

A utilização de glifosato no cultivo de café, um estudo epistemológico**The use of glyphosate in coffee growing, an epistemological study**

DOI:10.34117/bjdv6n6-231

Recebimento dos originais:08/05/2020

Aceitação para publicação:10/06/2020

Andreia Zavariz

Bacharel em Ciências Biológicas

Instituição: UFES

Endereço: Rua Honório Passamani, 121, Centro, Marilândia - ES, Brasil.

Cep: 29725-000

E-mail: andreiazavariz@hotmail.com

Queila Teixeira Alves Berryhill

Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas, especialista em Biotecnologia

Instituição: UFES/ UCDB

Endereço: Av. AB, quadra 51, n. 1, Manuel Plaza, Serra - ES, Brasil.

Cep: 29160-450

E-mail: queila.alves@gmail.com

Eliane Tigre Guimarães

Doutora em Ciências

Instituição: Hospital das Clínicas HCFMUSP, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, BR.

Endereço: Av. Dr. Arnaldo, 455 - Cerqueira César, São Paulo - SP, Brasil.

Cep: 01246-903.

Prédio FMUSP, primeiro andar, sala1220.

E-mail: eliane.tigre@fm.usp.br

Fernanda Alves Cangerana Pereira

Doutora em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP

Instituição: FATEC SP

Endereço: Av. Tiradentes, 615 - Bom Retiro, São Paulo - SP, Brasil.

Cep: 01124-060. Prédio A&B, sexto andar, sala 608.

E-mail: facan@fatecsp.br

RESUMO

De acordo com pesquisas realizadas (Zavariz; Berryhill; Pereira, 2017) o Glifosato é muito utilizado nas lavouras de café. O objetivo deste estudo foi verificar os mecanismos de ação do glifosato e levantar seus potenciais efeitos negativos para o meio ambiente. O Glifosato é pulverizado e absorvido pelas plantas através das folhas e folículos novos, assim, ele age sobre sistemas enzimáticos, inibindo o metabolismo de aminoácidos e o consequente crescimento das outras plantas consideradas indesejáveis na cultura de café. Este trabalho identificou a existência de estudos que relatam haver evidências de efeitos negativos no meio ambiente proporcionados pelo Glifosato.

Palavras-chave: Pesticidas, Herbicidas, Glifosato, *Coffea arábica*.

ABSTRACT

According to research carried out (Zavariz; Berryhill; Pereira, 2017) Glyphosate is widely used in coffee plantations. The objective of this study was to verify the mechanisms of action of glyphosate and to raise its potential negative effects on the environment. Glyphosate is sprayed and absorbed by plants through new leaves and follicles, thus, it acts on enzymatic systems, inhibiting the metabolism of amino acids and the consequent growth of other plants considered undesirable in coffee culture. This work identified the existence of studies that report there is evidence of negative effects on the environment provided by Glyphosate.

Keywords: Pesticides, Herbicides, Glyphosate, *Coffea arábica*.

1 INTRODUÇÃO

Conforme Lewontin (2002) vivemos um tempo em que a continuação do progresso em um estágio da história transforma-se em obstáculos, e devemos ter em vista que a natureza requer que consideremos a relação entre externo e interno, entre o organismo e o ambiente. Um segundo aspecto dessa relação organismo - ambiente, é que todos os organismos não só determinam os aspectos de seu 'mundo' interior, como também constroem um 'mundo' à sua volta. Com essa teoria de Lewontin (2002), o organismo interage com o meio ambiente. Assim, também pode-se falar sobre as relações existentes na cadeia alimentar, estando o homem no topo, como responsável pela conservação e manutenção vital do ambiente. Consequentemente, o que é pulverizado nos grãos de café como pesticida ou para incremento de qualidade, será absorvido e acumulado na cadeia alimentar, afetando toda a gama genética dos organismos e do ambiente. Lewontin (2002) afirma que não há apenas a interação de genes e organismos, há a interação dos genes, organismos e ambientes, ao que ele chama de tripla hélice.

