



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CAMPUS ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
PROJETANDO AGRICULTURA COMPROMISSADA COM SUSTENTABILIDADE -
PACES

RAISSA BUENO
SANDRA JULIA LIMA DE SOUSA

Interferência de Herbicidas na Microbiota do Solo

PIRACICABA - SP
2024

RAISSA BUENO
SANDRA JULIA LIMA DE SOUSA

Interferência de Herbicidas na Microbiota do Solo

Revisão bibliográfica apresentada ao Grupo **Projetando Agricultura Compromissada com Sustentabilidade (Paces)**, do Departamento de Ciências do Solo, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

Orientadores: Prof. Fernando Dini Andreote e Prof. Moacir Tuzzin de Moraes.

Coordenadores: Ana Bordignon e Kaio Eduardo.

PIRACICABA - SP

2024

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	3
2 A IMPORTÂNCIA DA MICROBIOTA DO SOLO.....	4
3 USO DE HERBICIDAS NA AGRICULTURA.....	5
4 INTERFERÊNCIA DE HERBICIDAS NA MICROBIOTA.....	7
4.1 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS HERBICIDAS SOBRE A MICROBIOTA.....	7
5 EFEITOS NEGATIVOS SOBRE A MICROBIOTA.....	10
6 MINIMIZAR A INTERFERÊNCIA.....	16
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
8 REFERÊNCIAS.....	19

1 INTRODUÇÃO

Dentre todos os defensivos agrícolas, o herbicida é o mais utilizado, sendo destacado a sua importância para o controle de plantas daninhas. Smith & Secoy (1976) relataram que os efeitos das plantas daninhas acerca das atividades agrícolas já foram observados desde os primórdios da história do homem, evidenciando o uso de enxadas e equipamentos de capina em épocas remotas. Eles também concluíram que historicamente, as plantas daninhas e seus efeitos maléficos ao homem têm sido relatados.

Tabela 1: tipos de defensivos agrícolas mais utilizados

Classificação	Alvo a ser controlado	Consumo mundial em %
Herbicidas	Ervas daninhas	48%
Inseticidas	Insetos	25%
Fungicidas	Fungos	22%
Outros	Formicidas, acaricidas, etc.	5%

Fonte: Adaptado de Terra, Pelaez & Silva (2010).

Na última década, o uso de herbicidas tem levantado discussões e sendo confrontado devido a diversos desafios, como a resistência de plantas daninhas, questões ambientais, problemas com segurança aos homens e animais, e aumento das dificuldades nos aspectos regulatórios de desenvolvimento dos herbicidas. Estes desafios têm proporcionado uma mudança de percepção do controle de plantas daninhas. (CHRISTOFFOLETI, s.d)

Como citado anteriormente, as questões ambientais têm sido um assunto que tem ganhado destaque quando se é discutido o uso de defensivos agrícolas, e em conjunto, pode ser citada a interação dos inseticidas para com a microbiota do solo, sendo um assunto relevante e atual, especialmente quando se é falado do uso indiscriminado destes produtos.

2 A IMPORTÂNCIA DA MICROBIOTA DO SOLO

Os organismos que habitam o solo apresentam importantes funções, sendo que cada vez mais, tem-se descoberto a sua relevância. (CARDOSO, 2016). Dentre as mais diversas funções que a microbiota do solo desempenha, pode ser enumerado a degradação de compostos orgânicos, tendo como consequência uma eventual ciclagem de nutrientes (GILLER, 1996; MIRANSARI, 2013), além da fixação biológica de nitrogênio (RAYMOND et al., 2004; BALDANI et al., 1997), e do auxílio para as plantas na absorção de nutrientes. (MIRANSARI, 2013; CHAGNON et al., 2013)

Em adendo, pode ser destacado também a ação dos microrganismos sobre substâncias xenobióticas (substância estranha ao organismo ou ao sistema biológico) presentes no meio ambiente, constituindo um mecanismo de suma importância, sendo reconhecida como o principal fator que determina a taxa e a extensão em que eles são degradados no ambiente. Além disso, a taxa de degradação é influenciada pela biomassa microbiana ativa e pela disponibilidade do composto para a degradação (BEIGEL e CHANNY, 1999).

