



Matheus Alegretti de Oliveira

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE TECNOLOGIAS DE
RESISTÊNCIA A HERBICIDAS EM CULTIVARES DE SOJA**

Dissertação de Mestrado

Cruz Alta – RS, 2019

Matheus Alegretti de Oliveira

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE TECNOLOGIAS DE RESISTÊNCIA A
HERBICIDAS EM CULTIVARES DE SOJA**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, da Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Rural.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Juliane Nicolodi Camera
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Claudia Maria Prudêncio de Mera
Coorientador: Prof. Dr. Mario Antonio Bianchi

Cruz Alta – RS, 2019
Universidade de Cruz Alta – Unicruz

O482a

Oliveira, Matheus Alegretti de

Análise técnica e econômica de tecnologias de resistência a herbicidas em cultivares de soja / Matheus Alegretti de Oliveira. – 2019.

59f.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Cruz Alta/Unicruz, Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, 2019.

Orientadora: Profa. Dra. Juliane Nicolodi Camera.

Coorientadora: Profa. Dra. Claudia Maria Prudêncio de Mera.

Coorientador: Prof. Dr. Mario Antonio Bianchi.

1. Cultura da soja. 2. Planta daninhas. 3. Herbicida. I. Camera, Juliane Nicolodi. II. Mera, Claudia Maria Prudêncio de. III. Bianchi, Mario Antonio. IV. Título.

CDU 632.954:633.34

Catálogo na Publicação
Bibliotecária Eliane Catarina Reck da Rosa CRB-10/2404

Centro de Ciências da Saúde e Agrárias
Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE TECNOLOGIAS DE RESISTÊNCIA A
HERBICIDAS EM CULTIVARES DE SOJA**

Elaborado por

Matheus Alegretti de Oliveira

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Desenvolvimento Rural.

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Juliane Nicolodi Camera
Universidade de Cruz Alta - Unicruz

Prof^ª. Dr^ª. Claudia Maria Prudêncio de Mera
Universidade de Cruz Alta – Unicruz

Dr. Mario Antônio Bianchi
Universidade de Cruz Alta - Unicruz

Prof. Dr. Theodoro Schneider
Universidade de Cruz Alta - Unicruz

Prof. Dr. Leandro Oliveira da Costa
Instituto Federal Farroupilha - IFFar

Cruz Alta, 18 de julho de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por guiar e iluminar o meu caminho na busca de ser assertivo nas escolhas que a vida me proporciona.

Agradeço a minha noiva Fernanda Teixeira Macagnan, que no decorrer de 15 anos esteve apoiando e incentivando o meu crescimento pessoal e profissional, estando presente nos momentos mais difíceis, me ajudando a superar as barreiras para alcançarmos e comemorarmos as nossas maiores conquistas. Sendo, mais uma vez, de grande importância no auxílio para a conclusão desta dissertação.

Agradeço e dedico aos meus pais e irmãos, aos quais sempre acreditaram no meu potencial e nunca mediram esforços para a minha formação e realização profissional.

Agradeço ao professor Dr. Mario Antônio Bianchi que me acolheu e incentivou, desde o momento que entrei em contato demonstrando interesse em ingressar no mestrado. Sempre auxiliando e transmitindo o seu conhecimento com muita dedicação.

Agradeço a Universidade de Cruz Alta e aos docentes do Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, em especial a minha orientadora Dr.^a Juliane Nicolodi Camera pela sua disponibilidade em auxiliar e seu profissionalismo, sempre incentivando para a conclusão do trabalho e a minha coorientadora Dr.^a Claudia Maria Prudêncio de Mera pelas aulas e auxílios prestados.

Agradeço a empresa Três Tentos Agroindustrial S/A, a qual me orgulho de ter feito parte da equipe durante sete anos. Empresa que me dispensou total apoio para a realização desta dissertação, disponibilizando recursos, área experimental e especialmente pessoas que estavam sempre dispostas a me ajudar.

Agradeço a empresa CCGL, a qual disponibilizou ajuda com seus técnicos, sendo de suma importância para obter os melhores resultados na condução dos trabalhos de campo.

Enfim a todos que contribuíram para o sucesso deste trabalho. Muito obrigado.

RESUMO

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE TECNOLOGIAS DE RESISTÊNCIA A HERBICIDAS EM CULTIVARES DE SOJA

Autor: Matheus Alegretti de Oliveira
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Juliane Nicolodi Camera
Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Claudia Maria Prudêncio de Mera
Coorientador: Dr. Mario Antonio Bianchi

O uso da biotecnologia de resistência a herbicidas surgiu como potente ferramenta para facilitar o manejo de plantas daninhas e proteger o potencial produtivo na cultura da soja. Contudo, a real vantagem do uso dessas tecnologias e os custos precisam ser avaliados e considerados dentro do planejamento do sistema de produção. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi realizar uma análise técnica e econômica das tecnologias de resistência a herbicidas na cultura da soja. O estudo foi desenvolvido no Centro Tecnológico (CETEC) da empresa Três Tentos Agroindustrial (Santa Bárbara do Sul/RS), onde foram realizados dois experimentos (I e II) nos anos agrícolas 2016/17 e 2017/18, sendo utilizado o delineamento de blocos ao acaso com 6 e 4 repetições, respectivamente. No experimento I avaliou-se duas formas de manejos no controle de plantas daninhas para cada tecnologia estudada (Roundup Ready[®] e Liberty Link[®]) e para soja convencional, bem como o rendimento de grãos e custos relacionados. Já no experimento II avaliou-se a eficiência e o custo do uso de diferentes herbicidas no controle da soja voluntária (com e sem tecnologia). Os resultados dos experimentos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro. Os herbicidas pré e pós-emergentes, em ambos os manejos propostos para os cultivares, controlaram de forma eficiente as plantas daninhas, sem apresentar fitotoxicidade significativa para a cultura da soja, demonstrando a eficiência e a segurança de utilizá-los nas respectivas doses propostas no presente trabalho. O melhor retorno econômico para o produtor rural no presente estudo foi obtido com o cultivar que apresenta a tecnologia de resistência ao glifosato (Roundup Ready[®]), o qual se mostrou mais estável entre os anos agrícolas, com rendimento líquido de grãos superior aos demais cultivares na safra 2017/18. Para esse cultivar poderia ser adotada qualquer uma das formas de manejo propostas, sendo o herbicida 2,4-D recomendado para o controle da soja voluntária. Como resultado dessa pesquisa, permitiu-se melhor avaliação da contribuição dessas tecnologias empregadas na cultura da soja e a relação custo benefício para o produtor rural.

Palavras-chave: Plantas daninhas. Biotecnologia, Manejo químico.

ABSTRACT

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF RESISTANCE TECHNIQUES TO HERBICIDES IN SOYBEAN CULTIVARS

Author: Matheus Alegretti de Oliveira
Advisor: Prof^a. Dr^a. Juliane Nicolodi Camera
Coadviser: Prof^a. Dr^a. Claudia Maria Prudêncio de Mera
Coadviser: Dr. Mario Antonio Bianchi

The use of herbicide resistance biotechnology emerged as a powerful tool to facilitate weed management and protect the potential productive of soybean crop. However, the real advantage of using these technologies and costs need to be evaluated and considered within the planning of the production system. In this sense, the objective of this work was to carry out a technical and economic analysis of the technologies of resistance to herbicides in the soybean crop. The study was carried out at Três Tentos Agroindustrial (Santa Bárbara do Sul / RS) Technological Center (CETEC), where two experiments (1 and 2) were carried out in the agricultural years 2016/17 and 2017/18. randomized blocks with 6 and 4 replicates, respectively. In the experiment 1, two weed management techniques were evaluated for each technology studied (Liberty Link[®] and Roundup Ready[®]) and for conventional soybean, as well as grain yield and related costs. In the experiment 2, the efficiency and cost of the use of different herbicides in the control of voluntary soybean (with and without technology) were evaluated. The results of the experiments were submitted to analysis of variance, the means of the treatments being compared by the Tukey test at 5% probability of the error. Pre- and post-emergence herbicides, in both treatments proposed for the cultivars, efficiently controlled weeds, without showing significant phytotoxicity to the soybean crop, demonstrating the efficiency and safety of using them at the respective doses proposed in the study. present work. The best economic return for the rural producer in the present study was obtained with the cultivar that presents the resistance technology to glyphosate (Roundup Ready[®]), which was more stable among the agricultural years, with net yield of grains superior to the other cultivars in the 2017/18 harvest. For this cultivar could be adopted any of the proposed management forms (1 or 2), being the 2,4D herbicide recommended for the control of voluntary soy. As a result of this research, it was possible to better evaluate the contribution of these technologies used in soybean cultivation and the cost-benefit ratio for the rural producer.

Keywords: Weeds. Biotechnology. Chemical management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Mapa da produção agrícola de soja no Brasil (safra 2018/19).....	15
Figura 2 -	Representação da precipitação (mm) e temperaturas médias (°C) (máxima e mínima), para o período referente ao ciclo da cultura da soja, no município de Santa Bárbara do Sul-RS, safra 2016/17 e safra 2017/18.....	29
Figura 3 -	Representação esquemática das etapas do Experimento 1.....	32
Figura 4 -	Representação esquemática das etapas do Experimento 2.....	33
Quadro 1 -	Variáveis consideradas na análise econômica.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Tratamentos utilizados para o controle de plantas daninhas, com as aplicações dos herbicidas logo após a semeadura (herbicidas pré-emergentes) e aos 28 dias após a semeadura da cultura (herbicidas pós-emergentes).....	31
Tabela 2 –	Tratamentos aplicados em pós-emergência (V4) em soja voluntária nos três ensaios experimentais.....	33
Tabela 3 –	Controle de Plantas Daninhas (%) nos experimentos referentes as safras 2016/17 e 2017/18.....	37
Tabela 4 –	População de plantas daninhas (plantas/ m ²) da semeadura da soja até o dia anterior a aplicação dos herbicidas em pós-emergência da cultura, referentes as safras 2016/17 e 2017/18.....	38
Tabela 5 –	Fitotoxicidade à cultura (%) nos experimentos referentes as safras 2016/2017 e 2017/2018.....	39
Tabela 6 –	Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹) e população de plantas m ² nos experimentos referentes as safras 2016/2017 e 2017/2018.....	41
Tabela 7 –	Eficiência de herbicidas no controle de soja voluntária em diferentes dias após a aplicação do tratamento químico.....	44
Tabela 8 –	Efeito de diferentes herbicidas sobre a população de plantas e matéria seca (MS) de soja voluntária.....	45
Tabela 9 –	Análise do custo dos experimentos em Kg ha ⁻¹	46
Tabela 10 –	Rendimento líquido em grãos (Kg ha ⁻¹) para os diferentes controles de cada cultivar nos dos anos agrícolas.....	46
Tabela 11 –	Análise conjunta do rendimento líquido em grãos (Kg ha ⁻¹) considerando a interação ano x cultivar.....	47
Tabela 12 –	Análise conjunta do rendimento líquido em grãos (Kg ha ⁻¹) considerando a interação cultivar x controle.....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 A cultura da soja.....	12
2.1.1 A soja no mundo.....	12
2.1.2 A soja no Brasil.....	13
2.2 Plantas daninhas.....	16
2.3 Herbicidas.....	18
2.4 Biotecnologia de resistência a herbicidas na cultura da soja.....	24
2.5 Análise econômica da cultura da soja.....	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 Experimento I: Controle de plantas daninhas utilizando cultivares de soja com diferentes tecnologias de resistência a herbicidas.....	30
3.2 Experimento II: Controle de soja voluntária com herbicidas pós-emergentes.....	32
3.3 Análise econômica.....	34
3.4 Análise estatística.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1 Controle de plantas daninhas utilizando cultivares de soja com diferentes tecnologias de resistência a herbicidas.....	36
4.2 Controle de soja voluntária com herbicidas pós-emergentes.....	42
4.3 Análise econômica dos experimentos.....	46
5 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICES.....	57

1 INTRODUÇÃO

O aumento da produção de alimentos é essencial para garantir as necessidades de uma população mundial crescente, que ultrapassou os 7 bilhões de habitantes. A Organização das Nações Unidas (ONU) projeta que a população mundial será de 9,7 bilhões até 2050 e estima-se que a produção de alimentos deve aumentar em 70% para suprir a alimentação da população (FAO, 2018). Atualmente, a agricultura brasileira é responsável por alimentar 1,5 bilhões de pessoas e precisa estar preparada para desempenhar seu papel fundamental na garantia da vida humana no planeta (NOVO RURAL, 2018).

Para isso, deve-se diminuir os impactos ambientais e buscar a sustentabilidade dentro dos sistemas produtivos. Além dos recursos naturais, o conhecimento e empreendedorismo dos agricultores aliado às contribuições técnico-científicas de universidades e órgãos de pesquisa e assistência técnica, são determinantes para garantir o aumento da produção de alimentos. Nesse sentido, é importante além de conhecer as inovações tecnológicas na área agrícola, compreender como manejar de forma adequada e responsável essas novas tecnologias, tais como as culturas transgênicas de resistência a herbicidas, visando a melhoria dos índices de produtividade e a eficiência econômica.

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo (BERTRAND; LAURENT; LECLERCQ, 1987), sendo a principal cultura do agronegócio brasileiro. O Brasil é um dos principais produtores de soja desde a década de 70, sendo atualmente, o segundo maior produtor mundial do grão, perdendo apenas para os Estados Unidos (USDA, 2019). Dentre os estados brasileiros, o Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor do grão, produzindo cerca de 19 milhões de toneladas na safra 2018/19 (CONAB, 2019).

Uma das principais preocupações dos produtores rurais e profissionais que trabalham com essa cultura, são os prejuízos causados pelas plantas daninhas, pois elas competem com a cultura por luz, nutrientes e água, além de dificultarem a colheita e atuarem como hospedeiras de pragas e doenças, e exercerem pressão de natureza alelopática (PITELLI, 1985). Dessa forma, as plantas daninhas dificultam o manejo da cultura da soja e reduzem o potencial produtivo, refletindo diretamente na renda do produtor rural e na economia do país. Esse fato estimula a pesquisa por estratégias adequadas de controle de plantas daninhas.

Dentre os métodos atualmente indicados para o manejo das plantas daninhas na cultura de soja, o controle químico têm sido a alternativa mais utilizada pelo produtor (SALVADORI et al., 2016). Nesse sentido, o advento de inovações tecnológicas de culturas

resistentes a herbicidas surgiu como ferramenta importante, para facilitar o manejo de plantas daninhas, garantir o crescimento nos índices de produtividade na agricultura, apresentando atribuição relevante para o progresso da cultura da soja no país.

Com o auxílio de avançadas técnicas biotecnológicas lançou-se a soja Roundup Ready® (RR) da empresa Monsanto, a primeira soja geneticamente modificada no país, com evento aprovado no ano 1998 (Comunicado CTNBio nº 54 de 1998) e comercialização iniciada em 2005. A soja RR é resistente ao glifosato, herbicida de amplo espectro, dos mais utilizados nos sistemas de cultivo do mundo (KRUZE et al., 2000). Outra importante tecnologia comercializada no Brasil é a Liberty Link® (LL), a qual foi desenvolvida pela empresa Bayer e recentemente adquirida pela BASF. A soja LL é resistente ao glufosinato de amônio, um herbicida amplamente utilizado na agricultura em escala mundial, em função tanto da alta eficácia quanto do amplo espectro de controle de plantas daninhas (BRUNHARO et al., 2014).