Colborn et al (2002) descrevem que na Dinamarca, em 1992, um especialista em reprodução descobriu a ocorrência cada vez maior de espermatozoides anormais, e também uma queda na reprodução, posto que a incidência de câncer nos testículos tinha triplicado no país, entre 1940 e 1980. Esse cientista realizou 61 estudos, a maioria nos EUA e Europa, também na Índia, Nigéria, Hong Kong, Tailândia, Brasil, Líbia e Peru. Os pesquisadores não consideraram as ocorrências como causas genéticas, já que todo o processo ocorreu em um período muito curto, determinando assim, que algum fator ambiental deveria ser o responsável. Ainda estava para ser esclarecido de onde vinham tais anomalias.

Lomborg (2002) ressalta que argumentos relacionados ao meio ambiente sejam sustentados por tendências de dois ou três anos, e estas devem ser cuidadosamente

selecionadas e estudadas por todo o período estipulado, e ainda observadas de acordo com as ocorrências durante os anos seguintes e não apenas os dois ou três anos estipulados. Diante de uma grande transformação no meio ambiente, um estudo aprofundado se fazia necessário. Colborn et al (2002) procuraram suprir esta necessidade no livro “Um futuro roubado” em que descreve que muitos problemas orgânicos começaram a surgir em vários lugares, como na Flórida, nos Grandes Lagos, na Inglaterra, na Dinamarca, no Mediterrâneo e outros países. Eram problemas como defeitos nos órgãos sexuais, comprometimento da fertilidade, perdas fetais, anomalias genéticas e de comportamento, e desaparecimento total de determinadas espécies de animais silvestres. Colborn et al (2002) acreditam que havia alguma relação com agentes químicos, mas o elo entre os dois precisava ser identificado. Muitas pessoas que moravam na região dos Grandes Lagos (EUA), afirmaram estar expostas a níveis mais elevados de agentes químicos, do que moradores de outras regiões deste mesmo país.

Quanto mais Colborn et al (2002) se aprofundavam nas pesquisas, mais se deparavam com os mesmos agentes químicos que apareciam novamente nas espécies de animais afetados. Entre esses agentes encontravam-se agrotóxicos organoclorados como DDT, dieldrin, clordane e lindane, além de um grupo de agentes químicos conhecidos como PCBs. Souza et al (2020) estudaram o manejo de hortaliças em áreas urbanas e peri urbanas na região noroeste do município de Goiânia e concluíram que sob o ponto de vista do uso de agrotóxicos, os produtores fazem a aquisição de produtos de forma ilícita e sem os documentos obrigatórios, não usam EPIs, e que a aplicação geralmente é feita sem orientação técnica.

Lewontin (2002) reitera que não pode haver organismo sem ambiente, não pode haver ambiente sem organismo. Há uma má compreensão sobre o que existe no mundo externo a um organismo, que continuaria a existir na ausência da espécie, e a afirmação incorreta de que os ambientes existem sem as espécies. O ambiente de um organismo é a penumbra de condições externas que para ele são relevantes em face das interações que mantém com os aspectos do mundo exterior.

De acordo com Colborn et al (2002) o nível de PCBs era duas ou três vezes maior entre as vítimas de mortandade (golfinhos contaminados) do que entre os golfinhos saudáveis. Tal fato foi relatado no mar mediterrâneo no início dos anos 90. Exames revelaram que as vítimas dessa contaminação apresentavam comprometimento parcial dos pulmões e dificuldades para respirar e se movimentar além de anomalia no comportamento.

Colborn et al (2002) relatam que mulheres de Michigan no puerpério, que haviam consumido peixes dos Grandes Lagos, apresentaram níveis significativos de PCBs, dentre

outros contaminantes químicos. A pesca continuou, pois movimentava uma indústria de 3 a 4 bilhões de dólares, e como os PCBs são persistentes, as mulheres acumularam os agentes químicos em seus tecidos adiposos, transmitindo-os aos bebês através da placenta e do leite materno.

Lomborg (2002) reconhece que os pesticidas são bem conhecidos e sabe-se também que eles penetram os lençóis freáticos, e como pesticidas podem causar câncer, nos deparamos com grave problema. Diante disso, devemos nos perguntar que tipo de danos eles causam e quanto custa evitar o seu uso. Para Lomborg, sem o uso de pesticidas, o preço das frutas e verduras se elevariam, desfavorecendo o consumo. Uma investigação aprofundada se faz necessária, até que ponto a utilização do agrotóxico está afetando o meio ambiente e o homem, até que ponto podemos permitir a utilização dos agrotóxicos, sem medo de adquirir doenças e outras alterações nos organismos e ambiente?