3 USO DE HERBICIDAS NA AGRICULTURA

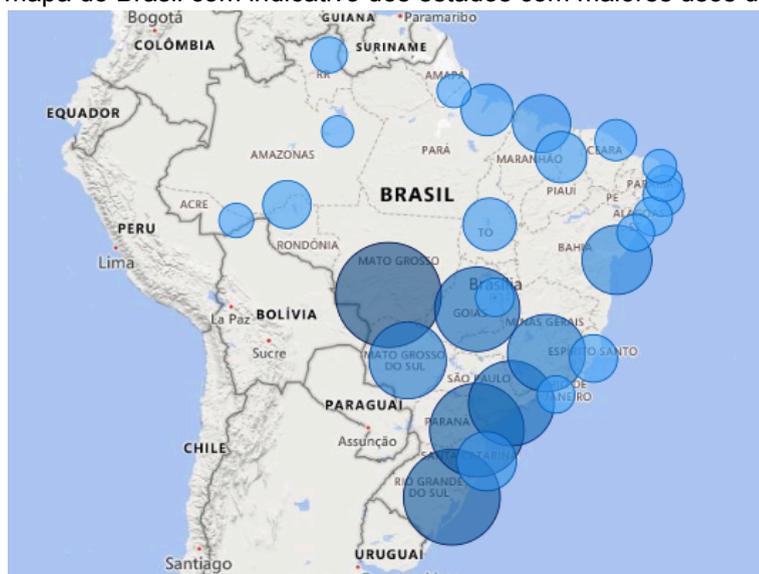
Segundo o boletim 2022 de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil, os três ingredientes ativos mais comercializados no país são de herbicidas, sendo eles o glifosato e seus sais, 2,4-D e atrazina, enfatizando o grande uso deste produto nas propriedades brasileiras. Por ano, a venda total em toneladas de produtos formulados por ano é de 492,35 mil, enquanto a venda total de produtos técnicos por ano é de 241,54 mil.



Fonte: Boletim Ibama (2022).

No Brasil, o ingrediente ativo mais vendido em toneladas por ano é o glifosato, sendo vendido em torno de 230,52 mil toneladas por ano, havendo um somatório de 2,13 milhões de toneladas de vendas totais de PF da série histórica. Desta forma, os estados que mais se destacam são o Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Bahia.

Figura 2: mapa do Brasil com indicativo dos estados com maiores usos de glifosato.



Fonte: Boletim Ibama, 2022.

Pensando nos dados citados anteriormente, os herbicidas são comumente utilizados no país, sendo que para que possam ser obtidas elevadas produtividades das culturas, é necessário apresentar um manejo adequado de plantas daninhas, o qual é realizado basicamente com a utilização destes produtos, especialmente em grandes áreas. Isto se deve à incorporação de mais áreas para o cultivo e à escassez e alto custo da mão-de-obra no meio rural. (OLIVEIRA; et al., 2011)

Pensando nisso, o solo é o destino final dos produtos químicos usados na agricultura, sendo que ao entrarem em contato com ele, os herbicidas são sujeitos a processos físico-químicos que regulam seu destino no ambiente. Alguns exemplos destes processos são a retenção, a lixiviação, volatilização, fotodegradação, decomposição química e microbiológica, escoamento superficial e absorção pelas plantas (Bailey & White, 1970)

Desta forma, em alguns casos, a quantidade sorvida do pesticida torna-se totalmente resistente à degradação microbiológica, enquanto, em outros, a sorção somente reduz sua taxa de liberação, não eliminando a biodegradação. (OLIVEIRA; et al., 2011)

4 INTERFERÊNCIA DE HERBICIDAS NA MICROBIOTA

Apesar da importância do uso de herbicidas na agricultura, é imprescindível compreender as alterações que estes podem realizar no ambiente e nos seres vivos. Com a contemporaneidade, esse pensamento se complexa e atualmente a biologia do solo, além da física e química, é um dos principais destaques de estudo. Dessa forma, o presente capítulo irá salientar a relação entre microbiota e uso de herbicidas ressaltando principalmente suas interferências.

A interferência dos herbicidas sobre a microbiota aborda dificuldades visto que esta interação está relacionada com a natureza, heterogeneidade e dinâmica dos efeitos e respostas adaptativas das populações microbianas no solo e características individuais dos herbicidas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Também vale ressaltar a importância da atividade dos microrganismos, sendo que nos solos é a principal determinante da degradação dos herbicidas. Da mesma depende basicamente tanto a taxa como a extensão nas quais os herbicidas são degradados. Na degradação os herbicidas podem atuar de duas formas sobre a microbiota do solo, de um lado podem atuar como substrato para o seu crescimento e por outro lado também podem influenciar os microrganismos responsáveis pela degradação (CORK & KRUEGER, 1991).

4.1 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS HERBICIDAS SOBRE A MICROBIOTA

Para estudar os efeitos adversos causados pelos defensivos agrícolas, pode-se analisar a biodiversidade do solo, atividades enzimáticas, biomassa microbiana e até mesmo ciclos biogeoquímicos uma vez que as os microrganismos muitas das vezes estão relacionados com a relação de nutrientes solo-planta (TÓTOLA et al., 2002).

