultura realizada localmente, bem como o nível de dependência do glifosato (se ele é usado para dessecação em pré-plantio, na entrelinha com a cultura já estabelecida ou na dessecação para colheita), os tipos de relevo, entre outras características.

De acordo com Brookes, Taheripour e Tyner (2017), a restrição do uso do glifosato pode gerar uma perda global de US\$ 6,76 bilhões por ano, além de resultar em 12,4% de impacto ambiental negativo líquido, medido pelo fator de impacto ambiental. A proibição total da molécula faria com que a produção de soja caísse cerca de 1,6 bilhões de kg (1,9%) nos Estados Unidos, 0,2 bi de kg (5,6%) no Canadá e 10,5 bi de kg (17,1%) na América do Sul e estima-se que o bem-estar global poderá diminuir US\$ 7,4 milhões por ano. Além disso, mudanças no uso da terra são esperadas, sendo que provavelmente resultarão em 234 bilhões de kg adicionais de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Pardo e Martínez (2019) relatam os impactos do banimento do glifosato na Espanha focando em culturas herbáceas (cerais de inverno) e perenes (árvores frutíferas). Os autores fazem uma análise detalhada dos sistemas de produção dessas culturas bem como as soluções propostas ao não uso do glifosato, tanto químicas quanto mecânicas. Em uma avaliação geral, os autores concluem que para o sistema de produção de culturas herbáceas, dentre as três soluções propostas (2 tratamentos químicos e o convencional), a melhor alternativa, em termos econômicos, seria retornar ao plantio convencional, trazendo sérias ameaças aos sistemas de conservação, como plantio direto e o cultivo mínimo. Já para as culturas perenes, o mais indicado seria o tratamento químico com os herbicidas diflufenican, glufosinato e fluroxipir, e o cultivo mínimo.

Embora essas alternativas causem impactos significativos na economia da produção, os autores alertam para outros tipos de problemas. Os herbicidas que substituem o glifosato são menos eficientes e as vezes mais tóxicos, sendo necessária mais de uma aplicação para garantir o controle, o que acabaria agravando os impactos ambientais. Retornar para o plantio convencional, reduzindo as áreas sob sistema de conservação, levaria a um aumento da erosão solo e maior consumo de combustíveis fosseis. O revolvimento do solo no plantio convencional expõe a matéria orgânica do solo, fazendo com que ela oxide e libere o CO<sub>2</sub> que estava retido no solo para a atmosfera. Aspectos sociais também foram descritos, dentre eles, o fato de soluções alternativas mais complexas trazerem maior custo econômico ao produtor, além de levar um tempo para se adaptar.

Marambe e Herath (2020) relatam os impactos do banimento do glifosato no Sri Lanka. Os custos de produção do milho saltaram de US\$ 636 ha<sup>-1</sup> na safra 2013/14, quando glifosato estava prontamente disponível, para US\$ 883 ha<sup>-1</sup> na safra 2015/16, quando o herbicida já havia sido proibido. Um aumento de quase 39%. Além do incremento nos custos de produção, houve uma redução de 25% dos lucros, 89% dos pequenos produtores e 73% dos produtores de larga escala reduziram a sua área de cultivo de milho, devido à falta de soluções economicamente viáveis para o controle de plantas daninhas (ABEWICKRAMA et al., 2017). Segundo o mesmo autor, esse decréscimo das áreas semeadas reduziram a produção doméstica de milho, e Marambe e Herath (2020) apontam que a importação de milho aumentou 428% em 2017 quando comparada ao ano anterior.

Abeywickrama et al. (2017) também alerta que a proibição do glifosato desencadeou o uso de produtos mais tóxicos e passou a estimular o contrabando de glifosato. Além disso, os comerciantes desses pesticidas estão vendendo produto a base de glifosato adulterados aos produtores. Marambe e Herath (2020) também apontam os impactos para o cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) e para o setor de exportação de flores de corte.

No mesmo país, Malkanthi et al. (2019) descreve que a indisponibilidade de glifosato elevaria os custos para controle de plantas daninhas no cultivo de arroz. Com glifosato, a participação nos custos totais de produção era de 1,29%, sem o glifosato o gasto com herbicidas aumentou sua participação na composição dos custos para 4,58%. O estudo também apontou que 56% dos agricultores continuaram a utilizar o controle químico, mas esses herbicidas disponíveis são menos eficazes,

21% estavam usando capinadores para o controle nos arrozais e 19% utilizando soluções auto inovadoras, como arrasto de troncos de bananeira em todo o campo.

Outro levantamento foi feito para 7 países asiáticos (Austrália, China, Índia, Indonésia, Filipinas, Tailândia e Vietnã). Brookes (2019) aponta que o aumento no custo anual para controle das plantas infestantes em todos os sete países deverá ser de US\$ 22 ha<sup>-1</sup> a US\$ 30 ha<sup>-1</sup>. Esse acréscimo aplicado aos 63 milhões de hectares cultivados levaria ao aumento de US\$ 1,36 bilhão a US\$ 1,88 bilhão no custo direto para controle das plantas daninhas. A proibição do glifosato traria uma redução de 1% a 11% da quantidade de herbicida usado, uma vez que ele é o mais usado em quantidade no mundo. Embora haja essa redução, haveria um aumento no impacto ambiental de 0,4% a 11,6%, medido pelo indicador EIQ.

Mennan et al. (2020) avaliou os impactos da proibição do glifosato na produção de avelãs turcas. Os autores concluem que haveria uma redução na produção de avelãs em torno de 66 a 115 milhões de kg (12 a 21%), causando uma perda de até US\$ 420 milhões no valor das exportações desse produto. Também haveria um aumento de 14,22% nos custos de produção, além de uma redução de 12,6% na receita bruta e impacto no lucro líquido de -7,91%. Os aumentos nos custos ocorreriam principalmente pela adoção do controle mecânico, que é cerca de 80% mais elevado do que os métodos que utilizam glifosato. Essa solução alternativa demanda mais mão de obra, o que justifica seu custo mais elevado.

Böcker, Britz e Finger (2018) avaliam os efeitos no banimento do glifosato para produção de silagem de milho na Alemanha. Ajustes na intensidade do controle mecânico de plantas daninhas na pré-semeadura são a resposta ideal neste caso, causando reduções de cerca de 1% no rendimento da lavoura. Os autores apontam que os impactos econômicos variam entre € 1 a € 10 ha<sup>-1</sup>, principalmente pelo aumento no uso da mão de obra. A queda de rendimento da produção de milho poderia elevar os preços que o cereal é comercializado naquele país e seu modelo indicou uma redução no lucro e um aumento no consumo de energia dependendo do preço do grão e das expectativas de produção. Outro estudo feito no mesmo país por Kehlenbeck et al. (2016) aponta custos adicionais de até US\$ 111 ha<sup>-1</sup> e uma redução da margem líquida de até 17% para o trigo de inverno.

Collings (2017) criou cenários pós proibição do glifosato para agricultura do Reino Unido. O autor conclui que aração e o cultivo mecânico se tornarão mais comuns e o uso de herbicidas seletivos aumentará, mas essas alternativas não

evitarão perdas de rendimento. O estudo previu uma perda de US\$ 1.136 milhões ano<sup>1)</sup> para os agricultores do Reino Unido, equivalente a uma redução nos ganhos de 13,9%.