Foram listados vários agrotóxicos e pesticidas utilizados na lavoura do café no estudo de caso em Marilândia-ES, são eles: ROUNDUP (GLIFOSATO), CHLORPYRIFOS, TOCHA (GRAMOXONE) GOAL, DECIS, CERCOBIN, ÁCTARA, AMISTAR, ALTO 100, dentre outros (ZAVARIZ; BERRYHILL; PEREIRA, 2017). O Objetivo deste artigo é analisar o glifosato, que é um herbicida recentemente banido em vários países de acordo com Baum et al (2018).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um levantamento bibliográfico nas bases de dados, Scielo, Sciendo e Pubmed no ano de 2018. Na base de dados Scielo, foram encontrados 768 artigos sobre o glifosato (glyphosate), dentre eles, 17 artigos interligando o glifosato e o café (*Coffea arabica*), 13 artigos apontando doenças e 1 artigo citando câncer. Na base de dados Sciendo foram detectados 96 artigos nomeando o glifosato, e dentre estes, 29 artigos relacionando o glifosato a doenças, 10 artigos associados com o câncer, e 1 artigo citando o café. Na base de dados PubMed foram identificados 2970 artigos mencionando o glifosato, destes 959 artigos retratam sua toxicidade, 194 artigos relacionam doenças, 89 artigos reiteram o câncer, e 02 artigos referindo *Coffea arabica*. Foram incluídos nesta pesquisa os artigos que correlacionaram o uso de Glifosato na cultura cafeeira e seus efeitos na saúde. Foram escolhidos 25 artigos, que entraram nessa pesquisa e estão relacionados nas referências bibliográficas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Glifosato (N-fosfometil glicina) é um herbicida de pós-emergência, pertencente ao grupo químico dos inibidores da síntese de aminoácidos e contém o N-(phosphonomethyl) glycina como ingrediente ativo [N-(fosfonometil) glicina]. É classificado como não seletivo e de ação sistêmica, exibindo amplo espectro de ação, possibilitando um excelente controle de plantas daninhas anuais (GALLI e MONTEZUMA, 2005). Especificamente, o glifosato atua inibindo a atividade da enzima plastídica 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que catalisa a reação na qual chiquimato-3-fosfato (S3P) reage com fosfoenolpiruvato (PEP), formando 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato (EPSP) e fósforo inorgânico (Pi) (FRANÇA, 2009). Então, quando a planta é exposta ao glifosato, este herbicida se liga ao complexo EPSPs-S3P, impedindo que ocorra a interação deste complexo com fosfoenolpiruvato, ao formar o complexo inativo EPSPs-S3P-glyphosate (CARVALHO, 2011). Inibindo a atividade da EPSPs o glifosato influencia a inibição da síntese de clorofila, estimula a produção de etileno, reduz a síntese de proteínas e eleva a concentração do ácido indol acético (AIA) (GALLI e MONTEZUMA, 2005).

Amarante Júnior et al (2002) explicam que o glifosato é pulverizado e absorvido pelas plantas através das folhas e caulículos novos. Dessa forma o glifosato é transportado para toda a planta, e age em sistemas enzimáticos inibindo o metabolismo de aminoácidos, as bases estruturais das proteínas que compõem toda a estrutura da planta, causando lentamente a sua morte ou a sua resistência. Pesquisas na área da biologia vegetal têm mostrado que muitos agentes químicos estimulam o crescimento das plantas em doses baixas e retardam em doses elevadas. Segundo Velini et al. (2008), subdoses de glifosato podem estimular o crescimento de uma variedade de espécies vegetais, e dosagens a partir de 8% da dose recomendada começam a ser tóxicas às plantas.