Dentre os indicadores citados, ressalta-se atividade respiratória microbiana (TR), biomassa microbiana (BM) e o quociente metabólico ($q\text{ CO}_2$). TR, é a medida da produção de CO_2 resultante da atividade metabólica dos organismos quociente metabólico ($q\text{ CO}_2$) é a taxa respiratória de uma unidade de BM (DORAN, PARKIN; 1994).

Altas atividades respiratórias podem indicar algum tipo de distúrbio ecológico, como aplicação de herbicidas. Contudo, a interferência de agrotóxicos podem ser negativas, mas também positivas, como a degradação destes produtos pela metabolização, ou intoxicação da biota do solo (ISLAM, WEIL; 1998).

Para compreensão mais ampla da interferência de herbicidas na microbiota do solo, o experimento desenvolvido por Silva (2010), cujo tema é “Ação de herbicidas sobre cultivares de cana-de-açúcar e na atividade da microbiota do solo”, objetivou-se avaliar o impacto dos herbicidas: clomazone, tembotrione, tebuthiuron, diuron, sulfentrazone, trifloxysulfuron-sodium e MSMA.

Os parâmetros analisados além daqueles já citados por Doran e Parkin (1994), são atividade respiratória microbiana, carbono na biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico ($q\text{ CO}_2$) e fosfatases ácidas.

Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com três repetições e em esquema fatorial, sendo avaliados dois cultivares de cana (RB867515 e SP801816), os 8 herbicidas até então citados e uma testemunha. A aplicação de herbicidas ocorreu após 60 dias da emergência da cultura, e após 45 dias foi-se coletado amostras rizosféricas para analisar os fatores.

Dessa forma, ao final do experimento obteve-se os resultados finais. Na sua maioria todos solos tratados (com exceção do solo com trifloxysulfuron-sodium) apresentaram redução de carbono- CO_2 .

O quociente de C- CO_2 , significa que quando menor o q mais estabilidade da biomassa microbiana terá. Com isso, os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e diuron + hexazinone foram os herbicidas que ocasionaram maiores valores de $q\text{CO}_2$ nos microrganismos rizosféricos, indicando que a biomassa microbiana se torna menos eficiente na presença desses produtos. Por outro lado, os herbicidas MSMA, sulfentrazone, tembotrione, clomazone, tebuthiuron apresentaram $q\text{CO}_2$ menor ou igual a testemunha, apresentando menor interferência na microbiota.

Sulfentrazone e tembotrione foram os tratamentos que afetaram a C- CO_2 , com redução média de 52,72% , elevando a quantidade em relação à testemunha. Esses herbicidas podem provavelmente ter causado intoxicação a algumas classes de microrganismos, ocasionando a redução populacional desses, e conseqüentemente, reduzindo a respiração da população microbiana.

O MSMA apresentou uma grande variedade aos fatores, indicando uma possível capacidade de metabolização do produto pela população microbiana e, por

consequente, favorecendo o aumento da CBM. Diuron + hexazinone e trifloxysulfuron-sodium ocasionaram menor valor de CBM do que a testemunha, ou seja, possivelmente esses herbicidas exerceram efeito tóxico sobre a comunidade microbiana. Esse efeito redutivo do CBM, pelos herbicidas diuron e hexazinone, foi considerado surpreendente pelo fato desses herbicidas serem inibidores do fotossistema II e da maioria dos microrganismos do solo não serem fotoautotróficos. Logo, o autor atribuiu a possível causa a da intoxicação dos microrganismos a alguns aditivos presentes na formulação comercial.

Já para uma possível causa da agressividade do trifloxysulfuron-sodium aos microrganismos, pode ser atribuída ao seu mecanismo de ação, o qual é inibidor da enzima acetolactato sintase (ALS), essencial para a sobrevivência de alguns microrganismos do solo.

A aplicação dos herbicidas não interferiu na atividade da enzima fosfatase ácida na época avaliada. A não ocorrência de diferença entre a atividade enzimática da fosfatase ácida nos cultivares pode ser atribuída a alta adubação fosfatada realizada durante plantio, propiciando desta forma elevado teor de P disponível no solo, diminuindo assim a atividade desta enzima, pois quanto maior a quantidade de P disponível no solo menor a atividade da fosfatase ácida.

À priori, conclui-se que os herbicidas podem exercer efeito direto e diferenciado sobre a biota do solo, podendo ocasionar intoxicação, composição e tamanho da população afetando diretamente a atividade microbiana. Mas também pode-se ter relações neutras que devem ser priorizadas em um manejo holístico.