### **3.7    *Herbicidas alternativos***

Como visto na sessão 3.5, são inúmeros os problemas causados por plantas resistentes a herbicidas. A fim de maximizar os ganhos da produção, 2 tratamentos foram sugeridos por um especialista afim de contornar os problemas de resistência em lavouras de soja. Os tratamentos sugeridos não são necessariamente aqueles que conferem ao produtor o melhor retorno econômico, até porque há uma carência de estudos que comprovem a perda de rendimento das lavouras em um cenário de banimento do glifosato. É importante ressaltar que custos totais mais elevados não se traduzem necessariamente em um melhor tratamento das plantas infestantes e vice-versa (ZHENGFEI et al., 2005).

As plantas daninhas resistentes que mais preocupam os produtores de soja no Brasil são a buva (*Conyza spp.*), o capim amargoso (*Digitaria insularis*) e o azevém (*Lolium multiflorum*). Dessa forma, foram propostos o tratamento 1, focando em lavouras com maior população de buva resistente, e o tratamento 2, focando em lavouras com maior população de capim amargoso resistente, sendo que ambas possuem também herbicidas para controle de azevém.

Os ingredientes ativos, nome do produto comercial, dosagem utilizada e os mecanismos de ação podem ser encontrados na Tabela 2. Na Tabela 3, está descrito como cada tratamento foi composto e na Tabela 4 a classificação dos herbicidas quanto a sua periculosidade toxicológica e ambiental.

**Tabela 2.** Produtos alternativos a substituição do glifosato, doses recomendadas do produto comercial e respectivos mecanismos de ação.

Ingrediente ativo (i.a.)	Produto comercial	Dose máxima recomendada do produto comercial	Unid.	Mecanismo de ação*
cletodim	Viance	0,45	L/ha	ACCase
glufosinato de amônio	Finale	3	L/ha	GS
carfentrazona	Aurora	0,075	L/ha	PROTOX
flumioxazina	Sumyzin 500	120	g/ha	PROTOX
clorimuron etílico	Classic	80	g/ha	ALS
fluazifop-P-butílico	Fusilade 250 EW	1,0	L/ha	ACCase
2,4-D	DMA 806 BR	1,5	L/ha	Mimetizador auxina
(flumioxazina + imazetapir)	Zethamaxx	0,6	L/ha	PROTOX + ALS
fomesafen	Flex	1,0	L/ha	PROTOX
haloxifope-P-metílico	Verdict R	0,5	L/ha	ACCase

\* ACCase – inibidor da enzima acetil coenzima-A carboxilase; ALS - inibidor da enzima acetolactato sintase; GS – inibidor da glutamina sintetase; Mim. Auxina – mimetizador da auxina; PROTOX – inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase.

**Tabela 3.** Descrição dos tratamentos alternativos ao glifosato

Descrição	Tratamento 1 <i>Conyza spp.</i> resistente	Tratamento 2 <i>Digitaria insularis</i> resistente
dessecção, 20 dias antes do plantio	2,4-D + glufosinato	cletodim + glufosinato
dessecção, no dia do plantio	glufosinato + (flumioxazina+imazetapir)	carfentrazona + flumioxazina
1ª pós plantio	fomesafen + clorimuron	clorimuron etílico
2ª pós plantio	haloxifope-P-metílico	fluazifop-P-butílico

**Tabela 4.** Classificação dos produtos comerciais quanto a sua classificação toxicológica e ambiental.  
Fonte: Agrofit (2020)

Produto comercial	Classificação Toxicológica*	Classificação Ambiental**
Viance	Categoria 5	III
Finale	Categoria 4	III
Aurora	Categoria 5	II
Sumyzin 500	Categoria 5	III
Classic	Categoria 5	III
Fusilade 250 EW	Categoria 5	III
DMA 806 BR	Categoria 4	III
Zethamaxx	Categoria 5	III
Flex	Categoria 2	II
Verdict R	Categoria 5	III

\* Classificação toxicológica (categoria): 5 - improvável de causar dano agudo; 4 - pouco tóxico; 3 - moderadamente tóxico; 2 - altamente tóxico; 1 - estremamente tóxico

\*\* Classificação ambiental: I - altamente perigoso ao meio ambiente; II - muito perigoso ao meio ambiente; III - perigoso ao meio ambiente; IV - pouco perigoso ao meio ambiente

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Como visto anteriormente na sessão 3.1, as maneiras mais utilizadas para supressão das plantas daninhas são o controle químico e o controle mecânico. Com isso, será utilizada a mesma metodologia adotada por Pardo e Martínez (2019) para propor soluções ao banimento do herbicida, bem como seus impactos econômicos ao produtor de soja. O tratamento para controle de plantas daninhas utilizado pelos agricultores na safra 2017/18 de ambos os municípios foi substituído pelos tratamentos propostos pelo especialista, descritos na sessão 3.7. Para ambos os municípios, Rio Verde e Londrina, foram considerados os mesmos tratamentos para controle das plantas infestantes. Neste estudo foram alterados somente os custos para manejo de plantas daninhas, mantendo inclusive as tecnologias RR+Bt e RR.

Os valores dos produtos que irão substituir o manejo com glifosato foram cedidos pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) e os coeficientes técnicos dos produtos (doses utilizadas) serão os indicados na bula pelo fabricante. Para calcular a média do preço de cada produto, foi realizada uma média aritmética do valor de cada produto durante os meses em que houve comercialização. Ou seja, se a comercialização dos insumos para a safra ocorreu entre os meses de março e agosto, pegou-se o valor médio desses produtos em cada mês e calculouse, através de uma média aritmética, a valor de cada insumo durante o período total de comercialização. Os valores dos produtos utilizados no estudo estão descritos na Tabela 5.

**Tabela 5.** Preços médios de cada produto durante o período de comercialização em cada praça no ano de 2017. Fonte: Cepea (2018)

Herbicida	Ingrediente Ativo	Unidade	Londrina	Rio Verde
Viance	cletodim	Litro	R\$ 112,00	R\$ 110,00
Finale	amônio glufosinato	Litro	R\$ 58,50	R\$ 61,00
Aurora	carfentrazona	Litro	R\$ 360,00	R\$ 400,00
Sumyzin 500	flumioxazina	Quilo	R\$ 486,00	R\$ 527,00
Classic	clorimuron etílico	Quilo	R\$ 63,50	R\$ 63,70
Fusilade 250 EW	fluazifop-P-butílico	Litro	R\$ 65,00	R\$ 67,70
DMA 806 BR	2,4-D	Litro	R\$ 14,50	R\$ 14,00
Zethamaxx	(flumioxazina + imazetapir)	Litro	R\$ 140,00	R\$ 141,00
Flex	fomesafem	Litro	R\$ 122,00	R\$ 81,00
Verdict R	haloxifope-P-metílico	Litro	R\$ 87,60	R\$ 79,80

Os demais custos de produção foram obtidos pela metodologia de painel, do projeto Campo Futuro, realizado pelo Cepea em parceria com a Confederação Nacional de Agricultura e Pecuária (CNA). O painel é uma reunião feita entre técnicos, agrônomos, produtores rurais, especialistas do setor econômico e agrícola, que ocorre geralmente nos sindicatos rurais das cidades onde o custo está sendo levantado.