Ressalta-se que o cultivo de soja apresenta alto investimento por parte do produtor, tanto em equipamentos, fertilizantes e defensivos agrícolas, quanto em tecnologia de sementes. Dessa forma, o uso das tecnologias de resistência a herbicidas em cultivares de soja necessita de pesquisas que avaliem a sua influência no controle de plantas daninhas e no rendimento da soja, gerando mais conhecimentos para aplicação prática, o que é fundamental para um planejamento mais seguro da lavoura.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise técnica e econômica das tecnologias de resistência a herbicidas na cultura da soja, buscando contribuir com a melhor avaliação dessas tecnologias empregadas pelo produtor rural, bem como estimar o custo benefício que trará desenvolvimento econômico da propriedade rural.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja

A soja *Glycine max* (L.) Merrill é uma leguminosa herbácea anual originária da região leste da Ásia, principalmente ao longo do Rio Amarelo, na China, possui grande diversificação genética e morfológica, mas a evolução tornou a espécie cultivada muito diferente dos seus ancestrais. É uma planta da classe dicotiledônea pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilionáceas, sendo a espécie cultivada uma planta herbácea, ereta e ramificada com ciclo anual. As cultivares brasileiras possuem ciclo de 100 a 140 dias e apresentam crescimento determinado, semideterminado ou indeterminado, podendo atingir 60 a 120 cm de altura. Possui raiz principal pivotante com raízes secundárias e terciárias, hastes com pubescência e apresenta três tipos de folhas: cotiledonares, unifolioladas ou primordiais e trifolioladas, sendo duas cotiledonares, duas unifolioladas e as trifolioladas, que constituem todas as demais folhas, as flores possuem coloração branca ou roxa com autofecundação e as vagens são levemente arqueadas com sementes lisas de coloração geralmente amarelada (NOGUEIRA et al., 2009; MATHEUS e SILVA, 2013).

A cultura destaca-se por apresentar alto teor proteico dos seus grãos (38%) e a sua fácil adaptação em diversos tipos de clima e fotoperíodo, fazem com que esteja entre as mais importantes e cultivadas oleaginosas do mundo sendo a principal cultura do agronegócio brasileiro (BERTRAND; LAURENT; LECLERCQ, 1987; NASORRY, 2011).

A diversidade genética e morfológica da soja, observada pelo grande número de cultivares existentes, é resultado do esforço de diversos programas de melhoramento genético, os quais buscam sempre genótipos mais produtivos e resistentes a pragas, doenças, herbicidas e adaptados a diversas condições edafoclimáticas (NASORRY, 2011).

2.1.1 A soja no mundo

A soja é reconhecida como uma das mais antigas plantas cultivadas no planeta, sendo explorada há mais de cinco mil anos no oriente. Contudo, o ocidente ignorou o seu cultivo até a segunda década do século XX, quando os Estados Unidos iniciaram sua exploração comercial, primeiro como forrageira e, posteriormente, como grão (EMBRAPA SOJA, 2004).

Esta espécie ganha cada vez mais importância na agricultura mundial, sendo considerada uma das principais fontes de produção de óleos e proteínas vegetais para a alimentação humana e animal. Usualmente é comercializada em forma de grão, farelo e óleo bruto e refinado, além de apresentar grande potencial na fabricação de biodiesel, devido a grande diversidade do uso da oleaginosa e ao aumento da demanda global por alimentos, a área destinada ao cultivo de soja vem aumentando anualmente (SEAB, 2012; NASORRY, 2011). Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial foi de 341,54 milhões de toneladas em uma área plantada de mais de 120 milhões de hectares na safra de 2017/2018 (USDA, 2019). Os EUA é o maior produtor mundial, com uma produção de 120,07 milhões de toneladas e área plantada de 36,5 milhões de hectares, obtendo uma produtividade 3289 Kg ha^{-1} , na safra de 2017/2018 (USDA, 2019). Nessa mesma safra, o Brasil veio logo atrás com produção de 119,28 milhões de toneladas e área plantada de 35,14 milhões de hectares, obtendo uma produtividade média de 3394 Kg ha^{-1} (CONAB, 2018). Segundo dados atualizados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019) para a safra de 2018/19 o Brasil obteve uma diminuição de 3,7%, obtendo uma produção final de 114,84 milhões de toneladas.

Desde que o Brasil ultrapassou os Estados Unidos em 2012, é o principal exportador de soja do mundo, de acordo com os dados divulgados pelo USDA, o Brasil continua a ser o maior exportador de soja em grãos do mundo, responsável por 49,75% de todas as exportações mundiais na safra 2017/2018. Os Estados Unidos vêm em segundo lugar com 37,84%, e a Argentina em terceiro lugar com 1,38%, juntos, esses três países são responsáveis por 88,97% de todas as exportações mundiais. Em relação a importação mundial de soja, a China se destaca como maior importador do mundo, responsável por 75,70% de todas as importações mundiais na safra 2017/2018, posteriormente vem a União Europeia com mais ou menos 11,82% das importações mundiais (USDA, 2018a). Segundo estimativa da produção mundial para a safra 2018/19 divulgada em dezembro de 2018 pelo USDA, Estados Unidos, Brasil e Argentina continuarão sendo os maiores produtores de soja do mundo, com aproximadamente 81,98% da produção mundial (USDA, 2018a).

2.1.2 A soja no Brasil

No Brasil o primeiro relato sobre o surgimento da soja é de 1882, no estado da Bahia, onde foram realizados os primeiros estudos de avaliação de cultivares vindo dos EUA. Porém, foi no Rio Grande do Sul (RS), que a soja encontrou condições ideais para seu

desenvolvimento, condições estas semelhantes ao clima americano. Em 1914 a cultura foi introduzida oficialmente neste estado, no município de Santa Rosa, mas ganhou espaço a partir da década de 40, merecendo o primeiro registro estatístico nacional em 1941, no Anuário Agrícola do RS (área cultivada de 640 ha, produção de 450 toneladas e rendimento de 700 kg/ha) (EMBRAPA, 2003).

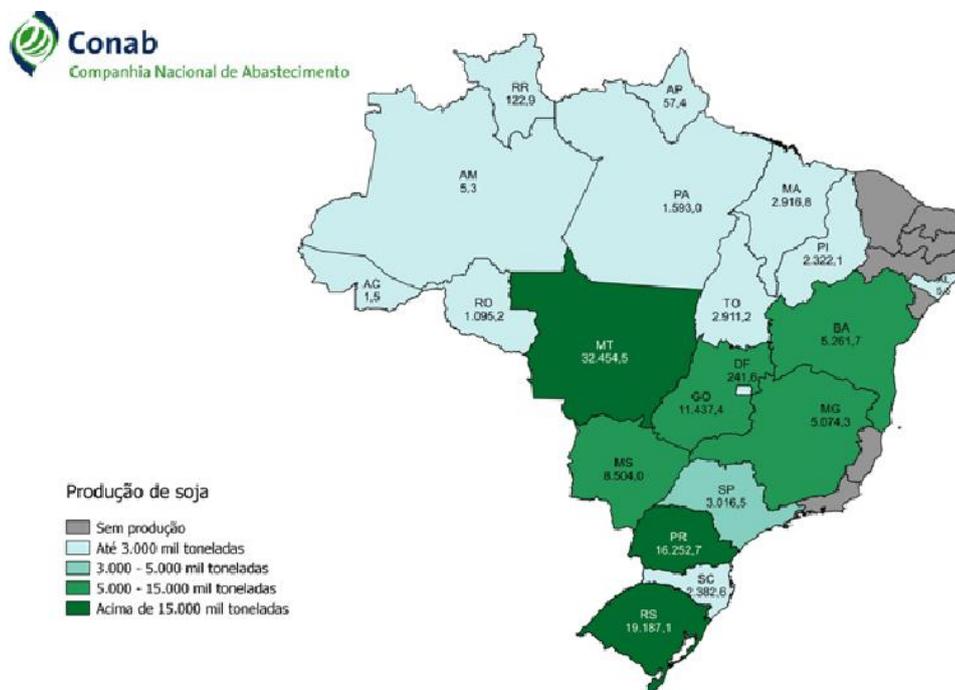
Na década de 60, fatores internos fizeram o Brasil começar a enxergar a soja como um produto comercial, tornando-se, a partir de então, uma cultura economicamente importante para o país. Na época, o trigo era a principal cultura do Sul do Brasil e a soja surgia como uma opção de verão, em sucessão ao trigo. O Brasil também iniciava um esforço para produção de suínos e aves, gerando demanda por farelo de soja. Em 1966, a produção comercial de soja já era uma necessidade estratégica. (EMBRAPA SOJA, 2017). Na década seguinte consolidada como a principal cultura do agronegócio brasileiro passou de 1,5 milhões de toneladas em 1970 para mais de 15 milhões de toneladas em 1979 (EMBRAPA, 2003).

Atualmente a soja constitui-se como um dos produtos de maior importância na economia nacional, ocupando lugar de destaque na oferta de óleo para consumo interno, na alimentação animal como fonte proteica e na produção de biocombustível, entre outros produtos, além de se destacar na pauta de exportação do país (FREITAS, 2011). No ano de 2018, o complexo da soja correspondeu a 41,55% das exportações do agronegócio brasileiro, representando 38,7 bilhões de dólares (AGROSTAT, 2018) A soja é cultivada em quase todo o território nacional, porém, dentre os estados brasileiros, o Mato Grosso é o maior produtor do grão, seguido pelo Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul (CONAB, 2019) (Figura 1).

Dentre os grandes produtores mundiais, o Brasil possui o maior potencial de expansão em área cultivada, podendo, se depender das necessidades de consumo do mercado, mais do que duplicar a produção dessa cultura (EMBRAPA SOJA, 2017). Os diversos programas de melhoramento genético apresentam importante papel para o progresso da cultura no país.

O crescimento da cultura no país esteve sempre associado aos avanços científicos e a disponibilização de tecnologias ao setor produtivo. A mecanização e a criação de cultivares altamente produtivas adaptadas às diversas regiões, o desenvolvimento de pacotes tecnológicos relacionados ao manejo de solos, ao manejo de adubação e calagem, manejo de pragas e doenças, além da identificação e solução para os principais fatores responsáveis por perdas no processo de colheita, são fatores promotores desse avanço (FREITAS, 2011).

Figura 1. Mapa da produção agrícola de soja no Brasil (safra 2018/19)



Fonte: (CONAB, 2019)

O cenário otimista de um país que tem para onde e como crescer a sua produção, reflete-se na projeção feita pela USDA, que afirma que a produção e as exportações brasileiras de soja continuarão aumentando na próxima década. Para o Brasil, a produção estimada pelo USDA, para a safra 2019/20, provavelmente fique em torno de 123 milhões de toneladas (USDA, 2019) e em 2027/28, a produção total de soja poderá chegar a 163 milhões de toneladas (USDA, 2018b). Segundo dados projetados pelo USDA, as exportações brasileiras de 96,4 milhões de toneladas em 2027/28 serão 48% superiores às exportações atuais. O Brasil e exportadores de soja dos EUA competem pelo mercado chinês e espera-se que a competição de exportação continue durante o período de projeção (USDA, 2018b).

O cultivo do trigo viabilizou a implantação da cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul, as cooperativas criadas, em sua maioria na década de 1960, favoreceram a implantação e desenvolvimento das duas culturas, sendo o trigo cultivado no inverno e a soja no verão. Além disso, o milho que compete com a soja em período de desenvolvimento perde espaço, pois o trigo não oferece oportunidade de sucessão com a implantação da cultura do milho no verão dentro das melhores condições edafoclimáticas necessárias ao bom desenvolvimento desta cultura (JANSEN, 1996).

Segundo dados recentes da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019) o estado do Rio Grande do Sul, segundo maior produtor nacional do grão, apresentou, em relação à safra anterior (2017/18), crescimento da produção de soja de 12 %, reflexo da maior produtividade (10,2%) e área cultivada (1,5 %) do grão. Percebe-se que a soja é uma cultura de extrema importância para economia brasileira e também para o estado do Rio Grande do Sul, merecendo constantes pesquisas na área de melhoramento genético e manejos adotados durante o plantio a colheita, visando garantir seus altos níveis de produtividade.

2.2 Plantas daninhas

Nos últimos anos, com o advento de inovações tecnológicas, houve um crescimento significativo nos índices de produtividade na agricultura, porém, há diversos fatores que podem interferir negativamente nessa produtividade, entre eles, os prejuízos causados pelas plantas daninhas. Segundo Carvalho (2013a) planta daninha é qualquer planta que cresça espontaneamente em um local de atividade humana e cause prejuízos a essa atividade, sendo denominada de planta daninha verdadeira quando apresenta características especiais que permitam sua sobrevivência no ambiente (SILVA et al., 2007). Plantas cultivadas podem ser consideradas plantas daninhas se estiverem crescendo de forma espontânea em meio a outra cultura de interesse (planta voluntária), sendo nesse caso, denominada de planta daninha comum.

As plantas daninhas são espécies de ocorrência espontânea, o que confere a elas maior habilidade em competir com espécies cultivadas. Isso ocorre devido ao fato das plantas daninhas possuírem maior variabilidade genética, proporcionando-as melhor adaptação ao ambiente competitivo e condições adversas de se propagar em relação as espécies cultivadas (BIANCHI et al., 2006). As culturas como a soja, por meio do melhoramento genético perderam tal rusticidade para ganhar produtividade, ficando mais vulneráveis a serem afetadas pelas plantas daninhas (ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013).

As plantas daninhas acarretam perdas na produtividade devido, principalmente, à competição por luz, nutrientes e água, além de dificultarem a colheita. Atuam também como hospedeiras de pragas e doenças e exercem pressão de natureza alelopática inibindo a germinação de sementes e, ou, o desenvolvimento de culturas e outras espécies, inclusive de outras plantas daninhas. Esse conjunto de ações negativas impostas à cultura de interesse, em decorrência da presença de plantas daninhas no ambiente, chama-se interferência (PITELLI; PITELLI, 2004), sendo que o grau de interferência depende da época e duração

do período de convivência (PITELLI,1985). Essa competição é notada principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, devido às perdas na produtividade, que podem ser superiores a 80%. Além de prejudicar a produção, a planta daninha pode causar vários problemas: reduz a qualidade dos grãos; causa maturação desuniforme; e diminui o valor comercial da terra (SILVA et al., 1999).

Atualmente temos cerca de 30.000 espécies de plantas daninhas que causam danos às culturas comerciais, impossibilitando que a cultura expresse todo o seu potencial produtivo (ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO,2013). Entre as plantas daninhas na cultura da soja estão o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), buva (*Conyza spp.*), e corda-de-viola (*Ipomoea spp.*) (VARGAS & ROMAN, 2008).

Essas plantas podem acarretar prejuízos consideráveis a lavoura caso não ocorra o seu correto manejo e controle. Nesse contexto, devido ao impacto negativo das plantas daninhas sobre a cultura da soja, torna-se fundamental pesquisas que visem auxiliar no controle dessas plantas invasoras e garantir o máximo potencial produtivo da cultura.

2.2.1 Manejo de plantas daninhas na cultura da soja

Uma das alternativas para melhorar a produtividade da cultura é controlar de forma eficiente as plantas daninhas, sendo essa prática tão antiga quanto a própria agricultura. A intensidade das perdas na lavoura, depende da espécie de planta daninha, da sua densidade e distribuição. Entre os métodos utilizados para controlar essas plantas invasoras, estão o controle cultural (cultivares mais competitivas, rotação de culturas), mecânico (capina), físico (cobertura morta), biológico, químico (herbicidas) e as práticas preventivas que visam reduzir ou não aumentar o banco de disseminulos das plantas daninhas em determinado ambiente. Quando possível, é aconselhável utilizar a combinação de dois ou mais métodos efetivos de controle (CARVALHO, 2013a).

O manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) é considerado a principal ferramenta para reduzir o uso de herbicidas e baseia-se na integração de métodos de controle, o que torna o ambiente de cultivo desfavorável às plantas daninhas e minimiza sua interferência (NUNES; TREZZI; DEBASTIANI, 2010). O MIPD engloba todas as ferramentas possíveis para o melhor controle, destacando-se o controle cultural, físico e químico, sendo o controle químico com herbicidas a alternativa mais usada pelo produtor rural (SALVADORI et al., 2016).