5 EFEITOS NEGATIVOS SOBRE A MICROBIOTA

De forma geral, estudos revelam que na maioria dos herbicidas, quando utilizados em altas doses, são potencialmente tóxicos para os organismos (quando utilizados na dose correta, têm comportamento diferencial como salientado anteriormente) podendo ser observado efeitos inibitórios na quantidade de microrganismos e também nas atividades destes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

A exemplo disso, em um experimento realizado por Olson et al. (1984), citado por Moreira e Siqueira (2002), estudaram o efeito da trifluralina em concentrações de até 100 mg/dm sobre vinte espécies de fungo e vinte de bactérias em cultura pura, não observando efeito inibitório apenas para os fungos *Mortierella isabellina* e duas espécies de *Penicillium*.

Domsch et al. (1983), analisou cerca de 48 estudos publicados para estimar o tempo necessário para a comunidade microbiana recuperar do estresse promovido pelos pesticidas. Verificaram que em 30 casos avaliados houve recuperação em quase 30 dias e foram necessários mais 60 dias para recuperação em nível da testemunha, sendo concluindo que a ação dos herbicidas é de forma geral de curta duração. Contudo, vale salientar, que a maioria das plantas cultivadas no Brasil são de ciclo anual e logo uma interferência de 90 dias seria significativo. Além disso, os experimentos analisados foram em condições controladas, não sendo totalmente representativo para condições reais de campo.

A partir disto Childs (2007), estudou os “Os efeitos dos herbicidas sobre a microbiota do solo em sistema fechado”, sendo avaliado o efeito de oito herbicidas em duas concentrações (2 e 10 vezes a dose média recomendada por hectare) sobre a microbiota de solo. Os herbicidas (bentazon, metolachlor, trifluralin, imazethapyr, imazethapyr+lactofen, haloxyfop-methyl, glyphosate e chlorimuron-ethyl) foram selecionados em função dos resultados de um estudo prévio. Como bioindicadores de atividade se utilizou: respiração microbiana, quantificando-se a emissão de CO₂ aos 2, 4, 8, 12, 16, 20, e 24 dias de incubação, mineralização de nitrogênio, atividade da enzima desidrogenase e a hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), aos 8 e 28 dias. Também se estimou diversidade microbiana.

Tabela 2 - Herbicida, produto comercial e quantidade de ingrediente ativo.

HERBICIDA	PRODUTO COMERCIAL	ia (g Ha.⁻¹)
bentazon	Basagran 600	720
chlorimuron-ethyl	Classic	15
diclosulam	Spider 840	35
flumetsulam	Scorpion	120
fomesafen	Flex	250
glyphosate	Round up Original	720
haloxyfop-methyl	Verdict-R	60
imazaquin	Scepter	290
imazethapyr	Pivot DG	100
imazethapyr + chlorimuron ethyl	Pivot DG +Classic	50+15
imazethapyr + fomesafen	Pivot DG + Flex	60+125
imazethapyr + lactofen	Pivot DG + Cobra	50+80
lactofen	Cobra	180
metolachlor	Dual Gold	1920
metribuzin	Sencor 480	480
sulfentrazone	Boral 500	600
trifluralin	Trifluralina Milenia	534

Fonte: Child (2007).

Os resultados, em suma, quanto a determinações de atividade da microbiota, a respiração basal e a atividade da desidrogenase apresentaram maior sensibilidade na detecção de efeitos dos herbicidas sobre a microbiota do solo que as determinações da hidrólise de FDA ou mineralização de nitrogênio (CHILD, 2007).

Bentazon e a mistura de imazethapyr+lactofen, na maior concentração, e o haloxyfop-methyl nas duas concentrações, apresentaram efeitos inibitórios na respiração microbiana, embora diferentes em época e duração do efeito. Na mineralização de nitrogênio não foi possível detectar efeitos dos tratamentos. Nenhum dos tratamentos herbicidas afetou a hidrólise do FDA. A atividade da desidrogenase mostrou comportamento variável aos 8 e 28 dias, com resultados de inibição e de estímulo. Somente o herbicida metolachlor 10x causou inibição na quantidade de fungos, os restantes efeitos detectados resultaram em incrementos dos microrganismos. A única correlação significativa encontrada foi entre a atividade da desidrogenase e a respiração basal aos oito dias de incubação (CHILD, 2007).

Os resultados destacam a importância da consideração de múltiplos indicadores na avaliação dos efeitos de herbicidas na microbiota do solo.