Nessas reuniões são discutidos todos os fatores que compõem os custos de produção de uma propriedade moda, bem como os coeficientes técnicos que foram adotados pelos produtores para o sistema produtivo na safra anterior. Ou seja, as principais doses e produtos utilizados na lavoura, mobilização de máquinas e implementos, mão de obra, fertilizantes utilizados, tratos culturais, inventário da propriedade, despesas administrativas, juros de financiamento, dentre outros, são levantadas nessas reuniões. Ao final do levantamento chega-se a 3 custos distintos: o custo operacional efetivo (COE), o custo operacional total (COT) e o custo total (CT). Os custos diferem entre si pois, além dos custos efetivos da safra (COE), o COT também considera o custo com depreciação e o CT considera além da depreciação, o custo de oportunidade do capital investido (Tabela 6). Os painéis foram realizados em Londrina e em Rio Verde nos dias 19/07/2018 e 25/07/2018 respectivamente. É importante ressaltar que são levantados sempre os custos da safra que se encerrou, e não da safra que está em andamento, logo os dados dos painéis de 2018 se referem a safra que se iniciou em 2017 e que foi colhida em 2018.

**Tabela 6.** Descrição da composição dos diferentes custos levantados nas propriedades. Fonte: Elaboração do autor.

Custo	Descrição
COE	Custo Efetivo (insumos, administração, maquinário, RH, juros etc.)
COT	COE + depreciação dos bens
CT	COT + custo de oportunidade do capital investido (com a terra)

É empírico pensar que uma alteração no manejo das plantas daninhas poderia alterar o rendimento da produção, mas como na maioria das vezes faltam estudos consistentes de campo (WOŹNIAK; KWIATKOWSKI, 2012) e ensaios onde essas soluções pudessem ser integradas e testadas sua eficácia (PARDO; MARTÍNEZ, 2019), será assumido o mesmo rendimento da lavoura ao observado nos levantamentos de custo *in locu*, embora Böcker, Britz e Finger (2018) sugeriram que a proibição do glifosato reduziria o rendimento da cultura em cerca de 0,5-1%. A produtividade no município de Rio Verde foi de 60 sacas de soja por hectare, para

ambas as tecnologias, e o produtor comercializou a oleaginosa por um preço médio de R\$ 64,60 /sc. Já em Londrina a produtividade foi de 140 sacas por alqueire, o que equivale a 57,85 sc ha<sup>-1</sup> e foi comercializada pelo preço médio de R\$ 67,90 /sc, também para ambas as tecnologias. Esses dados refletirão na receita bruta do produtor, que será discutido na sessão 5.

No mesmo painel foram levantados os custos de produção para o milho 2<sup>a</sup> safra OGM e convencional (livre de qualquer transgenia). Os custos do milho OGM são mais elevados que o do milho convencional, sendo que não há diferença na produtividade e os preços de comercialização do grão são iguais ou muito próximos, portanto, para esse estudo será considerado apenas os custos do milho convencional, afim de minimizar os impactos, para estimar os resultados econômicos do sistema soja + milho 2<sup>a</sup> safra. A produtividade do cereal na safra 2017/18 no município de Rio Verde foi de 85 sc ha<sup>-1</sup> e o preço médio de comercialização foi de R\$ 27,90 /sc. Na praça de Londrina a produtividade do milho foi de 70,25 sc ha<sup>-1</sup> e o preço médio de comercialização do grão foi de R\$ 27,60 /sc. Na sessão 5 será discutido o rendimento do sistema soja + milho 2<sup>a</sup> safra. Os custos do milho convencional e a receita bruta estão descritos na Tabela 7.

**Tabela 7.** Receita bruta e custos de produção do milho 2<sup>a</sup> safra convencional nos municípios de Rio Verde e Londrina na safra 2017/18. Fonte: Cepea (2018)

<b>Milho 2<sup>a</sup> safra Convencional</b>				
	<b>Rio Verde</b>		<b>Londrina</b>	
<b>Receita Bruta</b>	R\$	2.372	R\$	1.939
<b>COE<sup>1</sup></b>	R\$	2.297	R\$	1.645
<b>COT<sup>2</sup></b>	R\$	2.518	R\$	1.845
<b>CT<sup>3</sup></b>	R\$	2.983	R\$	2.443

<sup>1</sup> Custo Operacional Efetivo; <sup>2</sup> Custo Operacional Total; <sup>3</sup> Custo Total

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comparativo dos custos de produção e dos custos para controle de plantas daninhas, no município de Rio Verde, estão descritos na Tabela 8. Os custos de produção observados diferem-se entre as tecnologias RR e RR+Bt pois, na segunda os custos com inseticidas são inferiores. O que aumenta os custos entre as duas tecnologias é que a RR+Bt ainda está com a patente em vigor, o que eleva seu valor de comercialização.

**Tabela 8.** Custos de produção da soja na praça de Rio Verde/GO em R\$ ha<sup>-1</sup>.

Custos	Painel (a)	Rio Verde							
		Soja RR+Bt				Soja RR			
		T1 (b)	T2 (c)	Var (b/a)	Var (c/a)	Painel (d)	T1 (e)	T2 (f)	Var (e/d)
<b>Herbicidas</b>	R\$ 98	R\$ 598	R\$ 399	509,8%	306,7%	R\$ 98	R\$ 598	R\$ 399	509,8%
<b>Adjuvantes</b>	R\$ 15	R\$ 27	R\$ 29	73,8%	89,3%	R\$ 15	R\$ 27	R\$ 29	73,8%
<b>COE<sup>1</sup></b>	R\$ 2.607	R\$ 3.189	R\$ 2.965	22,3%	13,7%	R\$ 2.361	R\$ 2.943	R\$ 2.719	24,7%
<b>COT<sup>2</sup></b>	R\$ 2.882	R\$ 3.464	R\$ 3.240	20,2%	12,4%	R\$ 2.633	R\$ 3.215	R\$ 2.991	22,1%
<b>CT<sup>3</sup></b>	R\$ 3.710	R\$ 4.294	R\$ 4.069	15,7%	9,7%	R\$ 3.461	R\$ 4.044	R\$ 3.820	16,9%

<sup>1</sup> Custo Operacional Efetivo; <sup>2</sup> Custo Operacional Total; <sup>3</sup> Custo Total

Fonte: Dados da pesquisa

O custo para controle de plantas daninhas em Rio Verde na safra 17/18, onde o glifosato foi amplamente utilizado, foi de R\$ 98 ha<sup>-1</sup>. Com os tratamentos alternativos propostos esse custo saltou para R\$ 598 ha<sup>-1</sup> com tratamento 1 e R\$ 399 ha<sup>-1</sup> com o tratamento 2, um aumento percentual respectivo de cerca de 510% e 307% (Tabela 8). Também foram observados aumentos percentuais significativos com adjuvantes em ambos os tratamentos, pois os produtos alternativos necessitam do acréscimo desses adjuvantes as misturas, o que não se faz necessário quando usado glifosato. A mudança no controle de planta invasoras eleva a participação do grupo químico herbicida sobre o COE. A participação dos herbicidas utilizados sobre o COE observado no painel representou, na média, aproximadamente 4%, enquanto a participação do mesmo grupo químico passou para 19,5% para o cenário do tratamento 1 e 14% para o cenário do tratamento 2.

Os impactos nos custos de produção foram diferentes entre as tecnologias, devido a diferença nos custos com aquisição de semente, mencionado anteriormente. Ainda sim, na média, o Custo Operacional Efetivo (COE) aumentou 23,5% para o cenário do tratamento 1 e 14,4% para o tratamento 2. Já os custos que incluem a depreciação (COT), o aumento médio foi de 21,2% e 13% para os tratamentos 1 e 2, respectivamente. Quando consideramos o custo de oportunidade do capital investido (CT), com o custo da terra, esse aumento foi de 16,3% para o primeiro tratamento e 10% para o segundo. Na Tabela 9 tem-se a receita bruta (RB) e os resultados econômicos do sojicultor do sudoeste goiano na safra 2017/18. A RB obtida no painel foi de R\$ 3.876 ha<sup>-1</sup>.