Conforme Oliveira (2015), herbicidas são substâncias químicas capazes de selecionar populações de plantas, provocando a morte de algumas e de outras não. Quando empregados corretamente, respondem com eficiência e segurança aos objetivos visados, caso contrário, poderão causar sérios prejuízos não só à cultura como também ao homem e ao ambiente. O método de controle químico representa um dos itens que mais oneram nos custos de produção (GAZZIERO et al. 2001).

A ampla aceitação do controle químico por herbicidas pode ser atribuída as diversas vantagens e/ou facilidades proporcionada em relação aos demais métodos, tais como: menor dependência de mão de obra; método rápido, prático e eficiente mesmo em épocas chuvosas; é eficiente no controle de plantas daninhas na linha de semeadura e não afeta o sistema radicular das culturas; permite o cultivo mínimo ou plantio direto das culturas além de permitir o controle de plantas daninhas de reprodução vegetativa (CARVALHO, 2013a).

A aplicação de herbicidas é essencial para o controle de plantas daninhas e na manutenção do potencial produtivo de diversas culturas, entretanto deve ser bem monitorado e trabalhado associado aos demais métodos, para garantir o melhor manejo de plantas daninhas. Um produto só poderá ser realmente eficiente se for aplicado dentro das condições técnicas recomendadas. Isso significa dizer que, ao se falar em controle químico, é necessário pensar não apenas no produto, mas em uma série de fatores que estão envolvidos nesta operação (GAZZIERO et al. 2001).

Nesse contexto, é importante ressaltar que o manejo eficiente das plantas daninhas dentro do sistema de produção da cultura da soja, torna-se fundamental para a obtenção do seu máximo potencial produtivo e, conseqüentemente, maior lucratividade para o produtor rural. Neste sentido, a prática do manejo integrado das plantas daninhas aliada à biotecnologia podem contribuir na busca pela sustentabilidade dentro de sistemas integrados de manejo na produção agrícola, desde que bem posicionados.

2.3 Herbicidas

Os herbicidas possuem características que permitem classificá-los de diversas maneiras, como por exemplo, quanto ao espectro de ação e à seletividade, quanto à translocação nas plantas, quanto ao mecanismo de ação e quanto à época de aplicação (CARVALHO, 2013b). Em relação a esta última classificação, os herbicidas dividem-se em pré-emergentes e pós-emergentes, os quais são aplicados antes e após a emergência de plantas daninhas, respectivamente.

São diversas as vantagens relacionadas ao uso de herbicidas pré-emergentes, como por exemplo: o controle das plantas daninhas em estádios (germinação/emergência) em que estão mais suscetíveis a interferência por distúrbios de natureza física, química ou biológica; a precocidade de controle, de forma a evitar a competição inicial com a espécie cultivada; e o efeito residual no solo de muitos herbicidas dessa classe, proporcionando o controle de diferentes fluxos de emergência de plantas daninhas que estão no banco de sementes. A eficácia da aplicação do herbicida pré-emergente depende da disponibilidade de água no solo, pois estes produtos atuam sobre processos de germinação ou crescimento radicular (OLIVEIRA et al., 2011).

Nas aplicações em pós-emergência, além das plantas daninhas, geralmente a cultura também está emergida e, neste caso, o herbicida precisa ser absorvido em grande parte pela via foliar, além de requerer que a cultura tenha tolerância à exposição direta do produto. A eficiência da aplicação em pós-emergência depende muito da idade das plantas daninhas, sendo as aplicações realizadas, normalmente, em fases precoces do desenvolvimento das invasoras. Embora varie entre as espécies de plantas daninha, este estágio geralmente compreende a fase de até três a quatro folhas para dicotiledôneas e antes ou até o início do perfilhamento para gramíneas (OLIVEIRA et al., 2011).

No mercado de produtos químicos brasileiros existem vários princípios ativos com diferentes modos de ação nas plantas daninhas que podem ser utilizados na cultura da soja. Dentre os pós-emergentes, podemos destacar o glifosato, o glufosinato de amônio e o paraquat. Já entre os herbicidas pré-emergentes, os principais são o diclosulam, o flumioxazin, o clorimurrom-etílico e o imazetapir, sendo os dois últimos também permitidos serem aplicados em pós-emergência devido a suas propriedades físico-químicas.

O ingrediente ativo diclosulam apresenta nome químico N-(2,6-dichlorophenyl)-5-ethoxy-7-fluoro [1,2,4] triazolo [1,5-c] pyrimidine-2- sulfonamide sendo um herbicida seletivo pertence ao grupo químico sulfonanilida triazolopirimidina (ANVISA, 2019). Tem como mecanismo de ação a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), a qual é essencial para a síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina. Essa inibição interrompe a síntese proteica, que por sua vez interfere na síntese do DNA e no crescimento celular. Dessa forma, a morte da planta não se deve somente à falta desses aminoácidos, pois, após a aplicação do herbicida, a divisão celular também é inibida (ROMAN et al., 2005). Plantas sensíveis, quando tratadas com esse herbicida, morrem no intervalo de 7 a 14 dias após o tratamento, apresentando sintomas que incluem a paralisação do crescimento das raízes e da parte aérea e coloração amarela ou arroxeadas das folhas. Geralmente, os sintomas fitotóxicos

na cultura são causados, por doses acima das recomendadas, aplicações incorretas e cultura com problemas fitopatogênicos no momento da aplicação (ROMAN et al., 2005).

O diclosulam possui efeito residual, o que contribui para evitar fluxos de emergência de plantas daninhas no estabelecimento inicial da cultura de soja. Apresenta amplo espectro de controle como latifolicida, sendo que também pode promover o controle de capim-amagoso (*Digitaria insularis*) e a supressão do crescimento de algumas gramíneas, como capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), papuã (*Brachiaria plantaginea*), capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), milhã (*Digitaria horizontalis*) e tiririca (*Cyperys rotundus*) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

O ingrediente ativo flumioxazin de nome químico N-(7-fluoro-3,4-dihydro-3-oxo-4-prop-2-ynyl-2H-1,4-benzoxazin-6-yl) cyclohex-1-ene-1,2-dicarboxamide, é um herbicida seletivo de ação não sistêmica pertencente ao grupo químico ciclohexenodicarboximida. Trata-se de um herbicida de aplicação pré e pós-emergência das plantas infestantes na cultura de soja (ANVISA, 2019) e atua inibindo a ação da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX), que é uma enzima precursora da síntese da clorofila. A inibição dessa enzima impede a síntese de clorofila, desencadeando um mecanismo complexo que resulta na formação de um composto extremamente oxidante (oxigênio singlete), o qual inicia um processo de peroxidação de lipídeos observada nas membranas celulares, causando sua ruptura e perda de sua função, levando a planta à morte (OLIVEIRA et al., 2011; CARVALHO, 2013b).

Quando aplicado ao solo, em pré-emergência, causa a morte das plântulas quando entram em contato com a camada tratada no solo, as quais tornam-se necróticas e morrem logo após a exposição à luz solar devido a peroxidação dos lipídeos. Em plantas adultas suscetíveis, o contato foliar com flumioxazin provoca desidratação rápida e necrose dos tecidos vegetais expostos rapidamente (um a três dias). O flumioxazin é absorvido pelas raízes e folhagem das plantas tratadas (OLIVEIRA et al., 2011; CARVALHO, 2013b).

Mesmo em espécies consideradas tolerantes, as plantas podem exibir injúrias de moderadas a severas após a aplicação deste herbicida. Vários autores relatam que a aplicação de flumioxazin em pós-emergência da soja causa severa toxicidade a cultura (COSTA; SILVA; FERREIRA, 1997; CARVALHO et al., 1999). Doses subletais resultam em sintomas de bronzeamento das folhas mais novas, a passo que a deriva de algumas gotas causa o aparecimento de pequenas manchas brancas nas folhas (OLIVEIRA et al., 2011). Dessa forma, o uso deste herbicida em pré emergência traz vantagens e segurança na aplicação em relação a possíveis fitotoxicidade à cultura (MACEDO, 2015).

Entre as principais plantas daninhas controladas por este produto, estão o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), corda-de-viola (*Ipomoea spp.*), caruru (*Amaranthus spp.*), picão-preto (*Bidens pilosa*), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), entre outros (AGROLINK, 2019).

O ingrediente ativo imazetapir de nome químico (RS)-5-ethyl-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl) nicotinic acid, é um herbicida seletivo de ação sistêmica do grupo das imidazolinonas. É autorizada a sua aplicação em pré e pós-emergência das plantas infestantes na cultura de soja (ANVISA, 2019) e, assim como o diclosulam, é do grupo dos inibidores da enzima ALS. A seletividade deste herbicida em soja é resultado da sua rápida metabolização e degradação pela cultura, que o transforma em compostos inativos sem prejuízo ao seu desenvolvimento, o que não acontece nas plantas daninhas sensíveis. Eventualmente poderão ocorrer sintomas de fitotoxicidade como amarelecimento e/ou redução de porte com posterior recuperação da cultura sem prejuízo à produtividade (AGROLINK, 2019).

O herbicida clorimurom-etílico de nome químico ethyl 2-(4-chloro-6-methoxypyrimidin-2-ylcarbamoylsulfamoyl) benzoate, é um produto seletivo de ação sistêmica pertencente ao grupo químico das sulfonilureias. Esse herbicida é recomendado para controlar plantas daninhas de folhas largas na cultura da soja, sendo absorvido de forma rápida pelas folhas e raízes, com translocação por toda a planta. Da mesma forma que os herbicidas diclosulam e imazetapir, o clorimuron age inibindo a enzima ALS, interferindo na divisão celular e levando a planta à morte (AGROLINK, 2019; ANVISA, 2019).

No Brasil são encontrados vários produtos registrados com este princípio ativo podendo ser aplicado em pré-plantio e/ou após a emergência da cultura da soja. Contudo, nem todos os produtos tem registro para as duas modalidades, havendo a necessidade de se consultar a bula antes da aplicação (MAPA, 2018; AGROLINK, 2019)

Inicialmente, o clorimurom-etílico era utilizado em pós-emergência da cultura da soja, contudo mostrou-se eficiente, também, quando utilizado em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura. É uma alternativa viável para ser usado em conjunto com o glifosato na dessecação pré-plantio da soja (VALENTE, 2000), possibilitando ação residual sobre espécies sensíveis sem causar prejuízo ao desenvolvimento da soja (BIANCHI, 2010).

Embora seja um herbicida seletivo para a soja, alguns trabalhos relatam que o clorimurom-etílico provocou efeitos negativos no desenvolvimento vegetativo ou reprodutivo da cultura, contudo, tais injúrias não foram suficientes a ponto de diminuir o rendimento de grãos (CORREIA et al., 2008; ALONSO et al., 2013). As principais espécies

daninhas por esse herbicida controladas são: caruru (*Amaranthus* spp.), picão-preto (*Bidens pilosa*), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), entre outras (AGROLINK, 2019).

O glufosinato de amônio possui o nome químico ammonium 4-[hydroxy(methyl)phosphinoyl]-DL-homoalaninate ou ammonium DL-homoalanin-4-yl(methyl)phosphinate, pertencente ao grupo químico homoalanina substituída (ANVISA, 2019). É um herbicida não seletivo, de contato, não sistêmico, aplicado em pós-emergência das plantas daninhas e amplamente utilizado na agricultura em escala mundial, devido a sua alta eficácia e amplo espectro de controle de plantas infestantes (ROMAN et al., 2005).

O glufosinato de amônio foi descoberto numa bactéria, a *Streptomyces hircosopicus*, e, posteriormente, passou a ser produzido de forma sintética em escala comercial. Atua na inibição do metabolismo do nitrogênio, através da inativação da enzima glutamina sintetase (GS), a qual converte o glutamato e a amônia em glutamina. O glufosinato liga-se à enzima GS, de forma irreversível, no mesmo sítio de ação que normalmente é ocupado pelo glutamato, inibindo a formação de glutamina. Dessa forma, após a aplicação do produto, ocorre o rápido acúmulo de altos níveis de amônia no interior da célula, redução da taxa fotossintética, falta de aminoácidos, de glutamina e de glutamato, inibição do crescimento, clorose e morte da planta. O glufosinato de amônio é o único herbicida comercializado com esse mecanismo de ação no Brasil (ROMAN et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2011; CARVALHO, 2013b).

Devido à rápida ação inibitória na fotossíntese, a translocação desse herbicida é limitada, com formação de agentes tóxicos que comprometem a integridade da célula, limitando sua própria translocação (ROMAN et al., 2005). Em razão da significativa ausência de translocação nas plantas, faz-se necessário a aplicação em estágios iniciais de desenvolvimento das espécies invasoras para que ocorra o controle adequado (AGROLINK, 2019).

Embora o glufosinato de amônio seja um herbicida não seletivo, existe considerável variação entre espécies em relação à suscetibilidade a este produto, onde as causas podem ser explicadas por diferenças na translocação, absorção e metabolismo (ROMAN et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2011). O produto é metabolizado pelas plantas, contudo, o processo não é rápido o suficiente para impedir a toxidez do produto. A clorose e o murchamento de plantas ocorrem geralmente entre um e três dias após a aplicação, seguidos por necrose. O desenvolvimento dos sintomas é mais rápido em condições de alta luminosidade e elevada umidade relativa do ar e do solo (ROMAN et al., 2005). Plantas transgênicas resistentes ao

glufosinato têm sido produzidas por meio da tecnologia Liberty Link (OLIVEIRA et al., 2011).

O ingrediente ativo glifosato, de nome químico N-(phosphonomethyl)glycine e formulado como sal isopropilamina, sal de amônio e como sal monopotássico, é um herbicida de aplicação em pós-emergência das plantas daninhas na cultura da soja, pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas. (ANVISA, 2019; ROMAN et al., 2005). É o mais comum herbicida em sistemas de cultivo e o mais estudado no mundo, devido ao seu amplo espectro de ação e pelo fato de apresentar eficácia no manejo de plantas daninhas de difícil controle. No Brasil é utilizado amplamente e comercializado por diversas empresas, com diferentes nomes comerciais (OLIVEIRA, 2011; ROMAN et al., 2005).

O glifosato é um herbicida sistêmico, sem atividade em pré-emergência devido à intensa adsorção ao solo não apresentando ação residual (CARVALHO, 2013b). É um herbicida não seletivo devido ao amplo espectro, contudo, existe variação considerável na quantidade de produto necessária para controlar diversas espécies de plantas daninhas, pois algumas são mais difíceis de serem controladas devido a dificuldade do produto em penetrar na planta em razão das camadas cerosas das folhas, e/ou de translocar-se e/ou ao metabolismo do produto. Além disso, atualmente, o glifosato tornou-se uma opção para o controle seletivo de plantas daninhas nas culturas geneticamente modificadas, como por exemplo, na soja RR (OLIVEIRA, 2011; ROMAN et al., 2005).

As principais ações deste herbicida são baseadas na inibição da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), uma enzima-chave na biossíntese de aminoácidos aromáticos como a fenilalanina, tirosina e triptofano (ROMAN et al., 2005; CARVALHO, 2013b). Com isso, ocorre redução na eficiência fotossintética e inibição da síntese de aminoácidos aromáticos. Esses aminoácidos são precursores de outros compostos, como lignina, alcaloides, flavonoides, ácidos benzoicos e outros compostos aromáticos envolvidos em mecanismos de defesa da planta, além de serem requeridos na síntese de proteínas, vitaminas K e E, hormônios (auxina, etileno), antocianina e vários outros metabólitos secundários (CARVALHO, 2013b). Assim como no caso dos inibidores da ALS, a fitotoxicidade não resulta da falta de aminoácidos. A inibição da enzima leva à desregulação do fluxo de carbono na planta e a um acúmulo de compostos intermediários tóxicos (ROMAN et al., 2005; CARVALHO, 2013b).