A ação fitotóxica causada por herbicidas ocorre por meio da inibição da síntese de proteínas nos meristemas apicais, resultando na interrupção do desenvolvimento da planta. O efeito mais rápido e drástico decorrente da aplicação de glifosato observado em plantas sensíveis é o acúmulo de chiquimato nos vacúolos (SILVA et al., 2012). Muitos herbicidas foram desenvolvidos como reguladores de crescimento, sendo assim, o uso de produtos químicos originalmente utilizados como herbicidas em pequenas dosagens, ou subdoses, podem estimular o desenvolvimento das plantas. A esse efeito “benéfico” do uso de subdoses de produtos tóxicos se denominou hormese, que por definição é um fenômeno onde substâncias consideradas tóxicas são utilizadas em pequenas doses para estimular

desenvolvimento das plantas. Um efeito cada vez mais discutido e pesquisado a fim de compreender o mecanismo de ação estimulante e benéfica de substâncias consideradas tóxicas (SILVA et al., 2009).

Calabrese et al. (1999), afirma que a maioria dos produtos químicos e agentes físicos têm a capacidade de estimular os efeitos biológicos. Sendo esses estímulos fracos, há uma aceleração da atividade fisiológica, e sendo os estímulos fortes, há o encerramento da atividade fisiológica. Dessa forma, causando toxicidade em doses superiores ao limiar. Assim, uma resposta hermética pode ser observada em vários sistemas biológicos. Independente do agente ou do modelo biológico, o comportamento à resposta hermética é semelhante, sendo estabelecida uma faixa bastante acentuada do limite entre o efeito estimulante e tóxico (CALABRESE e MATTSON, 2011). VELINI et al. (2008) observou que a aplicação de altas doses de glifosato inibe o crescimento da planta, enquanto a aplicação de subdoses estimulam seu crescimento.

Tarazona et al. (2017) informa que as diretrizes da ONU e da União Européia recomendam que os estudos de carcinogenicidade e genotoxicidade sejam direcionados a substâncias químicas individuais, limitando o teste de misturas/formulações a casos em que se esperam efeitos sinérgicos (UNITED NATIONS, 2015 citado por TARAZONA, 2017). E ressalta que a citotoxicidade e a genotoxicidade potencial de outros ingredientes devem ser consideradas antes de se assumir que os efeitos observados para um produto formulado estão ligados à substância ativa. Os efeitos genotóxicos secundários produzidos pela citotoxicidade também devem ser distinguidos do verdadeiro potencial genotóxico (Bryce et al., 2014; Kitamoto et al., 2015 citados por TARAZONA, 2017).

De acordo com Amarante Júnior et al (2002), o herbicida glifosato representa 60% do mercado mundial de herbicidas. O Glifosato é usado para o controle de ervas daninhas na agricultura, para o controle da vegetação em áreas não agrícolas, e também no auxílio à colheita como dessecante de colheita. Desde 1971 são comercializados 3 tipos de glifosatos, o Round-up, o Syngenta e o Glifosato isopropilamônio. Segundo a publicação da Zion Market Research (2018), cerca de 785.300 toneladas de produtos químicos contendo glifosato foram usadas no mercado mundial, e o lucro de suas vendas chegaram a US\$ 7,24 bilhões em 2017. Seu uso continua aumentando, em grande parte devido ao desenvolvimento de variedades de culturas geneticamente modificadas resistentes ao glifosato, devendo atingir US \$ 10,88 bilhões em 2024, crescendo a uma taxa anual de 6,2% entre 2018 e 2024.

Para Duke e Powles (2008), o glifosato foi considerado um herbicida vantajoso, até se descobrir que seu uso levou à evolução de ervas daninhas resistentes a ele. Assim, vieram à tona consequentes publicações de estudos que sugeriam os efeitos de formulações baseadas em glifosato em seres humanos e em animais selvagens. Segundo Tarazona (TARAZONA et al., 2017), cerca de 25% dos artigos publicados na base de dados PubMed cobrem os pontos de toxicidade em humanos e outros tipos de organismos, sendo a maioria gerida com formulações à base de glifosato, contendo outros ingredientes. A completa lista de compostos nestas formulações não é divulgada pelos fabricantes, sendo impossível para os pesquisadores atribuírem a toxicidade específica dos ingredientes na mistura.