Por fim, a partir de uma análise um pouco diferente da citada anteriormente, Moretto (2005) a partir do seu trabalho de investigação da interferência de diversos herbicidas sobre a microbiota do solo avaliou dentre diversos parâmetros, se a pressão seletiva exercida pela presença de um determinado herbicida tem potencial para alterar a composição da microbiota local, pelo método de DGGE.

Esta técnica é denominada de “eletroforese em gel com gradiente desnaturante”, que possibilita a separação de produtos de PCR (reação em cadeia da polimerase) em função das diferenças nas sequências de pares de bases parcialmente desnaturados, com o intuito de análise das variações da microbiota do solo após a aplicação de diferentes herbicidas, sendo eles a atrazina, diuron e 2,4-D. (MORETTO, 2015)

Desta forma, as análises foram coletadas na profundidade de 5 a 10 cm e em três diferentes pontos em cada uma das 6 diferentes áreas, sendo que cada uma delas, apresenta um determinado histórico de uso de herbicidas ao longo dos anos. (MORETTO, 2015)

Tabela 3: Amostras de solos de diferentes municípios e tipo de herbicidas utilizado

Amostra	Solo	Cultura	Histórico herbicida	Município/Estado
1	Nativo	Reserva ambiental da floresta amazônica	Sem uso	Manaus/AM
2	Nativo	Reserva ambiental da chapada dos Veadeiros	Sem uso	Alto Paraiso/GO
3	Cultivado	Milho	Atrazina	Casa Branca/SP
4	Cultivado	Soja	2,4-D e Glifosato	Ribeirão Preto/SP
5	Cultivado	Sorgo	Tembotriona e atrazina	Ribeirão Preto/SP
6	Cultivado	Cana-de-açúcar	Diuron	Tambaú/SP

Fonte: Moretto (2005)

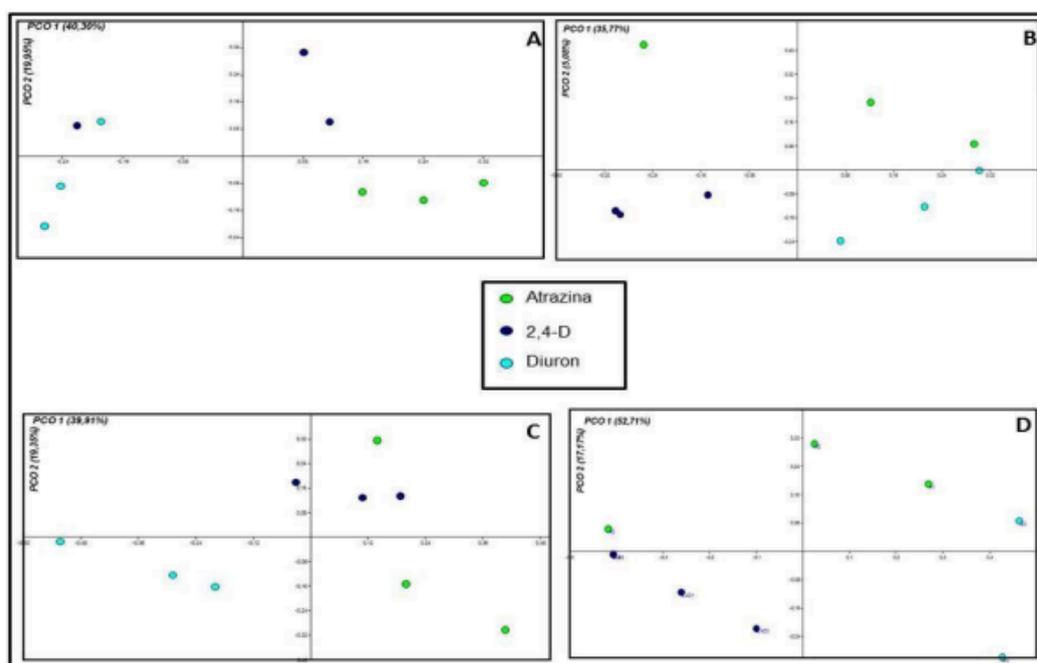
Inicialmente, pôde ser observado que por meio das análises de DGGE, foi verificado alterações na estrutura da comunidade bacteriana associada à aplicação destes três herbicidas. Por meio da análise de PERMANOVA, observou-se um maior

efeito do tempo de persistência dos herbicidas no solo, efeito do tipo de herbicida e interação entre esses dois fatores. A critério de análise qualitativa, em relação à análise de PERMANOVA, foi realizada a análise multivariada de coordenadas principais (PCoA), permitindo analisar quais amostras apresentam estrutura e composição de comunidade bacteriana semelhante ou distinta. (MORETTO, 2015)