Da a mesma forma que os inibidores da ALS, os sintomas de intoxicação por inibidores de EPSPs demoram a aparecer, sendo mais aparentes nos pontos de crescimento das plantas. Inicialmente, as plantas paralisam seu crescimento e, posteriormente, murcham,

devido à degradação dos tecidos em função da falta de proteínas. As folhas tornam-se amareladas, descoloridas, seguindo-se o desenvolvimento da cor amarronzada, necrose e morte das plantas em alguns dias ou semanas (ROMAN et al., 2005; CARVALHO, 2013b). Embora seja pouco volátil, pode ocorrer problemas de deriva com alguma frequência, sendo que o potencial de injúria aumentou de forma considerável após a introdução de culturas resistentes ao glifosato e a utilização mais intensiva deste herbicida (OLIVEIRA et al., 2011).

Esse herbicida é largamente utilizado na dessecação das plantas de cobertura e proporciona controle eficiente de um amplo espectro de plantas daninhas, mas não apresenta efeito residual (ALBRECHT et al., 2012). Associações com herbicidas com efeito residual têm sido bastante utilizadas. Misturas de herbicidas para o controle de plantas daninhas são consideradas uma técnica promissora, pois pode controlar maior número de espécies e prevenir a resistência destas espécies a moléculas herbicidas (OLIVEIRA et al., 2011; SANTOS et al., 2016).

Vale ressaltar que um produto só poderá ser realmente eficiente se for aplicado dentro das condições técnicas recomendadas. Isso significa dizer que, ao se falar em controle químico, é necessário pensar não apenas no produto, mas em uma série de fatores que estão envolvidos nesta operação (GAZZIERO et al. 2001; SALVADORI et al., 2016). Dessa forma, para garantir o melhor controle de plantas daninhas, os herbicidas devem ser usados de forma integrada aos demais métodos e práticas culturais indicados para a mesma finalidade.

2.4 Biotecnologia de resistência a herbicidas na cultura da soja

O controle das plantas daninhas é considerado um dos principais pontos críticos dentro do manejo da cultura da soja, visto que a presença dessas plantas pode originar grandes prejuízos econômicos, afetando tanto a produtividade como a colheita. A utilização da biotecnologia de resistência a herbicidas surgiu como uma ferramenta importante para controlar esses agentes e garantir o máximo potencial produtivo da cultura. Segundo Brunharo et al. (2014), além dos benefícios econômicos, as culturas resistentes a herbicidas também trazem facilidade de manejo, eficácia, menor impacto ambiental e maior segurança sanitária.

No Brasil, a cultura da soja apresenta sensíveis avanços tecnológicos. A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), órgão colegiado responsável pela aprovação

de organismos geneticamente modificados (OGM) no Brasil, analisa os eventos que utilizam a biotecnologia para combater plantas invasoras. A primeira soja geneticamente modificada no país foi à soja RR (Roundup Ready) da empresa Monsanto, com evento aprovado no ano 1998 (Comunicado CTNBio nº 54 de 1998) e comercialização iniciada em 2005.

Com o auxílio de avançadas técnicas biotecnológicas, a soja RR, resistente ao herbicida glifosato, foi obtida pela transferência do gene CP4 da *Agrobacterium* sp., naturalmente encontrada no solo, para o DNA da soja. Esse gene codifica a enzima EPSPs (5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase) que tem baixa afinidade pelo glifosato quando comparada às enzimas EPSPs selvagens naturalmente expressas na planta. Na planta, a enzima CP4 EPSPs proporciona uma alternativa para a rota do shiquimato, o que permite que a planta produza os aminoácidos aromáticos e compostos fenólicos normalmente, mesmo quando a rota da enzima nativa é inibida pelo glifosato. Essa característica permite a aplicação do glifosato na pós-emergência da cultura em área total nas doses recomendadas, sem provocar injúrias para a planta cultivada (CTNBio, 1998, MATEUS e SILVA, 2013).

Segundo o Parecer Técnico CTNBio nº 2236 de 2009, a segunda soja liberada geneticamente modificada no país foi à soja CV127 (Cultivance) pela empresa Basf em parceria com a Embrapa Soja, tolerando herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (CTNBio, 2009) contudo ainda não está sendo comercializada.

A terceira e quarta soja transgênica foi a Liberty Link (Soja LL®) (resistentes ao glufosinato) da empresa Bayer aprovada pelos eventos A2704-12 e A5547-127, respectivamente. Segundo o parecer técnico nº 2286 de 2010, o evento A2704-12 possui o gene PAT, responsável pela síntese da enzima fosfinotricina-N-acetiltransferase (PAT), que catalisa a conversão de L-fosfinotricina (glufosinato de amônio) a produtos não tóxicos, inativando o ingrediente ativo e, deste modo, conferindo à planta a característica de resistência ao herbicida. O gene PAT utilizado foi uma versão modificada do gene isolado da bactéria natural do solo, *Streptomyces viridochromogenes*, que foi inserido nas células vegetais utilizando o processo de transformação via biobalística (CTNBio, 2010a). Plantas com a proteína PAT em níveis adequados permitem aplicações de glufosinato de amônio até três vezes mais que a dosagem recomendada para o uso no campo. Considerando o Parecer Técnico nº 2273 de 2010, a soja Liberty Link da empresa Bayer caracterizada pelo evento A5547-127 também obteve a inserção do gene PAT em seu DNA, plantas com o evento A2704-12 e o evento A5547-127 não diferem entre si na transgenia, apenas há diferença na classificação pelo grupo de maturação da soja no Brasil (CTNBio, 2010b, MATHEUS & SILVA, 2013). A tecnologia Liberty Link passou a ser comercializada no ano 2016.

A quinta liberação foi para a soja Intacta RR2 PRO da empresa Monsanto. O parecer técnico nº 2542/2010, mostra que essa soja transgênica foi liberada para comercialização, mostrando além da resistência ao glifosato, resistência às lagartas, a lagarta comum da soja (*Anticarsia gemmatalis*), a falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*) e (*Rachiplusia nu*) e a broca-das-axilas (*Crociosema aporema*). (CTNBio, 2010c). Novos eventos de sojas transgênicas resistentes a outros herbicidas foram liberados para comercialização entre 2015 e 2017, mas ainda não estão disponíveis para os produtores rurais (CTNBio, 2017).

Percebe-se que a busca por novas tecnologias de resistência a herbicidas vem sendo uma das alternativas mais visadas pelas empresas que almejam cada vez mais aumentar a produtividade e facilitar o manejo de plantas daninhas. Contudo, existe a necessidade do uso racional de tais tecnologias, sempre as utilizando de forma integrada com outras práticas de manejo. Deve-se considerar o estudo de programas de manejo que possam associar diferentes mecanismos de ação de herbicidas em aplicações de pré e pós-emergência, tanto para evitar o aparecimento de biótipos resistentes como para remediar a seleção já ocorrida, de modo que essa diversificação de modos de ação resulta na redução do banco de sementes do solo (BRUNHARO et al., 2014). Outra questão que deve ser considerada é que o uso de tais tecnologias agrega também custos de produção que precisam ser avaliados dentro do planejamento da lavoura.

2.5 Análise econômica da cultura da soja

A produção na atividade agrícola requer escolhas racionais e a utilização eficiente dos fatores produtivos. Dessa forma, o conhecimento do custo da produção agrícola é essencial para a gestão do empreendimento rural, sendo uma ferramenta de controle e gerenciamento das atividades produtivas e de geração de importantes informações para subsidiar as tomadas de decisões pelos produtores rurais. Esse processo de tomada de decisão reflete no seu custo total, que, por sua vez, impacta os resultados da atividade. Para tanto, é fundamental o produtor conhecer a viabilidade econômica de seu negócio, para que possa gerenciar sua propriedade de forma clara, objetiva e com sustentabilidade (AGROLINK, 2018).

O domínio da tecnologia e do conhecimento dos gastos com os insumos e serviços em cada fase produtiva da lavoura é fundamental para a administração eficiente e eficaz de uma unidade produtiva agrícola, sendo o custo um indicador importante para as escolhas do produtor. Neste sentido, é imprescindível o conhecimento da lógica dos custos e da

produção, seus conceitos, funções e componentes (CONAB, 2010). Com levantamento correto dos custos de produção pode-se determinar a lucratividade, ou seja, o quanto o produtor tem de renda, após serem descontados os custos de produção.

Os resultados dos custos de produção estão fortemente relacionados com os sistemas de cultivo e o modelo agrícola adotado pelo produtor rural e podem variar por diversos motivos, como a utilização intensiva ou não de tecnologia, volume de produção e o preço dos insumos (CONAB, 2010). A tecnologia utilizada no processo produtivo de determinado produto agrícola determina quais insumos, qual quantidade e de que forma os mesmos serão envolvidos neste processo. Assim, na produção agrícola, os preços e as quantidades de insumos determinarão os custos totais e, em vista das diferentes possibilidades de utilização desses fatores, é possível combiná-los de forma adequada para reduzir os custos de produção (AGROLINK, 2018).

O custo de produção é composto pela soma de todos os recursos e operações utilizados durante o processo produtivo. No setor agropecuário o critério mais utilizado para a classificação dos custos é aquele que considera a variação quantitativa dos insumos de acordo com o volume produzido. Nessa forma de classificação os custos podem ser variáveis ou fixos, sendo o custo total a soma dos custos fixos e dos custos variáveis de produção (AGROLINK, 2018).

Os custos fixos são aqueles que tendem a se manterem constantes frente às alterações de nível de produção. Dentre os mais importantes nessa categoria enquadram-se, terras, benfeitorias, máquinas, impostos e taxas fixas. Já os custos variáveis são aqueles que variam com a quantidade produzida. São exemplos deles os gastos com insumos de modo geral (sementes, fertilizantes, defensivos, operações mecanizadas); serviços prestados por mão-de-obra temporária, serviços de máquinas e equipamentos executados, dentre outros (CONAB, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos de forma concomitante durante o ano agrícola 2016/17 e repetidos no ano agrícola 2017/18. Os experimentos foram conduzidos a campo, no Centro Tecnológico (CETEC) da empresa Três Tentos Agroindustrial S/A, situada no município de Santa Bárbara do Sul na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

A área onde foram conduzidos os experimentos localiza-se na latitude 28°38'72" S e longitude 53°25'80" W, foi realizada a análise química do solo, antes da instalação dos experimentos com o seguinte resultado: $\text{pH}_{\text{água}} = 5,8$; $\text{Al} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 4,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{P (Melich)} = 38,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 192 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 4,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{S} = 4,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{CTC}_{\text{efetiva}} = 6,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{CTC}_{\text{pH7,0}} = 11,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{V} = 60\%$; $\text{M.O} = 2,4 \%$ e Argila 45%.

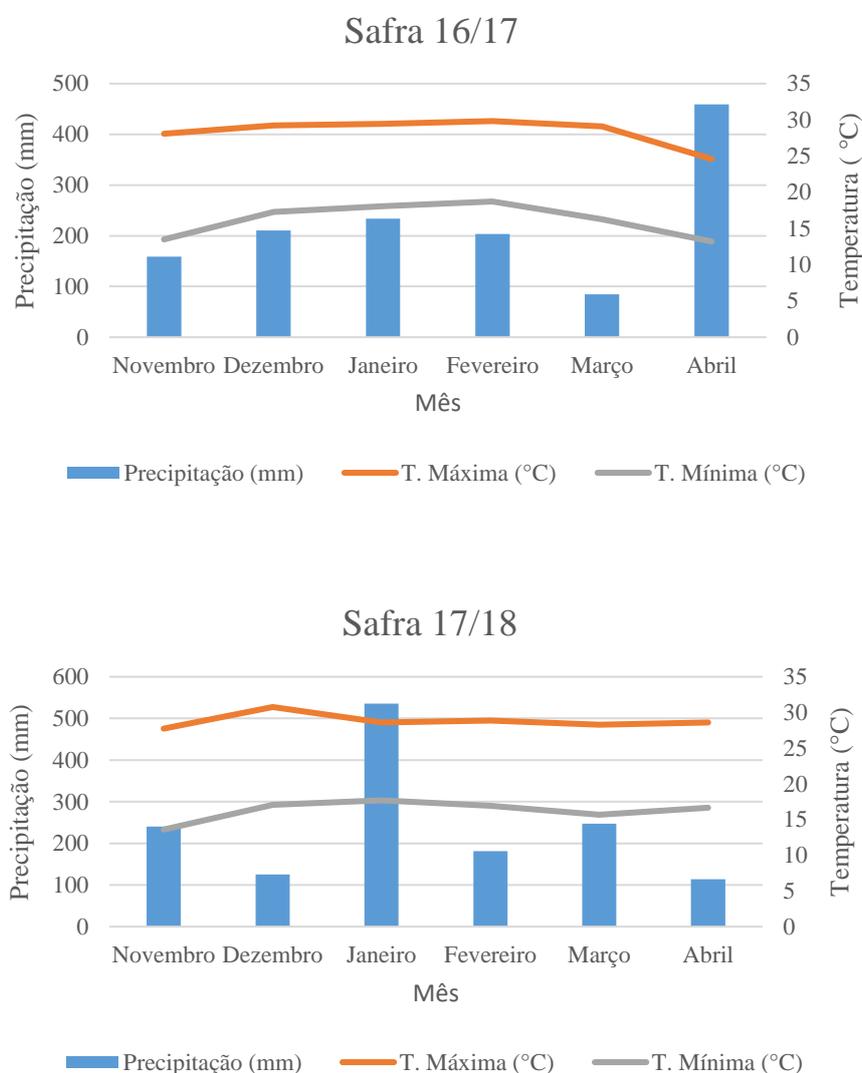
Os dados de precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima, referentes ao período de duração dos experimentos foram coletados diariamente e processados com auxílio da ferramenta Agroclima PRO da empresa BASF, conforme Figura 2; sendo importante destacar a data de semeadura e colheita do experimento I, que foram: Safra 2016/17, semeadura em 19/11/16 e colheita em 06/04/17; já na safra 2017/18, semeadura em 24/11/17 e colheita em 17/04/18. Em relação ao Experimento II, a semeadura foi realizada na safra 2016/17 no dia 19/11/16 e para a safra 2017/18 no dia 24/11/17.

Para a dessecação pré-plantio em ambos os anos agrícolas foram aplicados os seguintes produtos: glifosato na dose de $1.080 \text{ g.e.a. ha}^{-1} \text{ L ha}^{-1}$, saflufenacil na dose de $49 \text{ g.i.a. ha}^{-1}$ e adjuvante. Contudo, no primeiro ano (2016) foi realizado uma dessecação prévia com glifosato, na dose de $1.080 \text{ g.e.a. ha}^{-1}$, seguida da aplicação sequencial com a utilização dos produtos descritos anteriormente.

O emprego das práticas de adubação, instalação da cultura e manejos fitossanitários foram realizados de acordo com as recomendações técnicas da cultura descritas na Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (SALVADORI, 2016). Para ambos os anos agrícolas a semeadura da soja foi realizada no mês de novembro, com auxílio de uma semeadora adubadora de cinco linhas, para plantio direto, modelo Massey Ferguson 206, com espaçamento entre linhas de 50 cm e regulada para distribuir 13,5 sementes aptas por metro linear. Foi utilizado o sistema de semeadura direta, semeando-se a soja na resteva da cultura anterior, aveia preta (*Avena sativa*) no ano 2016 e trigo (*Triticum aestivum*) no ano 2017. Para a realização dos tratos culturais, foi utilizado um pulverizador terrestre hidráulico da

marca JACTO, modelo Condor 800 AM 14, providos de pontas de pulverização Jacto Cone Vazio (ATR 80), com volume de calda de 100 L.ha⁻¹. Nos dois anos agrícolas, a aspersão da calda herbicida com os tratamentos foi realizada com um pulverizador costal, pressurizado com CO₂, dotado de uma barra de pulverização de 2,5 m de largura com seis pontas tipo leque (TT 110015) a um volume de calda equivalente a 100 L.ha⁻¹, em condições ambientais adequadas para aplicação.