A seleção de herbicidas utilizadas para substituir o glifosato proporcionou redução na competitividade do sojicultor do sudoeste de GO para os dois eventos tecnológicos e para os dois tipos de cenários de tratamentos. A receita operacional

líquida (ROL) da soja com evento tecnológico tolerante ao herbicida glifosato e resistente a lagarta passou de R\$ 1.269 ha<sup>-1</sup> para R\$ 687 ha<sup>-1</sup> no cenário do tratamento 1, uma queda de 45,9% em relação ao cenário original. Para o cenário de tratamento 2, a ROL ficou em R\$ 911 ha<sup>-1</sup>, queda de 28,2% face ao cenário inicial. Outro impacto é observado no lucro econômico, em que a receita líquida total positiva de R\$ 166 ha<sup>-1</sup> para prejuízo de R\$ 418 ha<sup>-1</sup> para o cenário de tratamento 1 e para perda de R\$ 193 ha<sup>-1</sup> para o cenário de tratamento 2, reduzindo 351,9% e 216,5% em relação ao valor original.

O resultado econômico para a soja tolerante ao herbicida glifosato também registrou diminuição. A ROL passou de R\$ 1.515 ha<sup>-1</sup> para R\$ 933 ha<sup>-1</sup> no cenário do tratamento 1 e R\$ 1.157 ha<sup>-1</sup>, uma queda de 38,4% e 23,6%, respectivamente, em relação ao cenário original. Quanto ao lucro econômico, ele passa de valor positivo de RLT de R\$ 415 ha<sup>-1</sup> para valor negativo de R\$ 168 ha<sup>-1</sup> no cenário de tratamento 1 e para R\$ 56 no cenário de tratamento 2. A redução do lucro econômico foi de 140,5% e 86,4% em relação ao resultado original.

Considerando todos os custos envolvidos para produção da soja (CT), o único cenário viável que traria retorno positivo ao produtor seria o de adotar o tratamento 2 e produzir a soja RR, em todos os outros cenários o produtor teria prejuízo na atividade. As receitas líquidas sobre todos os custos estão descritas na Tabela 9.

**Tabela 9.** Resultados econômicos sobre os diferentes custos na praça de Rio Verde/GO em R\$ ha<sup>-1</sup>.

Custos	Painel (a)	Rio Verde							
		Soja RR+Bt				Soja RR			
		T1 (b)	T2 (c)	Var (b/a)	Var (c/a)	Painel (d)	T1 (e)	T2 (f)	Var (e/d)
RB <sup>1</sup>	R\$ 3.876	R\$ 3.876	R\$ 3.876	0%	0%	R\$ 3.876	R\$ 3.876	R\$ 3.876	0%
ROL <sup>2</sup>	R\$ 1.269	R\$ 687	R\$ 911	-45,9%	-28,2%	R\$ 1.515	R\$ 933	R\$ 1.157	-38,4%
RL <sup>3</sup>	R\$ 994	R\$ 412	R\$ 636	-58,5%	-36,0%	R\$ 1.243	R\$ 661	R\$ 885	-46,8%
RLT <sup>4</sup>	R\$ 166	-R\$ 418	-R\$ 193	-351,9%	-216,5%	R\$ 415	-R\$ 168	R\$ 56	-140,5%

<sup>1</sup> Receita Bruta; <sup>2</sup>Receita Operacional Líquida; <sup>3</sup>Receita Líquida; <sup>4</sup>Receita Líquida Total

Fonte: Dados da pesquisa

Analizando agora a praça de Londrina, o custo para controle de plantas daninhas na safra 2017/18, no cenário de permissão do glifosato, foi de R\$ 182 ha<sup>-1</sup>. Para o tratamento 1, os custos com controle saltaram para R\$ 628 ha<sup>-1</sup>, um aumento de cerca de 245,5%. Para o tratamento 2 esse aumento foi menor, de 109,9%, passando para R\$ 381 ha<sup>-1</sup> (Tabela 10). Assim como em Rio Verde, os custos com

adjuvantes também variaram positivamente. A participação dos herbicidas no Custo Operacional Efetivo (COE) passou de 8,2% na média para 23% no cenário do tratamento 1 e 15,6% no cenário do tratamento 2, semelhantes aos valores observados na praça goiana.

Os herbicidas alternativos selecionados para substituir o glifosato elevaram os custos de produção de Londrina/PR. O COE aumentou, em média, 22,8% para o cenário do tratamento 1 e 10,3% para o cenário do tratamento 2. O Custo Operacional Total (COT) variou positivamente em 20,9% para o primeiro tratamento e 9,4% para o segundo. O custo total (CT) aumentou em média 14,3% e 6,4%, respectivamente, para os tratamentos 1 e 2.

**Tabela 10.** Custos de produção da soja na praça de Londrina/PR em R\$ ha<sup>-1</sup>.

Custos	Painel (a)	Londrina							
		Soja RR+Bt				Soja RR			
		T1 (b)	T2 (c)	Var (b/a)	Var (c/a)	Painel (d)	T1 (e)	T2 (f)	Var (e/d)
<b>Herbicidas</b>	R\$ 182	R\$ 628	R\$ 381	245,5%	109,9%	R\$ 182	R\$ 628	R\$ 381	245,5%
<b>Adjuvantes</b>	R\$ 16	R\$ 31	R\$ 24	87,0%	45,6%	R\$ 16	R\$ 31	R\$ 24	87,0%
<b>COE<sup>1</sup></b>	R\$ 2.327	R\$ 2.835	R\$ 2.556	21,8%	9,8%	R\$ 2.126	R\$ 2.633	R\$ 2.354	23,9%
<b>COT<sup>2</sup></b>	R\$ 2.528	R\$ 3.035	R\$ 2.756	20,1%	9,0%	R\$ 2.325	R\$ 2.832	R\$ 2.553	21,8%
<b>CT<sup>3</sup></b>	R\$ 3.678	R\$ 4.188	R\$ 3.907	13,9%	6,2%	R\$ 3.474	R\$ 3.984	R\$ 3.703	14,7%
									6,6%

<sup>1</sup> Custo Operacional Efetivo; <sup>2</sup> Custo Operacional Total; <sup>3</sup> Custo Total

Fonte: Dados da pesquisa

A Receita Bruta do sojicultor paranaense, na safra 2017/18, foi de R\$ 3.928 ha<sup>-1</sup>. Diferentemente do produtor de Rio Verde, onde só um cenário seria viável para obter lucro com a atividade, em Londrina há 2 cenários possíveis, ambos para o segundo tratamento. Se o agricultor optasse pelo evento tecnológico resistente a glifosato e a lagartas, seu lucro na atividade seria de apenas R\$ 21 ha<sup>-1</sup>, e se escolhesse pela soja apenas com a tecnologia RR seu lucro seria maior, de R\$ 225 ha<sup>-1</sup>. As receitas líquidas sobre os custos estão descritas na Tabela 11.