Estudos apontam que alguns ingredientes das formulações à base de glifosato podem ser mais tóxicos do que o glifosato para espécies não vegetais (KIM et al. 2013; MESNAGE et al., 2013; NOBELS et al., 2011). A fórmula molecular do glifosato é $C_3H_8NO_5P$ e na forma de sal de isopropilamônio apresenta também a fórmula $((CH_2) CHNH_3)$. Todos são muito solúveis na água. No caso do glifosato, o grupo fosfato e carboxílico apresentam um teor mais ácido do que o grupo amônio. O tipo mais utilizado nas formulações do glifosato são as etilaminas, um grupo muito tóxico, cujos efeitos adversos como irritação nos olhos, sistema respiratório e pele, levaram os órgãos de fiscalização a pedir o desenvolvimento de novas formulações para devida aprovação (AMARANTE JR et al, 2002). De acordo com Queiroz (2010), o glifosato pode persistir durante anos no solo devido à sua elevada capacidade de adsorção, à capacidade de ligação às partículas do solo devido à presença de matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio e, também, devido às argilas que compõem o solo. Após sua absorção pelas plantas, o glifosato é translocado junto com fotossintatos e atua diretamente na via do chiquimato, inibindo a síntese de triptofano, fenilalanina e tirosina, aminoácidos essenciais à síntese de proteínas e o crescimento das plantas (FRANÇA, 2009).

Foram observadas tendências significativas para a indução de tumores em dois estudos com camundongos, mas apenas com doses muito elevadas, bem acima da dose máxima proposta para estudos de carcinogenicidade (OECD 2012) de 1000 mg/kg de peso corporal por dia; indicações claras de toxicidade foram observadas nessas altas doses, como peso corporal reduzido, alterações histopatológicas na bexiga e no fígado, e outros sinais tóxicos; consequentemente, as tendências de indução tumoral foram consideradas efeitos confusos devido à toxicidade excessiva.

A IARC- (International Agency for Research on Cancer) da OMS, adota um enfoque diferente, não direcionado a produtos químicos individuais, mas a uma ampla gama de agentes

e desenvolveu recentemente um novo esquema de evidências de peso, extraindo as “características-chave” dos agentes físico/químicos, biológicos e comportamentais classificados pela agência na categoria 1, carcinógeno confirmado (SMITH et al., 2016). Essas características-chave são definidas como propriedades comuns, não devendo ser consideradas mecanismos de Vias de Resultados Adversos, embora sejam postuladas como um método para sintetizar informações e desenvolver redes de resultados adversos. As dez características são as habilidades de um agente para: (1) atuar como um eletrófilo, seja diretamente ou após a ativação metabólica; (2) ser genotóxico; (3) alterar o reparo do DNA ou causar instabilidade genômica; (4) induzir alterações epigenéticas; (5) induzir estresse oxidativo; (6) induzir inflamação crônica; (7) ser imunossupressor; (8) modular os efeitos mediados pelo receptor; (9) causar imortalização; e (10) alterar a proliferação celular, a morte celular ou o suprimento de nutrientes. Deve-se notar que esta nova abordagem foi aplicada às recentes monografias do IARC.

Garcia (2007) atesta que uma das maiores causas da contaminação de águas superficiais e subterrâneas atualmente é a utilização de pesticidas na atividade agrícola. Esta contaminação resulta da ação das águas da chuva e de irrigação que provocam lixiviação, drenagem e escoamento dos pesticidas presentes nas plantações e no solo, os quais atingem cursos d’água ou reservatórios. Em muitos países - inclusive no Brasil - não há programas de monitoramento e/ou controle dos níveis de contaminação em águas para esta categoria de produto, ou a legislação sobre o assunto é pouco clara ou não atualizada. Arantes (2011) descreve que a principal fração do glifosato formada nos solos, são os resíduos ligados, os quais merecem especial atenção, uma vez que não se conhece a consequência ambiental da formação desses resíduos.

Como relatado por Arantes (2011), a biodegradação do glifosato pelos microrganismos dos solos resulta em produtos da metabolização, cujo comportamento ambiental e efeitos tóxicos são ainda pouco conhecidos. Amarante Júnior et al (2002) afirmam também que a aplicação do glifosato pode resultar na presença de resíduos na colheita e em animais utilizados na alimentação humana. No ambiente a concentração mais alta é encontrada no solo. A ocorrência de glifosato na água foi relatada no Texas – EUA (Hallberg, 1989 apud AMARANTE JR. Et al, 2002). A aplicação direta do glifosato na água, pode ser encontrada na água potável.