Figura 2. Representação da precipitação (mm) e temperaturas médias (°C) (máxima e mínima), para o período referente ao ciclo da cultura da soja, no município de Santa Bárbara do Sul-RS, safra 2016/17 e safra 2017/18.



Fonte: Autor (2019)

No experimento I para as safras 2016/17 e 2017/18 as aplicações com os herbicidas pré-emergentes foram realizadas respectivamente no dia 22/11/16 (umidade relativa (UR) =

60%; velocidade do vento (vv) = 9 Km h⁻¹; temperatura (T) = 20,5 °C e dia 27/11/17 (UR = 75%; vv = 6 Km h⁻¹; (T) = 21 °C), já as aplicações dos herbicidas pós emergentes foram realizadas respectivamente para as safras 2016/17 e 2017/18 nos dias 20/12/16 (UR = 82%; vv = 4 Km h⁻¹; (T) = 24 °C) e 22/12/17 (UR = 85 %; vv = 6 Km h⁻¹; (T) = 24,5°C).

No experimento II, as aplicações de herbicidas para controle de soja foram realizadas respectivamente no dia 20/12/16 (UR = 82%; vv = 4 Km h⁻¹; (T) = 24 °C) e 22/12/17 (UR = 85 %; vv = 6 Km h⁻¹; (T) = 24,5°C).

Em ambos os experimentos, utilizou-se as cultivares de soja BRS 284 (Convencional) Brasmax Garra-63I64RSF IPRO (RR 2) e CZ16B39LL (LL), com algumas características inerentes dessas cultivares descritas no Apêndice A.

3.1 Experimento I: Controle de plantas daninhas utilizando cultivares de soja com diferentes tecnologias de resistência a herbicidas.

Esse experimento foi composto por 12 tratamentos resultantes da combinação dos fatores, Cultivar de Soja (Convencional, cultivar BRS 284; Roundup Ready2 Intacta, cultivar Brasmax Garra-63I64RSF IPRO[®] e Liberty Link[®], cultivar CZ16B39LL) com diferentes controles de plantas daninha. Testou-se duas formas de controle com herbicidas (Manejo 1 e Manejo 2) descritas na Tabela 1; uma forma de controle com capinas ou arranquio manual, visando manter livre da interferência das plantas daninhas (Testemunha limpa); e uma testemunha sem o controle das plantas daninhas (Testemunha infestada). O experimento fatorial (3 x 4) seguiu o delineamento experimental em blocos ao acaso com 6 repetições. A área de cada parcela experimental foi de 16,5 m² (3 m de largura X 5,5 m de comprimento), constando de cinco fileiras de soja, espaçadas de 0,5 m.

No primeiro ano agrícola, visando homogeneizar a área com plantas daninhas, foram semeadas milhã (*Digitaria horizontalis*), caruru (*Amaranthus retroflexus*) e corda de viola (*Ipomoea grandifolia*). A semeadura foi realizada com uma semeadora adubadora de cinco linhas, modelo Massey Ferguson 206, com espaçamento entre linhas de 50 cm. Para o segundo ano agrícola, não foi semeado plantas daninhas na área, pois a mesma apresentava maior uniformidade de infestantes na área experimental.

Na Tabela 1 estão representados, para cada cultivar, os herbicidas pré e pós-emergentes que foram utilizados nos tratamentos referentes ao Manejo 1 e Manejo 2, sendo o Manejo 1 a recomendação da empresa obtentora da tecnologia e o manejo 2 uma

recomendação alternativa usual. As aplicações dos herbicidas foram realizadas logo após a semeadura (herbicidas pré-emergentes) e aos 28 dias após a semeadura da cultura (herbicidas pós-emergentes).

Tabela 1. Tratamentos utilizados para o controle de plantas daninhas, com as aplicações dos herbicidas logo após a semeadura (herbicidas pré-emergentes) e aos 28 dias após a semeadura da cultura (herbicidas pós-emergentes).

Controle	Herbicidas* Pré-emergentes	Dose (g.i.a. ha ⁻¹)	Herbicidas* Pós-emergentes	Dose (g.i.a. ha ⁻¹) ou (g.e.a. ha ⁻¹)**
<i>Soja convencional, Cultivar BRS 284</i> ⁽¹⁾				
Manejo 1	Imazetapir Flumioxazin	100 50	Cletodim Clorimurrom	84 10
Manejo 2	Diclosulam	29,4	Bentazona Cletodim	600 84
Testemunha limpa	-		-	-
Testemunha infestada	-		-	-
<i>Soja Roundup Ready2 Intacta, Cultivar Brasmax Garra-63164RSF IPRO</i> ⁽²⁾				
Manejo 1	Flumioxazin	60	Glifosato	1.080 **
Manejo 2	Diclosulam	29,4	Glifosato	1.080 **
Testemunha limpa	-		-	-
Testemunha infestada	-		-	-
<i>Soja Liberty Link, cultivar CZ16B39LL</i> ⁽³⁾				
Manejo 1	Imazetapir Flumioxazin	100 50	Glufosinato	500
Manejo 2	Diclosulam	29,4	Glufosinato Cletodim	400 84
Testemunha limpa	-		-	-
Testemunha infestada	-		-	-

⁽¹⁾ Soja Convencional: sem modificação genética; ⁽²⁾ Soja RR 2: resistente ao herbicida glifosato; ⁽³⁾ Soja Liberty Link: resistente ao herbicida glufosinato.

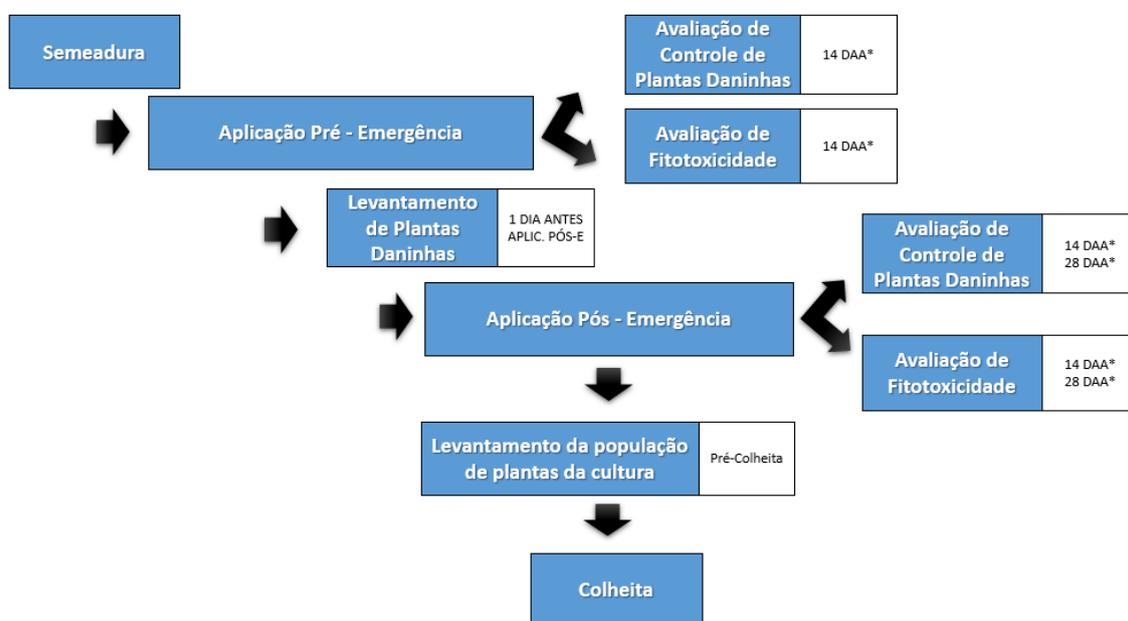
*Nome comercial dos herbicidas utilizados: Brasagran[®] (bentazona); Classic[®] (clorimurrom-etílico); Liberty[®] (glufosinato de amônio); Pivot[®] (imazetapir); Poquer[®] (cletodim); Roundup WG[®] (glifosato); Spider[®] (diclosulam); Sumisoya[®] (flumioxazin). Adjuvantes conforme recomendação do fabricante.

Determinou-se o controle de plantas daninhas, fitotoxicidade na cultura da soja, densidade de plantas daninhas, população e rendimento de grãos de soja (Figura 3). O controle de plantas daninhas e a fitotoxicidade a cultura foram determinados aos 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) com herbicidas pré-emergentes e aos 14 e 28 DAA com herbicidas pós-emergentes. As duas variáveis foram avaliadas visualmente utilizando escala percentual, na qual, “0” representa a ausência de controle da planta daninha ou de sintomas

de fitotoxicidade à cultura e “100” representa a morte de todas as plantas daninhas ou das cultivadas (FRANS et al., 1986).

O levantamento das plantas daninhas e da população de plantas de soja foi realizado através da contagem das plantas contidas no interior de um retângulo de 0,5 m x 2,0 m, área útil de 1 m². O rendimento de grãos de soja foi estimado através da colheita mecanizada das três linhas centrais, com auxílio de uma colheitadeira de parcelas experimentais. Após a colheita, os grãos foram pesados para estimativa do rendimento em Kg ha⁻¹, corrigindo-se o rendimento de grãos para teor de umidade de 13%.

Figura 3. Representação esquemática das etapas do Experimento 1.



Fonte: Autor (2019).

* DDA= Dias após a aplicação

3.2 Experimento II: Controle de soja voluntária com herbicidas pós-emergentes

Esse experimento foi dividido em três ensaios, um para cada cultivar utilizada (Convencional, cultivar BRS 284; Roundup Ready2 Intacta, cultivar Brasmax Garra-63I64RSF IPRO; e Liberty Link, cultivar CZ16B39LL) sendo os tratamentos utilizados no controle de soja voluntária descritos na Tabela 2. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo a área de cada parcela experimental de 18 m² (3 m de largura X 6 m de comprimento). A aplicação dos herbicidas foi realizada quando as plantas de soja se encontravam em estágio de desenvolvimento V4 (terceira folha trifoliolada) segundo a escala Fehr e Cavines (1977).

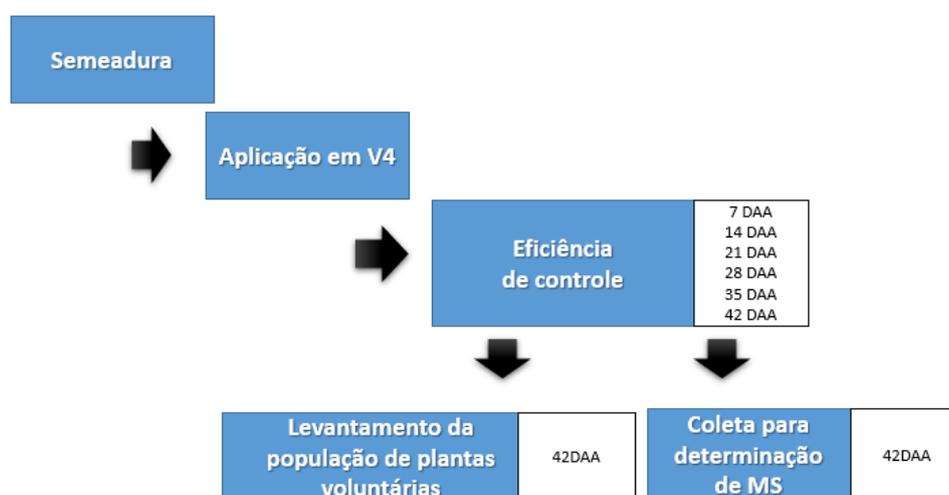
Tabela 2. Tratamentos aplicados em pós-emergência (V4) em soja voluntária nos três ensaios experimentais.

Herbicida*	Dose (g.i.a. ha ⁻¹) ou (g.e.a. ha ⁻¹)**
Testemunha	-
Glifosato	720 **
2,4-D	670**
MCPA	360**
Metsulfuron	2,4
Paraquat	300
Diquat	200
Glufosinato	400
Saflufenacil	49

*Nome comercial dos herbicidas utilizados: Roundup WG[®] (glifosato); DMA[®] (2,4-D); Agritone[®] (MCPA); Ally[®] (metsulfurom-metilico); Helmozone[®] (paraquat); Reglone[®] (Diquat); Finale[®] (glufosinato de amônio) e Heat[®] (saflufenacil). Adjuvantes conforme recomendação do fabricante.

As etapas e as avaliações (eficiência de controle da soja, população de plantas, coleta das plantas para análise de matéria seca) encontram-se descritas na Figura 4. A eficiência de controle da soja voluntária foi avaliada visualmente utilizando escala percentual (FRANS et al., 1986). O levantamento de população de plantas voluntárias foi feito aos 42 DAA por contagem das plantas numa área de 1m², com posterior coleta manual das plantas para determinação da matéria seca (MS). As amostras coletadas foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C, até atingirem massa constante. Na sequência as amostras foram pesadas para estimativa da matéria seca, sendo os resultados expressos em g m⁻².

Figura 4. Representação esquemática das etapas do Experimento 2.



Fonte: Autor (2019).

Onde: DAA: dias após a aplicação dos tratamentos; V4: plantas de soja com a terceira folha trifoliolada.

3.3 Análise econômica

O objetivo do trabalho foi fazer uma análise comparativa de custo-benefício, a fim de avaliar as condições experimentais que possibilitariam um melhor retorno econômico para o produtor rural. Os tratamentos Testemunha limpa e Testemunha infestada foram empregados apenas como controles experimentais e não foram considerados na análise econômica.

Para o cálculo da análise econômica foram utilizadas as seguintes variáveis: rendimento de grãos, custo das sementes tratadas já incluindo os Royalties (Soja IPRO), custo dos herbicidas e o custo da aplicação dos herbicidas (Quadro 1). Os demais custos operacionais e relacionados aos tratos culturais não diferiram entre os tratamentos, e por isso, não foram considerados na análise. Ressalta-se que, embora o Cultivar Garra IPRO seja resistente a lagartas, foram aplicados os mesmos inseticidas para todos os tratamentos devido à grande incidência de lagartas do gênero *Spodoptera*. Para avaliar o custo do experimento II foi considerado o herbicida que apresentou melhor eficiência de controle da planta voluntária e menor custo.

Quadro 1. Variáveis consideradas na análise econômica.

Experimentos	Variáveis consideradas	
<p style="text-align: center;">I (manejos 1 e 2)</p>	<p style="text-align: center;"><i>Receita Kg ha⁻¹</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rendimento de Grãos (Kg ha⁻¹) 	<p style="text-align: center;"><i>Custos em Kg ha⁻¹</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Semente ▪ Custo herbicidas ▪ Custo aplicação herbicidas
<p style="text-align: center;">II (controle soja voluntária)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Custo em Kg ha⁻¹ do herbicida que apresentou maior eficiência e menor custo (R\$ ha⁻¹) nos dois anos agrícolas. 	