As receitas dos produtores na praça de Londrina sofreram impactos menores com as alternativas propostas quando comparado a praça goiana, mas ainda sim sofreram reduções significativas. A ROL da soja RR+Bt passou de R\$ 1.601 ha<sup>-1</sup> no cenário inicial para R\$ 1.094 ha<sup>-1</sup> no cenário 1 e R\$ 1.372 ha<sup>-1</sup> no cenário 2, quedas de 31,7% e 14,3%, respectivamente. A Receita Líquida Total (RLT) para esse evento tecnológico foi negativa para o tratamento 1 (R\$ 260 ha<sup>-1</sup>) e positiva para o tratamento 2, mas somente R\$ 21 ha<sup>-1</sup>.

A soja somente com evento tecnológico para resistência ao glifosato foi a que apresentou menores quedas. A ROL que inicialmente era R\$ 1.803 ha<sup>-1</sup> passou para R\$ 1.295 ha<sup>-1</sup> no primeiro tratamento (-28,1%) contra R\$ 1.574 ha<sup>-1</sup> no segundo (-12,7%). Quando consideramos os custos totais (CT), o resultado econômico inicial que era positivo em R\$ 455 ha<sup>-1</sup> passou a ficar negativo para o tratamento 1 (R\$ 56 ha<sup>-1</sup>), mas ainda se manteve positivo para o tratamento 2, com saldo de R\$ 225 ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 11.** Resultados econômicos sobre os diferentes custos na praça de Londrina/PR em R\$ ha<sup>-1</sup>.

Custos	Painel (a)	Londrina							
		Soja RR+Bt				Soja RR			
		T1 (b)	T2 (c)	Var (b/a)	Var (c/a)	Painel (d)	T1 (e)	T2 (f)	Var (e/d)
RB <sup>1</sup>	R\$ 3.928	R\$ 3.928	R\$ 3.928	0%	0%	R\$ 3.928	R\$ 3.928	R\$ 3.928	0%
ROL <sup>2</sup>	R\$ 1.601	R\$ 1.094	R\$ 1.372	-31,7%	-14,3%	R\$ 1.803	R\$ 1.295	R\$ 1.574	-28,1%
RL <sup>3</sup>	R\$ 1.400	R\$ 893	R\$ 1.172	-36,2%	-16,3%	R\$ 1.603	R\$ 1.096	R\$ 1.375	-31,6%
RLT <sup>4</sup>	R\$ 251	-R\$ 260	R\$ 21	-203,6%	-91,6%	R\$ 455	-R\$ 56	R\$ 225	-112,2%
									-50,5%

<sup>1</sup> Receita Bruta; <sup>2</sup>Receita Operacional Líquida; <sup>3</sup>Receita Líquida; <sup>4</sup>Receita Líquida Total

Fonte: Dados da pesquisa

Embora em ambas as cidades haja cenários onde o retorno sobre a atividade ainda é positivo, poderia haver uma substituição dos sojicultores para atividades mais rentáveis. É válido ressaltar que, diferentemente de outros países, onde é feito somente 1 safra por ano, no Brasil é possível a realização de até 3 safras por ano. O sistema de produção mais difundido é o da soja seguido do milho 2<sup>a</sup> safra, e com a proibição do glifosato a rentabilidade desse sistema poderia ser comprometida, visto que a molécula é utilizada em ambas as culturas.

Nas Tabelas 12 e 13 podem-se verificar o COE, COT e CT do sistema soja + milho 2<sup>a</sup> safra convencional, bem como suas respectivas rentabilidades para ambas as praças analisadas. Observa-se que a Receita Líquida Total (RLT) é negativa tanto nos custos levantados quanto nos cenários alternativos propostos, ou seja, quando o produtor rural, em ambos os municípios analisados, pratica a modalidade de cultivo da oleaginosa seguida do cereal, ele tem prejuízo na atividade. O Custo Total, como visto anteriormente, considera custos que não são diretamente descontados do caixa do produtor a cada safra, que são os custos com depreciação e o custo de oportunidade do capital investido. Por isso, mesmo a rentabilidade do sistema sendo negativa, o produtor consegue se manter na atividade por um período. Embora o produtor tenha lucro sobre o COE e COT, se ele continuar tendo rentabilidade negativa sobre o CT, esse modelo de sistema torna-se insustentável, a longo prazo, nos

parâmetros estabelecidos e em caso de banimento do glifosato esse problema se agravaría e o período que o produtor consegue se manter na atividade, mesmo com margens negativas, seria reduzido.

**Tabela 12.** Custos de produção e receitas do sistema soja + milho 2<sup>a</sup> no município de Rio Verde na safra 2017/18.

Item	Painel	Rio Verde					
		Soja RR+Bt		Soja RR		T1	T2
		T1	T2	Painel	T1		
COE	R\$ 4.904	R\$ 5.486	R\$ 5.262	R\$ 4.658	R\$ 5.240	R\$ 5.016	
COT	R\$ 5.400	R\$ 5.982	R\$ 5.758	R\$ 5.151	R\$ 5.733	R\$ 5.509	
CT	R\$ 6.693	R\$ 7.277	R\$ 7.052	R\$ 6.443	R\$ 7.027	R\$ 6.802	
<b>Receita Bruta</b>				R\$ 6.248			
<b>Receita Líquida Operacional</b>	R\$ 1.343	R\$ 761	R\$ 985	R\$ 1.590	R\$ 1.008	R\$ 1.232	
<b>Receita Líquida</b>	R\$ 847	R\$ 265	R\$ 489	R\$ 1.096	R\$ 514	R\$ 738	
<b>Receita Líquida Total</b>	-R\$ 445	-R\$ 1.029	-R\$ 804	-R\$ 196	-R\$ 780	-R\$ 555	

**Tabela 13.** Custos de produção e receitas do sistema soja + milho 2<sup>a</sup> safra no município de Londrina na safra 2017/18.

Item	Painel	Londrina					
		Soja RR+Bt		Soja RR		T1	T2
		T1	T2	Painel	T1		
COE	R\$ 3.972	R\$ 4.479	R\$ 4.201	R\$ 3.770	R\$ 4.278	R\$ 3.999	
COT	R\$ 4.373	R\$ 4.880	R\$ 4.601	R\$ 4.170	R\$ 4.677	R\$ 4.398	
CT	R\$ 6.121	R\$ 6.631	R\$ 6.350	R\$ 5.917	R\$ 6.427	R\$ 6.146	
<b>Receita Bruta</b>				R\$ 5.867			
<b>Receita Líquida Operacional</b>	R\$ 1.895	R\$ 1.388	R\$ 1.666	R\$ 2.097	R\$ 1.589	R\$ 1.868	
<b>Receita Líquida</b>	R\$ 1.494	R\$ 987	R\$ 1.266	R\$ 1.697	R\$ 1.190	R\$ 1.469	
<b>Receita Líquida Total</b>	-R\$ 254	-R\$ 764	-R\$ 483	-R\$ 50	-R\$ 560	-R\$ 279	

Seria plausível o questionamento de substituir a soja RR por uma convencional, uma vez que não teria mais justificativa de utilizar essa tecnologia. No presente trabalho não foi realizada essa troca, pois o preço das sementes de soja RR, normalmente, é mais baixo ou igual ao preço sementes convencionais de soja, muito devido a limitação de se utilizar o glifosato nesses campos. Logo, se além da substituição do controle químico, ainda tivesse realizado a alteração das sementes de soja RR pelas convencionais, os custos totais de produção se elevariam ainda mais do que aqueles observados. Além disso, a redução nos custos com mão de obra observados por Gardner, Nehring e Nelson (2009) quando adotadas tecnologias transgênicas seria, provavelmente, igualada a zero.