Com isso, foi possível observar que existe um gradiente de separação da comunidade ao longo tempo, sendo que há uma maior separação nos períodos da terceira e quarta semana quando comparado com os períodos anteriores à aplicação e duas semanas posteriores à aplicação de herbicidas. Pode ser observado também que na semana sem aplicação de pesticidas e na primeira semana de aplicação, as amostras tiveram tendência de estarem com uma maior semelhança entre os perfis dos grupos bacterianos, enquanto nas últimas semanas de amostras, foi percebido uma maior separação dos tratamentos. (MORETTO, 2015)

Analisando para cada um dos pesticidas citados anteriormente, pode-se perceber que em todos os tempos a estrutura da comunidade apresentou-se distinta. (MORETTO, 2015)

Figura 3: Análise da distribuição da comunidade bacteriana ao longo das semanas.



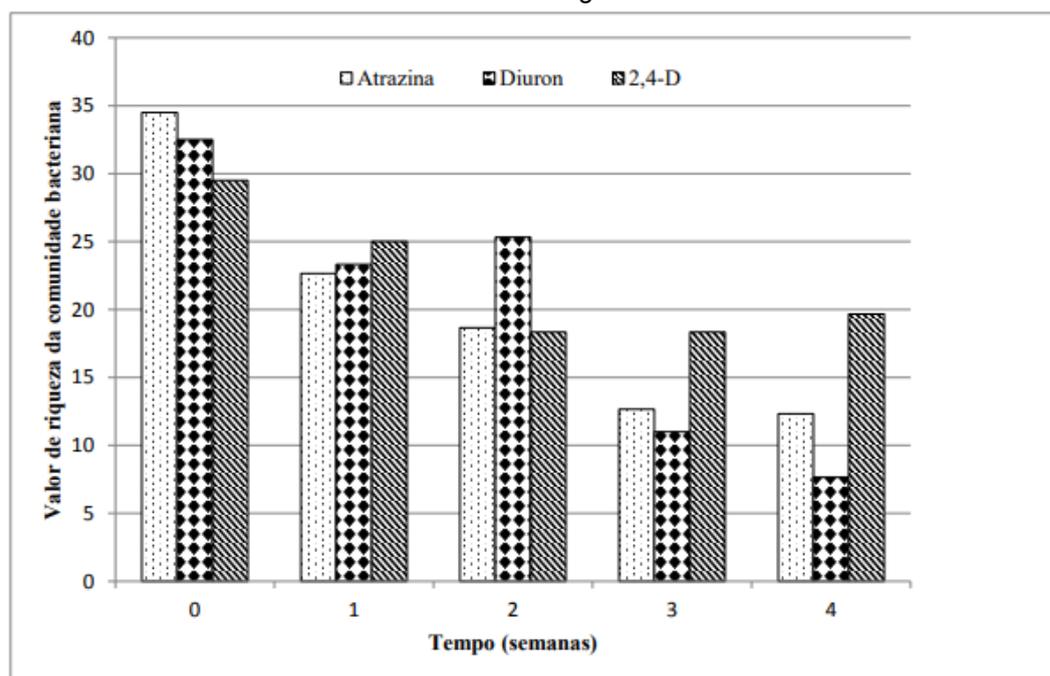
A) uma semana após o tratamento com herbicidas, B) duas semanas após o tratamento com herbicidas, C) três semanas após o tratamento com os herbicidas, D) quatro semanas após o tratamento com herbicidas.

Fonte: Moretto (2005)

Desta forma, por meio das análises baseadas na riqueza de grupo de amostras, pode-se verificar uma resposta específica da comunidade microbiana para cada tipo de herbicida, sendo que a atrazina apresenta um gradiente decrescente ao longo do tempo em valores de riqueza, sendo um maior número de grupos no período de exposição da comunidade bacteriana ao herbicida aplicado no solo. (MORETTO, 2015)

O mesmo ocorreu com o diuron, apresentando um gradiente também decrescente a partir da segunda semana de tratamento e diminuição da riqueza de acordo com o período de exposição da comunidade microbiana ao herbicida. Por fim, para o 2,4-D, foi observado que houve uma redução constante da diversidade até a terceira semana. (MORETTO, 2015).

Figura 4: Análise da média das triplicatas da comunidade bacteriana sob pressão seletiva do herbicida atrazina ao longo das semanas.



Fonte: Moretto (2005).

Com isso, pode ser concluído que se tem a uma alteração da comunidade microbiana local, sendo essa comunidade mais afetada de acordo com o período de exposição da comunidade bacteriana ao herbicida aplicado no solo. (MORETTO, 2015)

Uma presente discussão neste trabalho é a respeito das alterações sofridas pela microbiota do solo em decorrência da exposição aos herbicidas, sendo que na agricultura moderna, tal fato pode ocorrer em alguns casos de forma indiscriminada.