O rendimento de grãos foi calculado e transformado em kg de soja por hectare (Kg ha⁻¹) e os custos das sementes e dos herbicidas foram baseados na tabela de preço do mês de setembro de cada ano da empresa Três Tentos Agroindustrial S/A (Apêndice B). Para se obter uma rentabilidade líquida (Kg ha⁻¹), tais custos foram convertidos em Kg ha⁻¹ utilizando a média do preço do soja balcão comercializado no mês de março de cada ano na região de Santa Bárbara do Sul – RS pela mesma empresa, sendo considerados os valores de R\$ 62,00 o saco de soja para o primeiro ano agrícola e R\$ 69,00 para o segundo ano. Já os

dados para compor os custos de operações agrícolas foram utilizados pela Companhia Nacional de Abastecimento - Conab para a safra 2017/2018, sendo utilizado o valor de R\$ 14,00 ha⁻¹ para cada entrada de aplicação dos herbicidas considerados. A fórmula abaixo exemplifica o cálculo final para o rendimento líquido em grãos considerando as variáveis experimentais mencionadas.

$$\mathbf{RG_{líq} = (RG_{bruto} - CExp1) - (CExp2)}$$

Sendo que:

RG_{líq} = Rendimento líquido em grãos (Kg ha⁻¹)

RG_{bruto} = Rendimento bruto em grãos (Kg ha⁻¹)

CExp1 = Custos Experimento 1

CExp2 = Custos Experimento 2

3.4 Análise estatística

Os resultados das variáveis avaliadas no experimento foram submetidos à análise de variância e para diferenças significativas pelo teste F, a 5% de probabilidade do erro, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Controle de plantas daninhas utilizando cultivares de soja com diferentes tecnologias de resistência a herbicidas

Na Tabela 3 encontram-se os resultados obtidos na avaliação do controle de plantas daninhas nos experimentos referentes as safras 2016/17 e 2017/18. De acordo com a escala de eficiência de Frans et al. (1986) (Apêndice A), considerou-se como eficiente os tratamentos com média de controle superior a 80% (80-89%, controle satisfatório a bom; 90-99%, controle muito bom a excelente; 100%, controle total). Utilizou-se como herbicidas pré-emergentes no Manejo 1 para as cultivares BRS 284 e CZ16B39 LL o imazetapir (100 g.i.a.ha⁻¹) e o flumioxazin (50 g.i.a.ha⁻¹) e para a cultivar Garra IPRO o flumioxazin (60 g.i.a.ha⁻¹); já para o Manejo 2 foi utilizado o diclosulam (29,4 g.i.a.ha⁻¹) para as três cultivares em estudo. Notou-se que a aplicação desses herbicidas pré-emergentes propostos para cada cultivar nos Manejos 1 e 2 apresentou controle satisfatório a muito bom (80-90%) desde a emergência da cultura da soja até a aplicação dos herbicidas pós-emergentes nas duas safras. Tal controle é importante para o estabelecimento da cultura livre de plantas daninhas, pois estas competem com a soja por luz, nutrientes e água e reduzem o seu potencial produtivo (PITELLI, 1985). Além disso, o controle eficiente dos herbicidas pré-emergentes possibilita postergar e/ou reduzir o número de aplicações de herbicidas em pós-emergência da cultura da soja, pois seu efeito residual proporciona o controle de diferentes fluxos de emergência de plantas daninhas que estão no banco de sementes no solo (OLIVEIRA et al., 2011), o que reflete diretamente na renda do produtor rural.

Foram utilizados como herbicidas pós-emergentes para a cultivar BRS 284 no Manejo 1 o cletodim (84 g.i.a.ha⁻¹) e o clorimuron (10 g.i.a.ha⁻¹) e para o Manejo 2 a bentazona (600 g.i.a.ha⁻¹) e o cletodim (84 g.i.a.ha⁻¹); para a cultivar Garra IPRO em ambos os manejos foi utilizado o glifosato (1080 g.e.a ha⁻¹); e para a cultivar CZ16B39 LL no Manejo 1 foi utilizado glufosinato (500 g.i.a.ha⁻¹) e no Manejo 2 além do glufosinato (400 g.i.a.ha⁻¹) o cletodim (84 g.i.a.ha⁻¹). De forma semelhante aos herbicidas pré-emergentes, os herbicidas pós-emergentes utilizados nos Manejos 1 e 2 de cada cultivar, apresentaram controle excelente das plantas daninhas aos 14 e 28 DAA, com médias acima de 90%. Além disso, os referidos herbicidas pós-emergentes utilizados em ambos os manejos não diferiram de forma significativa entre eles e nem em relação ao tratamento Testemunha limpa.

Contudo, quando comparados ao tratamento Testemunha infestada, demonstrou-se diferença significativa em relação ao controle das plantas daninhas.

Tabela 3. Controle de Plantas Daninhas (%) nos experimentos referentes as safras 2016/17 e 2017/18.

Tratamentos	Cultivares			Média
	BRS 284	Garra IPRO	CZ16B39 LL	
Safra 2016/17				
14 DAA* em Pré-emergência				
Manejo 1	87	86	86	86b
Manejo 2	86	89	90	89b
Testemunha limpa	98	97	95	96a
Testemunha infestada	81	77	80	79c
Média	88A	87A	88A	
CV (%)		3,8		
14 DAA em Pós-emergência				
Manejo 1	98Aa	98Aa	99Aa	-
Manejo 2	99Aa	99Aa	99Aa	-
Testemunha limpa	99Aa	93Aa	99Aa	-
Testemunha infestada	64Ab	3Cb	39Bb	-
Média	-	-	-	
CV (%)		12,1		
28 DAA em Pós- emergência				
Manejo 1	99	98	98	98a
Manejo 2	98	98	98	98a
Testemunha limpa	97	96	97	97a
Testemunha infestada	6	0	5	4b
Média	75 ^a	73A	75A	
CV(%)		4,4		
Safra 2017/18				
14 DAA em Pré – emergência				
Manejo 1	81	85	81	82b
Manejo 2	86	80	86	84b
Testemunha limpa	99	98	98	98a
Testemunha infestada	79	73	76	76c
Média	86 ^a	84A	85A	
CV (%)		6,7		
14 DAA em Pós- emergência				
Manejo 1	92	94	92	93a
Manejo 2	92	95	95	94a
Testemunha limpa	97	97	98	97a
Testemunha infestada	22	0	0	7b
Média	76 ^a	71A	71A	
CV (%)		13,6		
28 DAA em Pós- emergência				
Manejo 1	88	95	97	93a
Manejo 2	94	96	96	96a
Testemunha limpa	97	93	96	96a
Testemunha infestada	14	0	17	10b
Média	73 ^a	71A	77A	
CV (%)		16,9		

*DAA = dias após a aplicação.

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O fator cultivar não apresentou entre si diferenças significativas no controle de plantas daninhas, sendo apenas observado que a cultivar Garra IPRO na safra 2016/17 teve seu estabelecimento prejudicado por fatores externos não identificados, e algumas parcelas tiveram baixo estande de plantas, o que refletiu na maior infestação de plantas daninhas encontrada para Testemunha infestada na avaliação aos 14 DAA em pós-emergência.

De forma geral, os resultados mostram que ambos os manejos propostos poderiam ser adotados para os cultivares de soja estudados, tanto os geneticamente modificados ou não, sendo a escolha condicionada a outras variáveis, como a produtividade e o custo do produto químico.

Na Tabela 4 estão representados os resultados obtidos para a população de plantas daninhas avaliada no dia anterior a aplicação dos herbicidas em pós-emergência da cultura da soja. Observou-se diferença significativa na população inicial de plantas daninhas, sendo que as parcelas que receberam aplicação de herbicidas pré-emergentes apresentaram menor infestação dessas nas duas safras, quando comparadas a Testemunha infestada. Tal resultado vai de encontro ao relatado na avaliação do % de controle de plantas daninhas (Tabela 3).

Tabela 4. População de plantas daninhas (plantas m⁻²) aos 21 dias após a aplicação dos herbicidas pré-emergentes, referentes as safras 2016/17 e 2017/18.

Tratamentos	Cultivares			Média
	BRS 284	Garra IPRO	CZ16B39 LL	
<i>Safra 2016/17</i>				
Manejo 1	5,7Abc	14,0Ab	8,0Abc	-
Manejo 2	10,0Aab	9,7Ab	10,0Ab	-
Testemunha limpa	0,0Ac	0,0Ac	0,0Ac	-
Testemunha infestada	17,7Ca	40,3Aa	29,0Ba	-
Média	-	-	-	-
CV (%)	51,3			
<i>Safra 2017/18</i>				
Manejo 1	40,6	30,4	29,5	36,5b
Manejo 2	28,3	31,4	25,8	28,5b
Testemunha limpa	0,0	0,5	0,0	0,2b
Testemunha infestada	45,5	56,0	50,8	50,8a
Média	28,6A	29,6A	26,5 ^a	
CV (%)	41,9			

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na primeira safra nota-se que a população de plantas daninhas é menor quando comparado com a safra subsequente, porém, composta por comunidades infestantes mais competitivas com a cultura da soja – milhã (*Digitaria horizontalis*), caruru gigante (*Amaranthus retroflexus*) e corda de viola (*Ipomoea grandifolia*), as quais foram selecionadas e semeadas uniformemente na área experimental. Já no segundo ano agrícola,

não foi realizada semeadura de espécies selecionadas, sendo a principal planta daninha na fase inicial, o trigo (*Triticum aestivum*), cultura antecessora da soja na área experimental, a qual apresentou grande número de plantas dessa espécie.

Os resultados de fitotoxicidade dos herbicidas na cultura da soja utilizados nos diferentes manejos nos dois anos agrícolas encontram-se descritos na Tabela 5. Embora exista algumas diferenças estatísticas entre cultivares e tratamentos, os valores encontrados de fitotoxicidade não excederam a 10,3% para a cultura da soja, apresentando no máximo injúrias classificadas por Frans et al. (1986) como ligeira descoloração ou atrofia (Apêndice A). Considerando que apenas valores acima de 40% podem ocasionar risco de fitotoxicidade (FRANS et al., 1986), os resultados demonstram a segurança de se utilizar em pré ou pós emergência os herbicidas e suas respectivas doses propostas no presente trabalho.

Tabela 5. Fitotoxicidade à cultura (%) nos experimentos referentes as safras 2016/2017 e 2017/2018.

Tratamentos	Cultivares			Média
	BRS 284	Garra IPRO	CZ16B39 LL	
Safra 2016/17				
14 DAA* em Pré-emergência				
Manejo 1	1,8	0,7	0,8	1,1a
Manejo 2	0,8	0,5	0,5	0,6ab
Testemunha limpa	0,3	0,7	0,2	0,4b
Testemunha infestada	0,2	0,0	0,0	0,1b
Média	0,8A	0,5A	0,4 ^a	
CV (%)	118,2			
14 DAA em Pós-emergência				
Manejo 1	10,3Aa	4,3Ba	2,0Ba	-
Manejo 2	2,0Ab	3,8Aab	2,8Aa	-
Testemunha limpa	1,2Ab	1,0Abc	0,5Aa	-
Testemunha infestada	0,7Ab	0,5Ac	0,2Aa	-
Média	-	-	-	
CV (%)	86,7			
28 DAA em Pós-emergência				
Manejo 1	1,8	0,7	0,3	0,9a
Manejo 2	0,5	0	0,7	0,4ab
Testemunha limpa	0	0	0	0b
Testemunha infestada	0	0	0,7	0,2ab
Média	0,6A	0,2A	0,4 ^a	
CV (%)	211,5			
Safra 2017/18				
14 DAA em Pré-emergência				
Manejo 1	6,7	6,7	4,7	6,0a
Manejo 2	5,3	6,2	3,8	5,1a
Testemunha limpa	5,7	4,3	5,0	5,0a
Testemunha infestada	6,5	6,3	5,5	6,1a

Tratamentos	Cultivares			Média
	BRS 284	Garra IPRO	CZ16B39 LL	
Média	6,0A	5,9A	4,7 ^a	
CV (%)	37,7			
14 DAA em Pós-emergência				
Manejo 1	2,2	1,2	2,2	1,8a
Manejo 2	3,8	0,3	1,5	1,9a
Testemunha limpa	0	0	1,5	0,5a
Testemunha infestada	1,8	0,8	3,0	1,9a
Média	2,0A	0,6B	2,0A	
CV (%)	107,4			
28 DAA em Pós- emergência				
Manejo 1	2,8	2,7	2,3	2,6ab
Manejo 2	3,7	1,3	1,0	2,0ab
Testemunha limpa	0,7	1,0	2,0	1,2b
Testemunha infestada	5,7	2,3	5,0	4,3a
Média	3,2A	1,8A	2,6 ^a	
CV (%)	119,6			

*DAA = dias após a aplicação.

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para o rendimento de grãos de soja e a população de plantas da cultura nas safras 2016/17 e 2017/18 estão representados na Tabela 6. No primeiro ano experimental não foram observadas diferenças significativas nas produtividades de grãos de soja entre os Manejos 1 e 2 propostos dentro da mesma cultivar, os quais mostraram-se tão eficientes quanto a Testemunha limpa e melhores ($p < 0,05$) que a Testemunha infestada. De forma semelhante, a presença da tecnologia de resistência a herbicidas não exerceu influência significativa sobre o rendimento de grãos nesse ano agrícola, indicando que a utilização dos cultivares geneticamente modificados não significa aumento de produtividade. Contudo, no segundo ano de experimento a média de produtividade de todos os tratamentos mostrou-se significativamente maior para a cultivar que apresenta resistência ao herbicida glifosato (Garra IPRO). Possivelmente, um dos fatores que contribuiu para essa maior produtividade na safra 2017/2018, deve-se ao fato da espécie infestante predominante no segundo ano agrícola (*Triticum aestivum*) ser mais susceptível ao herbicida glifosato aplicado em pós-emergência da cultura da soja utilizado nos Manejos 1 e 2 da cultivar Garra IPRO, quando comparado aos demais herbicidas utilizados nos manejos das outras cultivares.

Analisando-se a produtividade entre os anos agrícolas para o tratamento Testemunha infestada, o menor valor observado para safra 2016/17 pode ser justificado pelas espécies de

plantas daninhas presentes nesse ano agrícola serem mais competitivas do que o trigo, espécie predominante no segundo ano. Nesse sentido, a presença de comunidades de plantas infestantes mais competitivas apresentou maior interferência no desenvolvimento da cultura da soja, o que refletiu nos menores valores obtidos de rendimento de grãos para a Testemunha infestada na safra 2016/17.

Em relação a população de plantas da cultura da soja, nota-se que para os dois anos agrícolas não houve diferença entre os tratamentos e cultivares, exceto o Garra IPRO que apresentou menores valores na safra 2016/17 para o Manejo 2 e Testemunha infestada. Isso pode estar relacionado ao fato do seu estabelecimento ter sido comprometido por alguns fatores externos não identificados, conforme já mencionado anteriormente, o que refletiu no menor estande de plantas em algumas parcelas experimentais.

Tabela 6. Rendimento de grãos (Kg ha⁻¹) e população de plantas m² nos experimentos referentes as safras 2016/2017 e 2017/2018.

Controle	Cultivares			Média
	BRS 284	Garra IPRO	CZ16B39 LL	
Safra 2016/17				
<i>Rendimento de grãos</i>				
Manejo 1	4795Aa	4451Aa	4910Aa	-
Manejo 2	4643Aa	4908Aa	4623Aa	-
Testemunha limpa	4460Aa	4448Aa	4721Aa	-
Testemunha infestada	1969Ab	1301Bb	2479Ab	-
Média	-	-	-	-
CV (%)	10			
<i>População de plantas</i>				
Manejo 1	23,7Aa	20,0Ba	20,0Bb	-
Manejo 2	24,3Aa	18,3Ba	23,3Aa	-
Testemunha limpa	23,3Aa	21,0Aa	22,0Aab	-
Testemunha infestada	24,0Aa	19,0Ba	23,7Aa	-
Média	-	-	-	-
CV (%)	9,7			
Safra 2017/18				
<i>Rendimento de grãos</i>				
Manejo 1	4457	4764	4553	4592a
Manejo 2	4146	4673	4365	4395b
Testemunha limpa	4158	4524	4328	4336b
Testemunha infestada	4119	4165	4091	4125c
Média	4220B	4532A	4334B	
CV (%)	3,9			
<i>População de plantas</i>				
Manejo 1	22,3	21,3	21,0	21,5a
Manejo 2	20,0	21,7	20,7	20,8a
Testemunha limpa	20,7	20,7	21,0	20,8a
Testemunha infestada	22,0	21,7	20,0	21,2a
Média	21,2A	21,3A	20,7 ^a	
CV (%)	10,1			

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2 Controle de soja voluntária com herbicidas pós-emergentes

Um dos principais problemas referenciados em áreas cultivadas com soja geneticamente modificada é a dificuldade de controlar as plantas voluntárias dessa espécie, também conhecida como soja guaxa ou tiguera, as quais emergem naturalmente após a operação da colheita mecanizada (LIMA et al., 2011). Os resultados encontrados para o controle químico de soja voluntária BRS 284, Garra IPRO e CZ16B39 LL estão representados na Tabela 7. Embora vários herbicidas tenham mostrado eficiência de controle satisfatória a excelente (80 - 99%) em pelo menos uma das safras na última avaliação (42 DAA), houve diferenças de comportamento para alguns produtos entre os anos agrícolas. Para todos os cultivares de soja voluntária avaliados, houve potencialização ou atenuação na eficiência de alguns herbicidas entre as safras 2016/17 e 2017/18, o que pode estar relacionado a variações nas condições experimentais entre os anos, como luminosidade, precipitação pluviométrica, temperatura, entre outras questões climáticas não controláveis.