Também podemos ressaltar que, mesmo que o glifosato não possa ser aplicado diretamente sobre as plantas de soja convencional, em campos de produção de semente, ele pode e é aplicado antes da semeadura para dessecação da lavoura. Esse uso do glifosato na pré-semeadura reduz os custos para controle das plantas daninhas. No caso da sua proibição, os custos de produção de sementes de soja também se elevariam e esse aumento seria possivelmente repassado aos compradores, o que encareceria os custos de aquisição da semente e atenuaria os impactos econômicos.

Muitos *players* internacionais pagam a mais pela soja convencional do que as transgênicas, logo a receita bruta do produtor rural aumentaria se ele adotasse essa tecnologia. O que deveria ser analisado é se o valor do prêmio é suficiente para o produtor manter a margem de lucro obtida através da comercialização da soja transgênica, se esse prêmio é constante ao longo das safras e se o maior volume de soja convencional no mercado não pressionaria os preços do prêmio. Em um cenário de banimento do glifosato esses fatores também seriam importantes de se analisarem, mas esse não é o objetivo do presente trabalho.

Outro ponto importante é que, se nenhuma das alternativas químicas forem adotadas, outra solução seria o retorno do preparo de solo (escarificação, subsolagem, gradagem, aração etc.). Como visto anteriormente, o plantio direto é algo muito benéfico para os solos e a proibição do glifosato poderá colocar em xeque este sistema de cultivo. O retorno do preparo de solo convencional poderia aumentar a erosão, diminuir o teor de M.O., aumentar a emissão de gases de efeito estufa e degradar a estrutura dos solos. A quantificação dos fatores de um possível retorno do preparo convencional é limitada, uma vez que esse sistema foi deixado de lado a muito tempo pelos sojicultores brasileiros. Logo, a análise dos impactos econômicos de uma retomada desse sistema de cultivo seria ainda mais limitada do que os impactos causados apenas pela substituição do manejo químico realizado nos dias de hoje.

A produção de alimentos é uma atividade econômica muito dinâmica e resiliente. O impedimento de um ou mais defensivos agrícolas, ou até mesmo de algum processo dentro do sistema produtivo, resultaria em alterações nos custos produtivos e abriria caminho para outras soluções surgirem e se desenvolverem. Nesse estudo, consideramos no cenário de *Conyza spp.* resistente, a aplicação de fomesafem como uma alternativa de pós-emergência na produção da soja, o que tornaria o plantio do milho 2ª safra inviável logo após a colheita da oleaginosa. Nesse

cenário, seria necessário um tempo superior a 50 dias entre a colheita da soja e o plantio do milho.

Outra limitação desse estudo é ele que analisa os impactos sob a ótica econômica, considerando que todos os outros fatores permaneceriam iguais, inclusive a produtividade. Se mudarmos o manejo das culturas, além do impacto econômico, teríamos o impacto sobre a flora herbal ao longo dos anos e sobre a estrutura do solo. Daninhas que são bem controladas com a utilização do glifosato podem oferecer dificuldades em serem suprimidas com a seu banimento. A longo prazo, a presença dessas daninhas na lavoura pode diminuir o rendimento das safras e consequentemente reduziria o ainda mais as margens que já estão pressionadas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se o glifosato for proibido em todos as etapas do processo produtivo, devido a preocupações ambientais e/ou sobre o agente aplicador, as alternativas dependerão de métodos físicos e mecânicos, bem como o uso de herbicidas alternativos. Ao banir o herbicida é necessário que haja um período para eliminação dos estoques e para dar aos profissionais e cientistas tempo para procurar alternativas econômicas e eficazes. É evidente que a proibição trará impactos na produção de soja e até nas demais culturas que utilizam o glifosato como uma das medidas para o controle de plantas daninhas. O que o setor público deve atentar-se é para não reduzir a competitividade do sojicultor por meio de leis embasadas em estudos com conclusões questionáveis e em algumas vezes até por pressão de grupos ideológicos.

Muitas pessoas, que se opõem ou apoiam diferentes pontos de vista sobre os agrotóxicos, sabem pouco sobre o assunto ou estão obtendo informações da mídia não científica. Esse problema é exacerbado pelo fato de que a linguagem científica é frequentemente tortuosa e difícil de entender. A informação científica muitas vezes não está acessível ao público ou é difícil de se encontrar, e o público nem sempre tem a capacidade de filtrar as fontes de informação. Exageros, mal-entendidos e decisões equivocadas são comuns nas mídias sociais. Houve uma sensação geral de que é necessário transmitir a importância dos herbicidas na agricultura e educar a sociedade sobre os riscos e benefícios dos herbicidas. Também é fundamental educar os usuários de herbicidas sobre a segurança pessoal, pública e ambiental relacionada ao uso desses produtos.

Também se faz necessário ensaios de campo que testem os efeitos dessas alternativas sobre o rendimento das safras. E por fim, estudos dos possíveis impactos de produtos fitossanitários no meio ambiente e na saúde humana e animal são importantes, mas as consequências econômicas e ecológicas da limitação do uso de glifosato em um país não devem ser negligenciadas.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABEWICKRAMA, L. et al. **Impacts of Banning Glyphosate on Agriculture Sector in Sri Lanka; A Field Evaluation Impacts of Banning Glyphosate on Agriculture Sector in Sri Lanka: A field evaluation.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://croplifesrilanka.com/wp-content/uploads/2019/03/Economic-Impact-of-Banning-Glyphosate-on-Sri-Lankan-Agriculture-11th-March-2018-1.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2020.
- ADEGAS, F. S. et al. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil Introdução.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162704/1/CT132-OL.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2020.
- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil.** 2<sup>a</sup> ed. Pelotas: Editora UFPel, 2014. p. 9–32.
- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários.** Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>.
- ALDER ET AL. Evolução dos métodos de controle de plantas daninhas nos Estados Unidos da América do Norte, comparando o tipo de energia empregada no controle de plantas daninhas de 1920 a 1990. In: FILHO, R. V. (Ed.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas.** 2017. ed. [s.l.: s.n.]p. 59.
- ARREGUI, M. C. et al. Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate-resistant soybean. **Pest Management Science**, v. 60, n. 2, p. 163–166, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ps.775>>. Acesso em: 9 nov. 2020.
- BBC. **Glifosato: decisão da justiça americana associa agrotóxico liberado no Brasil a câncer,** 20 mar. 2019. . Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-47636506>>. Acesso em: 7 nov. 2020.
- BENBROOK, C. M. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. **Environmental Sciences Europe**, v. 28, n. 1, p. 1–15, dez. 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1186/s12302-016-0070-0>>. Acesso em: 7 nov. 2020.
- BÖCKER, T.; BRITZ, W.; FINGER, R. Modelling the Effects of a Glyphosate Ban on

Weed Management in Silage Maize Production. **Ecological Economics**, v. 145, p. 182–193, mar. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800917301994>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

BROOKES, G. Glyphosate Use in Asia and Implications of Possible Restrictions on its Use. **AgBioForum**, p. 1–26, 2019. Disponível em: <<https://www.agbioforum.org/v22n1/v22n1-brookes.htm#:~:text=This%20study%20examined%20the%20farm,adoption%20of%20GM%20HT%20crops>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

BROOKES, G.; TAHERIPOUR, F.; TYNER, W. E. The contribution of glyphosate to agriculture and potential impact of restrictions on use at the global level. **GM Crops & Food**, v. 8, n. 4, p. 216–228, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/21645698.2017.1390637>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

BROOKES, P.; BARFOOT, G. Global Impact of Biotech Crops: Income and Production Effects 1996-2007. **AgBioForum**, v. 12, n. 2, p. 184–208, 2009. Disponível em: <<https://www.agbioforum.org/v12n2/v12n2a04-brookes.htm>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

CANAL RURAL. **Glifosato - suspensão do uso pode gerar um prejuízo de R\$ 25 bilhões**. Disponível em: <[https://www.canalrural.com.br/noticias/glifosato-suspensao-do-uso-pode-gerar-um-prejuizo-de-r-25-bilhoes](https://www.canalrural.com.br/noticias/glifosato-suspensao-do-uso-pode-gerar-um-prejuizo-de-r-25-bilhoes/)>. Acesso em: 7 nov. 2020.