Desta forma, diversos estudos têm avaliado a pressão seletiva exercida na comunidade microbiana. (MORETTO, 2015)

Alguns estudos apontam que os pesticidas não alteraram significativamente o número e heterogeneidade das bactérias do solo, uma vez que elas podem usar essas moléculas como fonte de energia ao degradá-las. Em contrapartida, estudos também apontam que os pesticidas podem afetar negativamente o número de organismos na comunidade microbiana, quando aplicados em taxas excedentes às recomendadas. (MORETTO, 2015)

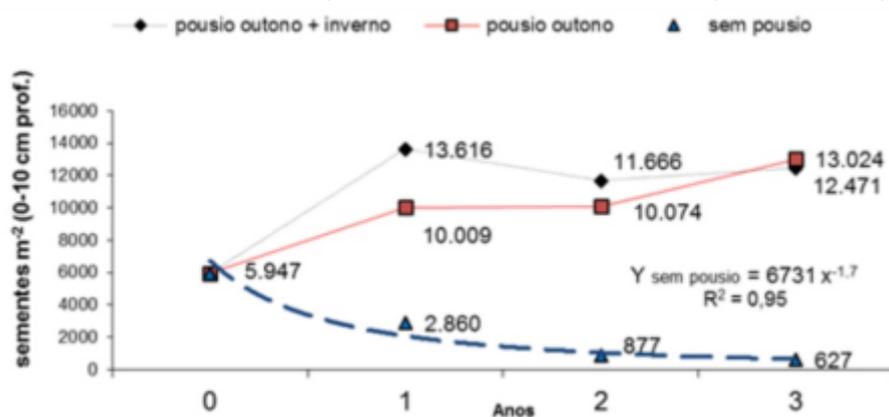
6 MINIMIZAR A INTERFERÊNCIA

Para que tal efeito seja contornado, o uso de herbicidas deve ser realizado de maneira correta, obedecendo as normas e condições presentes na bula, uma vez que para que um produto possa ser comercializado, ele segue uma série de condições relacionadas a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem, a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, de produtos de controle ambiental, de seus produtos técnicos e afins que são regidos pela Lei brasileira.

Além do uso racional de herbicidas, um importante ponto seria a adoção de estratégias que garantam uma redução da sobrevivência de sementes do solo, que podem vir a emergir. Com isso, o uso de herbicidas poderia ser reduzido, apresentando desta forma, uma menor interação com o ambiente. Uma importante opção seria a manutenção da cobertura do solo com plantas vivas, uma vez que elas podem favorecer a presença de predadores que têm o papel importante na mortalidade dessas sementes presente no banco do solo, sendo que há variação de sua eficiência a depender do manejo a que essa cobertura é submetida.

Skora Neto; et al. (2004) observaram uma resposta semelhante à citada anteriormente, sendo que foi avaliada plantas de cobertura em substituição à área de pousio e o efeito da dessecação das plantas presentes antes da semeadura das plantas de cobertura, somado à supressão do desenvolvimento das plantas daninhas pelas plantas de coberturas. Desta forma, foi promovida uma redução exponencial no banco de sementes, quando comparada às áreas de pousio de outono, e pousio de outono e inverno.

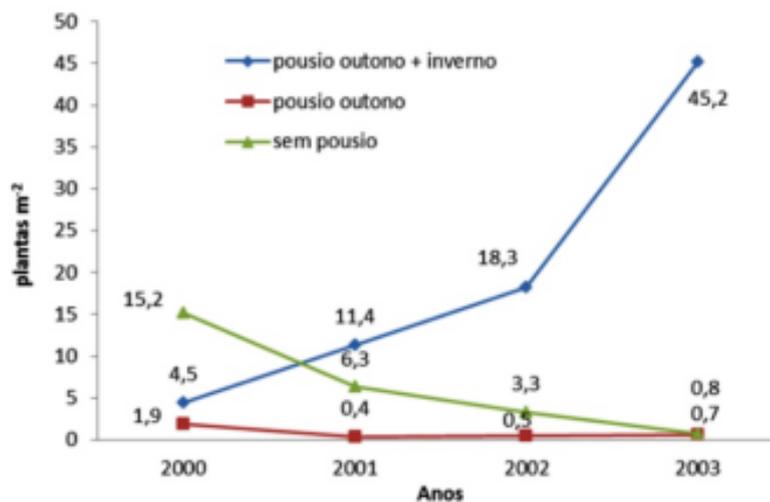
Figura 5: Banco de sementes de plantas daninhas em áreas com pousio e sem pousio.