Analisando a Tabela 7, pode-se afirmar que os herbicidas diquat e saflufenacil não apresentaram controle satisfatório da soja BRS 284, o qual diminuiu visivelmente no decorrer dos dias após a aplicação, permitindo o restabelecimento das plantas voluntárias. Já os herbicidas glifosato, 2,4-D e metsulfuron-metílico mostram eficiência de controle significativa acima de 97% para a planta de soja convencional em ambos anos agrícolas, demonstrando que estes herbicidas quando aplicados em pós-emergência podem controlar de forma excelente essa cultivar de soja independente das variáveis experimentais que possam ter ocorrido.

Na avaliação do controle químico da soja voluntária Garra IPRO, o herbicida 2,4-D destacou-se por mostrar-se eficiente em ambos os anos agrícolas (acima de 90%). Todos os demais herbicidas testados em pós-emergência apresentaram controle não satisfatório em uma das safras. Uma das principais dificuldades de controle dessas plantas de soja está no fato de que o principal herbicida utilizado em aplicações de pós-colheita é glifosato, o qual não controla as plantas de soja RR devido à resistência adquirida por transgenia. Tal resistência foi confirmada nas duas safras desse experimento, apresentando controle nulo (0%) com o uso do herbicida glifosato da mesma forma que o tratamento Testemunha. Além disso, a soja RR Garra utilizada nesse experimento apresenta tolerância a sulfonilureias, justificando, em parte, a menor eficiência encontrada para o herbicida metsulfuron- metílico.

A soja com a tecnologia Liberty Link (LL) é resistente ao herbicida glufosinato de amônio, conforme averiguado no presente experimento. Além desse ativo, o saflufenacil

também não deve ser recomendado para o controle dessa variedade por não apresentar controle satisfatório em ambos anos agrícolas. Os herbicidas glifosato, 2,4-D e metsulfuron-metílico apresentaram comportamento de controle semelhante ao cultivar de soja convencional, mostrando eficiência que variou de satisfatória à excelente (80-99) no controle da soja transgênica LL. Embora o glifosato tenha mostrado controle satisfatório no segundo ano de experimento, o mesmo teve sua eficiência atenuada, mostrando maior dificuldade no controle inicial das plantas voluntárias, o qual aumentou de forma gradativa. Esse comportamento não corrobora com o verificado na safra anterior e nem como o encontrado para a soja convencional, nos quais apresentou controle excelente desde a primeira avaliação aos 7 DAA. Já o ativo metsulfuron-metílico destaca-se entre os herbicidas por apresentar eficiência muito boa a excelente nos dois anos de experimento para a soja voluntária CZ16B39 LL.

Para o acúmulo de massa de matéria seca (MS) da parte aérea das plantas de soja convencional (Tabela 8) constatou-se que o glifosato, 2,4-D e o metsulfuron proporcionaram maior percentual de redução em relação à testemunha nos dois anos agrícolas, resultados que corroboram com a avaliação de controle químico desses herbicidas para essa soja voluntária (Tabela 7). Os valores encontrados de MS para as plantas de soja voluntária com resistência a glifosato (Tabela 8) mostraram que o ativo 2,4-D proporcionou maior percentual de redução em relação à testemunha nos dois anos agrícolas, resultados que estão de acordo com o controle químico avaliado em relação a este herbicida para cultivar (Tabela 7). Observou-se redução de MS também, nos tratamentos que utilizaram os herbicidas MCPA e glufosinato, embora esses herbicidas testados em pós-emergência não tenham apresentado controle satisfatório em pelo menos uma das safras avaliadas.

Em relação ao acúmulo de massa de MS da parte aérea das plantas de soja voluntária com resistência ao glufosinato de amônio (Tabela 8), no primeiro ano agrícola constatou-se resultados que vem ao encontro das avaliações realizadas na soja convencional, onde o glifosato, 2,4-D e o metsulfuron proporcionaram maior percentual de redução em relação à testemunha. Tais resultados corroboram com a avaliação de controle químico desses herbicidas para o controle de soja voluntária com resistência ao glufosinato (Tabela 7). Para o segundo ano agrícola estes herbicidas mantiveram a redução de massa de MS, mas os demais herbicidas também obtiveram melhores resultados, com exceção do glufosinato de amônio, pelo fato da cultivar apresentar resistência a este herbicida e o saflufenacil. Resultado, que por sua vez, comprova os obtidos com as avaliações de controle químico para este ensaio no segundo ano.

Tabela 7. Eficiência de herbicidas no controle de soja voluntária em diferentes dias após a aplicação do tratamento químico.

Eficiência de controle (%)																		
Safrinha 2016/17																		
DAA*	Soja BRS 284						Soja Garra IPRO						CZ16B39 LL					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
Testemunha**	0f	0d	0e	0e	0e	0e	0f	0e	0e	0e	0g	0e	0e	0f	0f	0e	0f	0e
Glifosato	93a	98a	99a	99a	97a	98a	0f	0e	0e	0e	0g	0e	97a	98a	98a	98a	96a	96a
2,4-D	63e	92a	92a	91ab	93a	93a	62cd	87a	88a	91a	92a	90a	57d	79b	79b	82bc	83bc	84b
MCPA	60e	76b	76b	79bc	79b	80b	61d	70b	69c	68bc	73dc	74bc	56d	73c	71c	73c	78c	77c
Metsulfuron	60e	72b	91a	97a	95a	97a	50e	62c	72c	84ab	69de	67c	59d	72c	78b	86b	90ab	90ab
Paraquat	88ab	76b	75b	76c	77b	76b	91a	84a	79b	76abc	83ab	80b	78b	59d	60d	42d	56d	42d
Diquat	82bc	68b	65c	66c	60c	60c	84b	70b	71c	60cd	63e	58d	77b	57de	56d	32d	45e	38d
Glufosinato	76c	76b	76b	74c	73b	73b	81b	80a	79b	75bc	78bc	77b	0e	0f	0f	0e	0f	0e
Saflufenacil	69d	49c	48d	46d	40d	46d	67c	54d	49d	46d	48f	51d	67c	54e	47e	42d	48de	41d
CV (%)	3,9	5,8	5,8	8,6	7,1	5,6	3,5	5,5	3,7	11,8	6,4	6,3	4,1	3,3	4,1	8,3	7,3	5,3
Safrinha 2017/18																		
DAA*	Soja BRS 284						Soja Garra IPRO						CZ16B39 LL					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
Testemunha**	4c	0f	0d	0c	0c	0c	0e	0e	0e	0d	0d	0d	0d	0d	0d	0d	0d	0d
Glifosato	97a	97a	98a	98a	98a	98a	0e	0e	0e	0d	0d	0d	69b	72b	77b	80b	80b	80b
2,4-D	74b	97a	98a	99a	99a	99a	71c	96a	98a	99a	98a	98a	69b	98a	99a	99a	99a	99a
MCPA	72b	91abc	95a	96a	95a	96a	69c	91ab	94ab	96a	96a	95a	66b	96a	99a	99a	99a	99a
Metsulfuron	75b	86cd	91a	97a	97a	98a	60d	75d	78d	85bc	80b	80b	59bc	64bc	74b	91a	98a	98a
Paraquat	89a	89bc	91a	91a	91a	91a	87a	87bc	86bc	86b	80b	77b	89a	97a	98a	98a	99a	99a
Diquat	75b	75e	60c	59b	57b	57b	76bc	78d	77d	78c	66c	63c	85a	97a	98a	99a	99a	99a
Glufosinato	91a	95ab	96a	97a	96a	97a	86a	94ab	95a	97a	95a	96a	0d	0d	0d	0d	0d	0d
Saflufenacil	80b	79ed	74b	72b	64b	64b	82ab	81cd	81cd	80bc	74b	71bc	51c	56c	57c	55c	60c	60c
CV (%)	4,7	4,2	6,6	9,0	6,9	7,0	5,0	4,8	4,8	4,9	3,6	6,2	9,9	5,7	8,1	6,5	5,8	7,5

*DAA – dias após a aplicação. **Testemunha: sem aplicação de herbicida.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Efeito de diferentes herbicidas sobre a população de plantas e matéria seca (MS) de soja voluntária.

Safrá 2016/17									
	Soja BRS 284			Soja Garra IPRO			CZ16B39 LL		
	População (plantas.m ⁻²)	MS (g.m ⁻²)	Razão (g. plantas ⁻¹)	População (plantas.m ⁻²)	MS (g.m ⁻²)	Razão (g. plantas ⁻¹)	População (plantas.m ⁻²)	MS (g.m ⁻²)	Razão (g. plantas ⁻¹)
Testemunha*	20,9a	604,5a	28,8a	20,0a	579,4a	28,9a	20,3ab	679,0a	33,7a
Glifosato	18,5a	12,2c	0,7d	19,6a	558,9a	29,6a	25,4a	15,7d	0,6c
2,4-D	15,8a	32,2c	1,6cd	17,1ab	23,4d	1,3d	19,8ab	46,6d	2,9c
MCPA	16,7a	84,6c	5,7bcd	15,7ab	52,7cd	3,1d	20,5ab	100,5d	4,7c
Metsulfuron	16,7a	19,7c	1,2d	20,9a	68,7cd	3,3d	20,0ab	35,9d	1,8c
Paraquat	13,3a	85,5c	6,9bcd	14,4ab	50,9cd	3,7cd	18,0ab	299,9c	16,3b
Diquat	16,2a	138,1bc	8,3bcd	15,5ab	211,9bc	13,4bc	20,9ab	446,9bc	21,5b
Glufosinato	17,6a	167,8bc	10,1bc	11,7b	52,4cd	4,4cd	12,6b	498,3ab	40,2a
Saflufenacil	19,6a	277,3b	14,1b	17,1ab	285,3b	17,1b	22,3a	500,4ab	22,8b
CV (%)	33,5	46,6	41,3	18,0	33,3	35,0	18,3	26,3	23,7
Safrá 2017/18									
	Soja BRS 284			Soja Garra IPRO			CZ16B39 LL		
	População (plantas.m ⁻²)	MS (g.m ⁻²)	Razão (g. plantas ⁻¹)	População (plantas.m ⁻²)	MS (g.m ⁻²)	Razão (g. plantas ⁻¹)	População (plantas.m ⁻²)	MS (g.m ⁻²)	Razão (g. plantas ⁻¹)
Testemunha*	20,2a	333,0a	18,4a	18,0a	349,7b	20a	21,0a	319,0a	15,5a
Glifosato	15,0a	3,5c	0,2c	24,7a	430,7a	20,6a	15,5a	83,5bc	5,7b
2,4-D	20,0a	5,9c	0,3c	16,5a	4,8d	0,2b	19,0a	58,5c	3,2b
MCPA	17,7a	26,9c	1,5bc	16,5a	5,9d	0,4b	14,5a	53,0c	4,3b
Metsulfuron	21,0a	13,9c	0,6bc	22,0a	59,4cd	2,9b	13,0a	81,0bc	6,7b
Paraquat	16,5a	23,4c	1,6bc	17,5a	55,0cd	3,0b	16,0a	53,0c	3,5b
Diquat	22,2a	162,9b	7,3b	19,5a	110,0c	5,8b	20,5a	49,5c	2,4b
Glufosinato	18,0a	4,1c	0,2c	13,0a	5,0d	0,4b	19,2a	301,5a	16,6a
Saflufenacil	23,7a	143,7b	6,4bc	25,5a	104,2c	4,1b	19,0a	130,0b	7,1b
CV (%)	37,8	55,0	69,8	34,6	20,8	46,1	33,4	23,6	32,8

**Testemunha: sem aplicação de herbicida. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 Análise econômica dos experimentos

A análise econômica foi realizada com base nos Experimentos I e II conduzidos nas safras 2016/17 e 2017/18, visando indicar o cultivar e o manejo que possibilitou o melhor retorno econômico para o produtor rural. No cálculo do custo do controle no experimento II foi considerado o herbicida que apresentou melhor eficiência de controle da planta voluntária de soja e menor custo. Na safra 2016/17 e 2017/18 o metsulfuron com custo equivalente a 18 e 16 Kg ha⁻¹, respectivamente, foi o escolhido para os cultivares BRS 284 e LL; e o 2,4-D, com custo equivalente a 27 e 24 Kg ha⁻¹ na safra 2016/17 e 2017/18, respectivamente, para cultivar Garra IPRO. O custo final de cada controle está representado na Tabela 9 e foi utilizado para o cálculo de rendimento líquido em grãos (Tabela 10).

Tabela 9. Análise do custo dos experimentos em Kg ha⁻¹.

	Experimento I		Experimento II	Custo Final	
	Manejo 1	Manejo 2		Manejo 1	Manejo 2
<i>Safra 2016/17</i>					
BRS 284	356	415	18	374	433
Garra IPRO	548	538	27	575	565
CZ16B39 LL	575	560	18	593	578
<i>Safra 2017/2018</i>					
BRS 284	308	380	16	324	396
Garra IPRO	444	441	24	468	465
CZ16B39 LL	521	507	16	537	523

Tabela 10. Rendimento líquido em grãos (Kg ha⁻¹) para os diferentes controles de cada cultivar nos dois anos agrícolas.

Ano/Safra	Cultivar	Controle	
		Manejo 1	Manejo 2
<i>2016/17</i>			
	BRS 284	4421	4210
	Garra IPRO	3876	4343
	CZ16B39 LL	4317	4045
<i>2017/18</i>			
	BRS 284	4133	3750
	Garra IPRO	4296	4208
	CZ16B39 LL	4017	3842

Antes de proceder à análise conjunta, foram examinados os quadrados médios do resíduo das análises de variância dos experimentos I. Como a relação entre os quadrados médios do resíduo foi inferior a 7:1 (6,48:1), foi possível agrupar os experimentos I nas duas safras. Como

resultado da análise de variância, obteve-se interação significativa entre os fatores ano x cultivar (Tabela 11) e cultivar x controle (Tabela 12).

Tabela 11. Análise conjunta do rendimento líquido em grãos (Kg ha^{-1}) considerando a interação ano x cultivar.

Cultivar	Ano/Safra	
	2016/17	2017/18
BRS 284	4315 Aa	3942 Bb
Garra IPRO	4110 Aa	4252 Aa
CZ16B39 LL	4181 Aa	3929 Bb

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 12. Análise conjunta do rendimento líquido em grãos (kg ha^{-1}) considerando a interação cultivar x controle.

Cultivar	Controle	
	Manejo 1	Manejo 2
BRS 284	4277 Aa	3980 Bb
Garra IPRO	4086 Aa	4276 Aa
CZ16B39 LL	4167 Aa	3943 Ab

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Analisando-se a Tabela 11, que representa o resultado da análise conjunta para os fatores ano e cultivar, percebe-se maior estabilidade do cultivar resistente ao glifosato entre os anos agrícolas, o que refletiu no seu rendimento líquido em grãos significativamente superior aos demais cultivares na safra 2017/18. Esse resultado corrobora com a maior média de produtividade encontrada para qualquer forma de manejo adotada nesse mesmo ano agrícola em relação aos demais cultivares. Já os cultivares convencional e resistente ao glufosinato mostraram-se significativamente mais rentáveis na safra 2016/17, demonstrando maior influência das condições climáticas sobre a produtividade desse cultivares neste estudo.