CARPENTER, J. K.; MONKS, J. M.; NELSON, N. The effect of two glyphosate formulations on a small, diurnal lizard (*Oligosoma polychroma*). **Ecotoxicology**, v. 25, n. 3, p. 548–554, 1 abr. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/S10646-016-1613-2>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Paineis 2018**, 2018. Acesso restrito.

CERDEIRA, A. L. et al. Agricultural Impacts of Glyphosate-Resistant Soybean Cultivation in South America. **J. Agric. Food Chem**, v. 59, p. 5799–5807, 2011.

CHRISTOFFOLETI, P. J. **Reflexão sobre o histórico da evolução da ciência das plantas daninhas**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4182069/mod\\_resource/content/13/Artigo%201%20-%20Reflexoes%20sobre%20plantas%20daninhas.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4182069/mod_resource/content/13/Artigo%201%20-%20Reflexoes%20sobre%20plantas%20daninhas.pdf)>. Acesso em: 7 nov. 2020.

CNA, Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Panorama do Agro**. Disponível em: <<https://www.cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

COLLINGS, P. **The impact of a glyphosate ban on the UK economy**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.oxfordeconomics.com/recent-releases/The-impact-of-a-glyphosate-ban-on-the-UK-economy>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

CONAB. **Conab - Série Histórica das Safras (Soja)**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>>. Acesso em: 12 nov. 2020.

CONCENÇO, G.; GRIGOLLI, J. F. J. Plantas Daninhas em Sistemas de Produção de Soja. **Tecnologia & Produção Soja 2014/2015**, p. 89–98, 2015. Disponível em: <<https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/213/213/newarchive-213.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

CUHRA, M.; BØHN, T.; CUHRA, P. Glyphosate: Too Much of a Good Thing? **Frontiers in Environmental Science**, v. 4, n. APR, p. 28, abr. 2016. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2016.00028/full>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

DUKE, S. O. The history and current status of glyphosate. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, p. 1027–1034, 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ps.4652>>. Acesso em: 8 nov. 2020.

DUKE, S. O. Glyphosate: Environmental fate and impact. In: **Weed Science**, 3, **Anais...**Cambridge University Press, 1 maio 2020. Disponível em: <[www.cambridge.org/wsc](http://www.cambridge.org/wsc)>. Acesso em: 9 nov. 2020.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: A once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 319–325, abr. 2008. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.1518>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

EDGERTON, M. D. Increasing crop productivity to meet global needs for feed, food, and fuel. **Plant Physiology**, v. 149, n. 1, p. 7–13, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1104/pp.108.130195>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

EFSA, European Food Safety Authority. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. **EFSA Journal**, v. 13, n. 11, 23

nov. 2015. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2015.4302>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

FERNANDES, H. C.; DA SILVEIRA, J. C. M.; RINALDI, P. C. N. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1582–1587, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500034>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

FLECK, N. G. **Princípios do controle de plantas daninhas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 70 p.

FRISVOLD, G. B.; HURLEY, T. M.; MITCHELL, P. D. Overview: Herbicide Resistant Crops--Diffusion, Benefits, Pricing, and Resistance Management. **AgBioForum**, v. 12, n. 3&4, p. 244–248, 2009. Disponível em: <<https://www.agbioforum.org/v12n34/v12n34a00-frisvold.htm>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

GARDNER, J. G.; NEHRING, R. F.; NELSON, C. H. Genetically Modified Crops and Household Labor Savings in US Crop Production. **AgBioForum**, v. 12, n. 3&4, p. 303–312, 2009. Disponível em: <<https://www.agbioforum.org/v12n34/v12n34a06-gardner.htm>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

GIESY, J. P.; DOBSON, S.; SOLOMON, K. R. Ecotoxicological risk assessment for Roundup® herbicide. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 167, p. 35–120, 2000. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-1156-3\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-1156-3_2)>. Acesso em: 9 nov. 2020.

GILLER, K. E. et al. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. **Field Crops Research**, v. 114, n. 1, p. 23–34, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.017>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

GIVENS, W. A. et al. Survey of Tillage Trends Following the Adoption of Glyphosate-Resistant Crops. **Weed Technology**, v. 23, n. 1, p. 150–155, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1614/WT-08-038.1>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

GLOBO RURAL. **Especialista diz que sem glifosato plantio da soja é inviável - Revista Globo Rural | Soja.** Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Soja/noticia/2018/08/especi>>

alista-diz-que-sem-glifosato-plantio-da-soja-e-inviavel.html>. Acesso em: 20 nov. 2020.

GUILHERME, S. et al. European eel (*Anguilla anguilla*) genotoxic and pro-oxidant responses following short-term exposure to Roundup® - A glyphosate-based herbicide. **Mutagenesis**, v. 25, n. 5, p. 523–530, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/mutage/geq038>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

HANEY, R. L. et al. Effect of glyphosate on soil microbial activity and biomass. **Weed Science**, v. 48, n. 1, p. 89–93, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0089:EOGOSM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0089:EOGOSM]2.0.CO;2)>. Acesso em: 10 nov. 2020.

HARKER, K. N. et al. Our View. **Weed Science**, v. 60, n. 2, p. 143–144, 20 jun. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00177.1>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

HART, M. M. et al. Separating the effect of crop from herbicide on soil microbial communities in glyphosate-resistant corn. **Pedobiologia**, v. 52, n. 4, p. 253–262, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2008.10.005>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

HEAP, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database (Online)**. Disponível em: <[www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)>. Acesso em: 13 nov. 2020.

HEAP, I.; DUKE, S. O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, p. 1040–1049, 2018.

HOBBS, P. R. Conservation agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production? In: Journal of Agricultural Science, 2, **Anais...Cambridge University Press**, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0021859607006892>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

HOBBS, P. R.; SAYRE, K.; GUPTA, R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. **Philosophical Transactions of The Royal Society**, v. 363, n. 1491, p. 543–555, 2008. Disponível em: <[doi:10.1098/rstb.2007.2169](https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2169)>. Acesso em: 7 nov. 2020.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 nov. 2020a.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 12 nov. 2020b.

IDAE. **Ahorro y Eficiencia Energética con Agricultura de Conservación**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10995\\_Agr12\\_Agric\\_conservacion\\_A2009\\_1ef06e4a.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10995_Agr12_Agric_conservacion_A2009_1ef06e4a.pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2020.