Fonte: Skora Neto; Campos (2004).

Além disso, eles também puderam observar uma diminuição da sobrevivência de estruturas perenes, como da tiririca (*Cyperus rotundus* L.) nas áreas com dessecação e plantio de plantas de cobertura, sendo o resultado de área em pouco o oposto.

Figura 6: densidade populacional de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) em áreas com diferentes períodos sem planta de cobertura.



Fonte: Skora Neto; Campos (2004)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, através do presente trabalho foi visto como a dinâmica dos herbicidas no solo levanta várias questões e problemas ambientais e agrícolas que devem ser cuidadosamente abordadas.

A partir de Child (2007), foi visto as diversas interações de herbicidas e ambiente através da exposição do autor. Foi confirmado a necessidade de conhecer cada molécula em seu uso diferencial, uma vez que os defensivos estudados têm impactos diferentes sobre a microbiota. Através do experimento, dentre as moléculas citadas, Bentazon, imazethapyr + lactofen, haloxyfop-methy e metolachlor apresentaram algum tipo de efeito inibitório sobre a biomassa microbiana. Logo, deve-se dar prioridade a outras moléculas que não surtiram tais efeitos antagônicos e quando fazer uso, usar com sustentabilidade e sem excessos.

Também foi visto, através do estudo do Moretto (2015), a redução da riqueza perante a aplicação de tratamento contendo atrazina, diuron e 2,4-D. Atrazina e diuron ocasionaram maior redução na quantidade de espécies microbianas, enquanto o 2,4-D apresentou redução constante até a 3ª semana onde se estabilizou. Portanto, dentre as moléculas citadas o 2,4-D seria a melhor resposta de uso, uma vez que agride menos a comunidade biológica do solo ao longo do tempo.

Por conseguinte, por meio da análise das autores frente ao presente trabalho, o uso de herbicidas no solo deve ser cada vez mais pensado na microbiota do solo, usando moléculas que não causem efeitos inibitórios ou danosos para que o manejo seja cada vez mais sustentável e ecologicamente viável.

8 REFERÊNCIAS

BEIGEL, C.; CHANNAY, M.P. **Degradation of formulated and unformulated fungicide in soil.** Soil Biology & Biochemistry, v.31, n. 4, p. 59-65, 1999.

CHILDS, Grisel Mariom Fernandez. **Efeitos de Herbicidas na microbiota do solo em sistema fechado.** Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", [S. l.], p. 1-70, 12 jul. 2007.

CHRISTOFFOLETI, P.J. **Reflexão sobre o histórico da evolução da ciência das plantas daninhas.** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", [s.d].

CORK, D. J.; KRUEGER, J. P. **Microbial transformations of herbicides and pesticides.**

Advances in applied Microbiology, New York, v. 36, p.1-6, 1991.

DOMSCH K. H., JAGNOW G. and ANDERSON T. H. (1983) **An ecological concept for the assessment of side-effects of agrochemicals on soil microorganisms.** *Microbiol. Rev.* 47: 66-75.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality.** In: DORAN, J. M. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment.* Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).

GILLER, P.S. **The diversity of soil communities, the 'poor man's tropical rainforest.** *Biodiversity and Conservation*, London, v. 5, p. 135-168, 1996

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. **Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon.** *Biol. Fert. Soils*, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. 2002. **Microbiologia e bioquímica do solo.** UFLA/FAEPE, Lavras. 626pp.

MIRANSARI, M. **Soil microbes and the availability of soil nutrients.** *Acta Physiologiae Plantarum*, Paris, v. 35, p. 3075-3084, 2013.

OLIVEIRA, M.F.; BRIGHENTI, A.M. **Controle de Plantas Daninhas**. Brasília, 2018.

RAYMOND, J. et al. **The natural history of nitrogen fixation**. Molecular Biology and Evolution, Chicago, v. 21, p. 541–554, 2004.

SILVA, Alexandre Ferreira. **Ação de herbicidas sobre cultivares de cana-de-açúcar e na atividade da microbiota do solo**. UFV, [S. l.], p. 1-74, 31 dez. 2010.

SKORA NETO, F.; CAMPOS, A. C. **Alteração populacional da flora infestante pelo manejo pós colheita e ocupação de curtos períodos de pousio com coberturas verdes**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, v. 10, p. 135, 2004. Suplemento.

SMITH, A.F; SECOY, D.M. **Early chemical control of weeds in Europe**. Weed Science, vol. 24, pg 594-597, 1976.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos**. In: VENEGAS, V. H. A. et al. (Eds.). Tópicos em ciência do Solo. v. II (2002) – Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 195-276.