Fazendo uma análise subjetiva da soma dos rendimentos líquidos entre os anos agrícolas, o cultivar Garra IPRO continua sobressaindo (8.362 Kg ha^{-1}), apresentando um saldo de 105 e 252 Kg ha^{-1} quando comparado aos cultivares de soja convencional e soja LL. Considerando o preço médio do saco de soja entre os anos (R\$ 65,50) e uma área de 100 ha de um pequeno produtor rural, essa diferença resultaria em um saldo comparativo de R\$ 11.463,00 e R\$ 27.510 quando comparadas as cultivares tradicional e LL.

Na Tabela 12, que representa o resultado da análise conjunta para os fatores controle e cultivar, observa-se que apenas o cultivar convencional apresentou diferença significativa entre as formas de manejos propostas, destacando-se o manejo 1 pelo maior rendimento em grãos.

5 CONCLUSÃO

Os herbicidas pré-emergentes em ambos os manejos propostos para as cultivares controlaram as plantas daninhas desde a emergência da cultura da soja até a aplicação dos herbicidas pós-emergentes nas duas safras. Da mesma forma, todos herbicidas pós-emergentes apresentaram controle das plantas daninhas acima de 90% aos 14 e 28 dias após a aplicação.

Para todos os tratamentos não foi observada fitotoxicidade significativa na cultura da soja, demonstrando a segurança de se utilizar em pré ou em pós emergência os herbicidas e suas respectivas doses propostas no presente trabalho.

Na avaliação do controle químico da soja voluntária Garra IPRO, o herbicida 2,4-D destacou-se entre os demais por ser mais eficiente em ambos os anos agrícolas (acima de 90%). Os herbicidas glifosato, 2,4-D e metsulfuron-metílico são os mais eficazes no controle da soja voluntária dos cultivares BRS 284 e CZ16B39LL.

A análise econômica dos experimentos indica que o cultivar de soja Garra IPRO é o mais estável entre os anos agrícolas, com rendimento líquido de grãos superior aos demais cultivares na safra 2017/18.

O melhor retorno econômico para o produtor rural no presente estudo foi obtido com o cultivar que apresenta a tecnologia de resistência ao glifosato. Para esse cultivar poderia ser adotada qualquer uma das formas de manejo propostas (1 ou 2), sendo o herbicida 2,4D recomendado para o controle da soja voluntária.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Regularização de Produtos–Agrotóxicos**. Monografias Autorizadas. Disponível em:<<http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas>>. Acesso em: 20 de jan. de 2019.

AGROBAYE R. **CZ 16B39 LL**. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/produtos/crendenz/variedades/c-z-16b39-ll>>. Acesso 22 mai. 2018.

AGROLINK, 2019. **Agrolinkfito. Produtos**. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/busca-direta-produto>>. Acesso em: 18 jan. 2019.

AGROLINK, 2018. **Custos de Produção**. Disponível em: <www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/custos-de-producao_361552.html>. Acesso em: 22 jan. 2019.

AGROSTAT - **Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2018. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 04 jan. de 2018.

ALBRECHT, L. P., et al. **Manejo de cultivos transgênicos**, Curitiba: UFPR, cap. 2. p.25-45, 2013.

ALBRECHT, L.P., et al. Glifosato e associações em pós-emergência no desempenho agrônomo e na qualidade das sementes de soja RR. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.139-146, 2012.

ALONSO, D.G.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. Potencial de carryover de herbicidas com atividade residual usados em manejo outonal. **Buva: Fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba: Omnipax, p. 91- 104, 2013

ASSOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZA (ALAM). Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. **ALAM**, v.1, n.1, p.35-38, 1974.

BERTRAND, J., LAURENT, C.; LECLERCQ, V. **O mundo da soja**. São Paulo : HUCITEC, 1987.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P. Proporção de plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, v. 36, n.5, 2006.

BIANCHI, M.A.; ROCKENBACH, D.; SCHNEIDER, T. Seletividade de herbicidas a base de clorimurrom-etílico aplicados em pré e em pós-emergência da soja. **Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 3, 2010. Cruz Alta/RS. Resumos... Universidade de Cruz Alta, 2010. p.3.0

BRASMAX. **Garra 63i64RSF**. Disponível em:
<<http://brasmagentic.wpengine.com/cultivar-regiao-sul/?produto=1103>. Acesso em: 22.mai.2018.

BRUNHARO, C. A. C. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. Aspectos do mecanismo de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.2, p.163-177, 2014.

CARNEIRO, C.E.A., et al. Produção de prolina e suscetibilidade ao glufosinato de amônio em plantas transgênicas de citrumelo Swingle. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5, p.747-753, 2006.

CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. Editado pelo autor, 1ª ed., Lages, SC, 82p, 2013a.

CARVALHO, L. B. **Herbicidas**. Editado pelo autor, 1ª ed., Lages, SC, 62p, 2013b.

CARVALHO, J. A. et al. Controle pós-emergente de plantas daninhas com flumioxazin no cultivo da soja ‘CAC-1’. **In: Congresso Brasileiro de Soja, Londrina, 1999**. Resumos... Londrina, PR: [s.n.], 1999. p. 408.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, v. 6 - Safra 2018/19 – Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-127 dezembro 2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, v. 6 - Safra 2018/19 – Nono levantamento, Brasília, p. 1-113 junho 2019.

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 55 p. (Boletim Agropecuário, 51)

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. (CTNBio, 1998). **Comunicado n.º 54**, de 29 de setembro de 1998, Brasília, DF. 1998. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/>> Acesso em: 27 de out de 2017

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. (CTNBio, 2009). **Parecer Técnico Nº 2236/2009**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/>> Acesso em: 27 de out de 2017

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. (CTNBio, 2010a). **Parecer Técnico Nº 2286/2010**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/>> Acesso em: 27 de out de 2017

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. (CTNBio, 2010b). **Parecer Técnico Nº 2273/2010**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/>> Acesso em: 27 de out de 2017

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. (CTNBio, 2010c). **Parecer Técnico Nº 2542/2010**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/>> Acesso em: 27 de out de 2017

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. (CTNBio, 2017). **Resumo geral de plantas geneticamente modificadas aprovadas para comercialização**. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial>> Acesso em: 27 de out de 2017

COSTA, E. R., SILVA, A. A., FERREIRA, F. A. Tolerância da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao herbicida flumioxazin aplicado em pós emergência. **In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 21, 1997, Caxambu. Resumos... Caxambu, MG: Editora SBCPD, 1997. p. 72.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** – Região Central do Brasil – 2004. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 237p. (Sistemas de Produção, n.4).

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja- Região Central do Brasil 2005**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional, 2004. 239p. (Sistemas de Produção, n.6)

EMBRAPA SOJA. **História da Soja**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br>>. Acesso em: 20 out.2017.

EMBRAPA SOJA. **BRS 284**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/convencional/brs284>. Acesso em 22 mai. 2018.

FEHR, W.R., CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 12p. (Special Report, 80).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome, 224 pp, 2018.

FRANS, R., et al. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: CAMPER, N.D. **Research methods in weed science**. 3rd ed. Champaign: Southern Weed Science Society, 1986, p. 29-46.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, n.12, p.1-12, 2011.

GAZZIERO, et al. As plantas daninhas e a semeadura direta. **Embrapa Soja/Circular Técnica**, n.33, 59 p., Londrina: Embrapa Soja, 2001.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.120p.

GUZZATTI, N. C.; FRANCO, C. Custo de produção e rentabilidade para cultura da soja nas variedades convencional e transgênica em Mato Grosso. **Revista UNEMAT de Contabilidade**, v.4, n.8, 2015.

JANSEN, S. L. **Evolução da estrutura produtiva do Rio Grande do Sul: uma análise do período de 1940 a 1995/96**. Disponível em: <https://www.fee.rs.gov.br/3eeg/Artigos/m18t01.pdf>. Acesso em maio de 2018.

KRUZE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.

MACEDO, G. de C. **Efeitos de sistemas de manejo pré-semeadura da soja sobre a dinâmica no solo e eficácia de herbicidas**. 2015. 113 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015.

MATEUS, R. P. G; SILVA, C. M. Avanços biotecnológicos na cultura da soja. **Campo Digital: Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 23-27, 2013.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n.1, p. 163-183, 2007.

MEZZAROBA, O.; MONTEIRO, C. S. **Manual de Metodologia da Pesquisa do Direito**. 2. ed. revisada, 2. Tiragem. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

MINOZZI, G. B.; MONQUERO, P. A.; PEREIRA, P. A. Eficácia de diferentes manejos das plantas daninhas na cultura da soja transgênica. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.9, n.3, p.406-412, 2014.

NASORRY, D. C. Manejo integrado de insetos-praga: *Nezara viridula*, *Euschistus heros* e *Piezodorus guildinii* na cultura da soja. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.4, p.11, 2011.

NOGUEIRA, A. P. O. et al. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecnas, 2009, p. 7-16

NOVO RURAL. A agricultura de hoje e a que viveremos em 2030! **Revista Novo Rural**, Ano 3. Edição 25, Dezembro de 2018. <Disponível em: https://issuu.com/revistanovorural/docs/revista_novo_rural_dezembro_18> Acesso em: 02 de jan. de 2019

OLIVEIRA JR, R. S. **Introdução ao controle químico**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2015. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/lpv671/14%20-%20Leitura%20Controle%20quimico%20-%20.pdf>>. Acesso em: 23 de out de 2017

OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba, PR: Ompipax, 384 p., 2011.

OLIVEIRA NETO, A. A.; MELO, C. (Colab.). **Metodologia da Pesquisa Científica: Guia prático para apresentação de trabalhos acadêmicos**. 2. ed. revisada e atualizada. Florianópolis: Visual Books, 2006.

OLIVEIRA NETO, A. M. et al. Sistemas de dessecação de manejo com atividade residual no solo para áreas de pousio de inverno infestadas com buva. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 4, n. 2, p. 120-128, 2013.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf. Agropec.**, v.11, n. 129, p.19-27, 1985.

PITELLI, R. A.; PITELLI, R. L.C.M. Biologia e Ecofisiologia das plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, Cap. 2. p. 29-55, 2004.

RIBEIRO, D. N., et al. Rapid assays for detection of glifosato-resistant *Lolium* spp. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Sonderheft, v. 21, p. 95-100, 2008.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6ª ed. Londrina. 2011. 697 p.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO (SEAB). **Soja: análise da conjuntura agropecuária**. 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja_2012_13.pdf> Acesso em: 03 de jan. de 2019.

SALVADORI, J. R., et al. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018. **41ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**, Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2016.

SANTOS, T. T. M. et al. Associação dos herbicidas diclosulam e glifosato na dessecação visando o controle residual de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.2, p.138-147, 2016.

SILVA, A.A, et al. **Controle de plantas daninhas**. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: Editora UFV, 1999.260 p

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

UNITED STATE DEPARTAMENT OF AGRICULTURE (USDA). **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. 2018a. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 20 dez. de 2018.

UNITED STATE DEPARTAMENT OF AGRICULTURE (USDA). **USDA Agricultural Projections to 2027**. 2018b. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/projections/USDA_Agricultural_Projections_to_2027.pdf>Acesso em: 04 jan. de 2019.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. 2019. Disponível em: < <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0619.pdf>>. Acesso em: 23 jun. de 2019.

VALENTE, T. de O.; CAVAZZANA, Maurício A. Efeito residual de clorimuron- ethyl aplicado em mistura com glifosato na dessecação de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n.2, p.173-178, 2000.

VARGAS, L.; GAZZIERO, D. Prevenir e manejar. **Cultivar**, Pelotas, v. 13, n. 146, p. 1- 16, 2011.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 780 p. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54294/1/Sistemas-de-Producao-6.pdf>>. Acesso em: 20 dez. de 2018.

YOUNG, B.G.; HART, S.E. Control of volunteer sethoxydim- resistant corn (*Zea mays*) in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.11, n.2, p.69-655, 1997.

YONORI, J.T.; NUNES JÚNIOR, J.; LAZZAROTTO, J.J. **Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 36p. (Documentos, n.247).

APÊNDICES

APÊNDICE A: Características das cultivares de soja utilizadas nos experimentos.

Característica	Convencional ^a	RR 2 ^b	LL ^c
Transgenia	-	Resistente ao glifosato Tolerante a Sulfonilureias (STS™)	Resistente ao Glufosinato
Ciclo GM	6.3	6.3	6.3
Altura de planta	80 a 100 cm	-	-
Tipo de Crescimento	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado
Acamamento	Resistente	Resistente	-
Média PMS	146g	189g	-
Cor da Flor	Roxa	Roxa	Roxa
Cor da pubescência	Cinza	Cinza	Cinza
Cor do Hilo	Marrom Claro	Preto Imperfeito	Preto Imperfeito
Cancro da Haste	Resistente	Resistente	Resistente
Mancha “olho de rã”	Resistente	Resistente	Moderadamente resistente
Podridão Parda da Haste:	Resistente	Moderadamente resistente	Resistente
Podridão Radicular da Phytophthora:	Moderadamente resistente	Resistente	Moderadamente resistente
Nematóide de Galhas (<i>M.incognita</i>):	Suscetível	-	Suscetível
Nematóide de Galhas (<i>M.javanica</i>):	Moderadamente resistente	-	Suscetível
Nematóide de Cisto	-	-	Suscetível
Pústula Bacteriana	-	Suscetível	Resistente

^a Embrapa Soja (2018); ^b Agro.Bayer (2018); ^c Brasmax (2018).

APÊNDICE B: Escala de avaliação de controle de plantas daninhas e injúria na cultura cultivada.

%	Descrição das categorias	Controle (plantas daninhas)	Injúria (cultura)
0	Nenhum efeito	Controle nulo	Nenhuma injúria
10		Controle muito pobre	Leve descoloração ou atrofia
20	Efeito leve	Controle pobre	Alguma descoloração e atrofia
30		Controle pobre e deficiente	Injúria mais pronunciada, mas não duradoura
40		Controle deficiente	Injúria moderada, geralmente recupera
50	Efeito moderado	Controle deficiente a moderado	Injúria mais duradoura, recuperação duvidosa
60		Controle moderado	Injúria permanente, sem recuperação
70		Controle pouco satisfatório	Injúria forte e perda de stand
80	Efeito severo	Controle satisfatório a bom	Cultura quase destruída com poucas plantas sobreviventes
90		Controle muito bom a excelente	Plantas ocasionais sobreviventes
100	Efeito completo	Controle total	Completa destruição de plantas

Fonte: Adaptado de Frans et.al. (1986).

APÊNDICE C: Preço dos insumos utilizados nos dois experimentos que foram considerados para compor a análise dos custos de produção para os dois anos agrícolas.

INSUMOS		Safra 2016/17	Safra 2017/18
		Custo R\$ (Kg ou L)	Custo R\$ (Kg ou L)
BRS 284	Semente	4,6	4,6
63I64 RSF IPRO	Semente	9,28	8,39
CZ16B39LL	Semente	6,37	6,57
BASAGRAN	Herbicida	65,59	60,37
CLASSIC	Herbicida	153,05	139,66
LIBERTY	Herbicida	60	60
PIVOT	Herbicida	24,93	25,23
POQUER	Herbicida	118,07	97,31
SPIDER	Herbicida	1294,4	1306,49
SUMISOYA	Herbicida	463,53	409,97
ROUNDUP WG	Herbicida	24,84	20,63
DMA	Herbicida	14,34	13,25
AGRITONE	Herbicida	18,50	13,22
ALLY	Herbicida	1110,00	991,13
HELMOXONE	Herbicida	16,53	14,87
REGLONE	Herbicida	20,00	20,00
FINALE	Herbicida	60,00	60,00
HEAT	Herbicida	752,15	704,60