JMPR. **Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.who.int/foodsafety/jmprsummary2016.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

KEHLENBECK, H. et al. Economic assessment of alternatives for glyphosate application in arable farming. **Julius-Kühn-Archiv**, p. 11, 2016. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2016/20163238483.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

KREMER, R. J.; MEANS, N. E. Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 153–161, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.06.004>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

KWIATKOWSKA, M.; NOWACKA-KRUKOWSKA, H.; BUKOWSKA, B. The effect of glyphosate, its metabolites and impurities on erythrocyte acetylcholinesterase activity. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 37, n. 3, p. 1101–1108, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.etap.2014.04.008>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

LEIN, W. et al. Target-based discovery of novel herbicides. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 7, n. 2, p. 219–225, abr. 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369526604000044>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

MALKANTHI, S. H. P. et al. Banning of Glyphosate and its Impact on Paddy Cultivation: A study in Ratnapura District in Sri Lanka. **Journal of Agricultural Sciences – Sri Lanka**, v. 14, n. 2, p. 129, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4038/jas.v14i2.8515>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

MARAMBE, B.; HERATH, S. Banning of herbicides and the impact on agriculture: The case of glyphosate in Sri Lanka. **Weed Science**, v. 68, n. 3, p. 246–252, 2020.

MEFTAUL, I. M. et al. Controversies over human health and ecological impacts of glyphosate: Is it to be banned in modern agriculture? **Environmental Pollution**, v. 263, p. 114372, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114372>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

MENNAN, H. et al. Impact analysis of potential glyphosate regulatory restrictions in the European Union on Turkish hazelnut production and economy. **Weed Science**, v. 68, n. 3, p. 223–231, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/wsc.2020.10>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

MESNAGE, R. et al. Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. **Food and Chemical Toxicology**, v. 84, p. 133–153, ago. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027869151530034X>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

MESNAGE, R.; BERNAY, B.; SÉRALINI, G. E. Ethoxylated adjuvants of glyphosate-based herbicides are active principles of human cell toxicity. **Toxicology**, v. 313, n. 2–3, p. 122–128, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tox.2012.09.006>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

MORTENSEN, D. A. et al. Navigating a Critical Juncture for Sustainable Weed Management. **BioScience**, v. 62, n. 1, p. 75–84, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.12>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

NEPOMUCENO, M. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 43–50, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000100005>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

OWEN, M. D. et al. Benchmark study on glyphosate-resistant crop systems in the United States. Part 2: Perspectives. **Pest Management Science**, v. 67, n. 7, p. 747–757, 2011. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ps.2159>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

PARDO, G.; MARTÍNEZ, Y. Conservation agriculture in trouble? Estimating the economic impact of an eventual glyphosate prohibition in Spain. **SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, v. 37, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100138>>. Acesso em: 8 nov. 2020.

POWELL, J. R. et al. Effects of genetically modified, herbicide-tolerant crops and their

management on soil food web properties and crop litter decomposition. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, n. 2, p. 388–396, 2009.

POWELL, J. R.; SWANTON, C. J. A critique of studies evaluating glyphosate effects on diseases associated with Fusarium spp. **Weed Research**, v. 48, n. 4, p. 307–318, 2008.

PMRA, Pest Management Regulatory Agency. **Re-evaluation Decision RVD2017-01, Glyphosate**. Disponível em: <<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/reports-publications/pesticides-pest-management/decisions-updates/registration-decision/2017/glyphosate-rvd-2017-01.html#a5>>. Acesso em: 6 dez. 2020.

REBOUD, X. et al. **Usages et alternatives au glyphosate dans l'agriculture française**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-30183-rapport-inra-glyphosate.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2020.

RELYEA, R. A.; JONES, D. K. The toxicity of roundup original max®to 13 species of larval amphibians. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 28, n. 9, p. 2004–2008, 2009.

RICHMOND, M. E. Glyphosate: A review of its global use, environmental impact, and potential health effects on humans and other species. **Journal of Environmental Studies and Sciences**, v. 8, n. 4, p. 416–434, dez. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13412-018-0517-2>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

RIO VERDE. **Prefeitura Municipal de Rio Verde**. Disponível em: <<https://www.rioverde.go.gov.br/economia-cidade/>>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SAARI, L. L.; COTTERMAN, J. C.; THILL, D. C. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. (Ed.). **Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1994. p. 83–139.

SAUNDERS, L.; PEZESHKI, R. Glyphosate in Runoff Waters and in the Root-Zone: A Review. **Toxics**, v. 3, n. 4, p. 462–480, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/toxics3040462>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

STEINMANN, H. H.; DICKEDUISBERG, M.; THEUVSEN, L. Uses and benefits of

glyphosate in German arable farming. **Crop Protection**, v. 42, p. 164–169, dez. 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219412001937>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

STEPHENSON, G. R.; FERRIS, I. G.; HOLLAND, P. T.; NORDBERG, M. Glossary of terms relating to pesticides (IUPAC Recommendations 2006). **Pure Appl. Chem**, v. 78, n. 11, p. 2002–2005, 2006. Disponível em: <<http://publications.iupac.org/pac/2006/pdf/7811x2075.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

TESFAMARIAM, T. et al. Glyphosate in the rhizosphere-Role of waiting times and different glyphosate binding forms in soils for phytotoxicity to non-target plants. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 126–132, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.03.007>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

TILMAN, D. et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. 671–677, 2002. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature01014>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

USEPA, United State Environmental Protection Agency. **Regulations.gov - Supporting & Related Material Document**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPP-2009-0361-0077>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

VAN BRUGGEN, A. H. C. et al. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. **Science of the Total Environment**, v. 616–617, p. 255–268, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.309>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

VANDENBERG, L. N. et al. Is it time to reassess current safety standards for glyphosate-based herbicides? **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 71, n. 6, p. 613–618, jun. 2017.

VARGAS, L. et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. In: MESCHEDE, D. K.; GAZZIERO, D. L. P. (Ed.). **A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem**. Londrina: Midiograf II, 2016. p. 2019–239.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução. 2006. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do58.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do58.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2020.

WILLIAMS, G. M.; KROES, R.; MUNRO, I. C. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 31, n. 2 I, p. 117–165, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1006/rtpb.1999.1371>>. Acesso em: 8 nov. 2020.

WOODBURN, A. T. Glyphosate: Production, pricing and use worldwide. **Pest Management Science**, v. 56, n. 4, p. 309–312, 2000. Disponível em: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0034028510&origin=inward&txGid=4c4c767b2b591390b247053851c4065d>>. Acesso em: 7 nov. 2020.

WOŹNIAK, A.; KWIATKOWSKI, C. Effect of Long-term Reduced Tillage on Yield and Weeds of Spring Barley. **J. Agr. Sci. Tech**, v. 15, p. 1335–1342, 2012. Disponível em: <[https://journals.modares.ac.ir/files/jast/user\\_files\\_749497/archive\\_global-A-23-1000-689-8120805.pdf](https://journals.modares.ac.ir/files/jast/user_files_749497/archive_global-A-23-1000-689-8120805.pdf)>. Acesso em: 7 nov. 2020.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. de C. e. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **International Plant Nutrition Institute**, n. 119, p. 32, 2007. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/737CD8A86525A2EC83257AA1005FE1B9/\\$FILE/Encarte-119.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/737CD8A86525A2EC83257AA1005FE1B9/$FILE/Encarte-119.pdf)>. Acesso em: 9 nov. 2020.

ZHENGFEI, G. et al. Damage control inputs: A comparison of conventional and organic farming systems. **European Review of Agricultural Economics**, v. 32, n. 2, p. 167–189, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/eurrag/jbi015>>. Acesso em: 8 nov. 2020.