Amarante Jr. et al (2002) comentam, ainda, que o herbicida glifosato pode causar defeitos crônicos no nascimento em determinadas espécies de animais, quando utilizados em

doses elevadas e períodos prolongados. Os estudos feitos em ratos demonstram perda de peso, morte de matrizes grávidas, além de desordem digestivas. Em plantas o glifosato tem alta toxicidade. Estudos realizados em seres humanos também mostraram toxicidade. Houve o aparecimento de dermatite de contato e síndrome tóxica após a ingestão de doses elevadas. Os peixes e os invertebrados aquáticos são os mais sensíveis ao herbicida. O glifosato também tem sido relacionado com a inibição da fixação do nitrogênio no solo, conseqüentemente, afetando as plantas, animais e ambiente.

A agência de proteção ambiental dos EUA (US-EPA) estabelece limite de 700mg/l de glifosato em água potável (AMARANTE JR et al, 2002). Na Europa (Comunidade Econômica Européia – EEC) estabelece o nível de 0,1mg/l desde que a concentração total de glifosato não ultrapasse 0,5mg/l. No Brasil a ANVISA tolera no grão de café até 1,0 ppm num intervalo de segurança de 15 dias. Há a necessidade de mais estudos para que se possa avaliar a toxicidade do glifosato no meio ambiente e no homem. Dada a gravidade das questões envolvendo agrotóxicos, a abordagem deste tema em educação ambiental é de suma importância (Pereira et al, 2019).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há evidências de efeitos negativos do glifosato no meio ambiente, principalmente devido à resistência desenvolvida por algumas espécies de ervas daninhas após a utilização prolongada deste herbicida. Potenciais efeitos deletérios para os ecossistemas de maneira geral e para a saúde humana de maneira específica podem ser aventados com base nos levantamentos feitos neste artigo. Ainda assim, altas dosagens ou novas formulações são cogitadas, porém, mais estudos sobre a toxicidade, ainda se fazem necessários.

REFERÊNCIAS

LEWONTIN, R. A Tripla Hélice. Gene, Organismo e Ambiente. Companhia das Letras. 2002.

COLBORN ET AL, T., DUMANOSKI, D., MYERS, J. P. O Futuro Roubado. Porto Alegre: L&PM. 2002.

Souza, MAP; Alves, AFT; Freitas, GS. Uso e manejo de agrotóxicos por produtores de hortaliças em área urbana: um estudo de caso da região noroeste de Goiânia, Goiás. *Brazilian Journal of Development*, vol 6, n 5, 26198- 216, 2020.

LOMBORG, B. *O Ambientalista Cético. Revelando a situação real do mundo*. Ed. Campus. 2002.

ZAVARIZ A., BERRYHILL, Q. A. T., PEREIRA, F. A.C. *A Utilização de Agrotóxicos na Lavoura de Café no Brasil: Estudo de caso em Marilândia - ES*. 2017.

BAUM, HEDLUND, ARISTEI & GOLDMAN. *Monsanto Roundup Lawsuit Links. Where is glyphosate banned?* Disponível em: <<https://www.baumhedlundlaw.com/toxic-tort-law/monsanto-roundup-lawsuit/where-is-glyphosate-banned/>> Acessado em 10 Jan. 2019.

AMARANTE JUNIOR, O P; SANTOS, T C R; BRITO, N M; RIBEIRO, M L. Glifosato: propriedades, toxicidade, uso e legislação. *Quim. Nova*, Vol. 25, No. 4, 589-593, 2002.

ZION MARKET RESEARCH. “Mercado de glifosato para culturas convencionais e aplicações de culturas geneticamente modificadas: Perspectiva da Indústria Global, Análise Abrangente e Previsão, 2017 - 2024”. July 05, 2018 07:57 ET. Report Code: ZMR-2992. Number of pages: 110 Disponível em: <<https://www.zionmarketresearch.com/report/glyphosate-market>> Acessado em 10 Jan. 2019.

DUKE, S.O., POWLES, S.B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Manag Sci*. 2008; 64:319-325. doi: 10.1002/ps.1518. [PubMed].

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHEDE, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. *Pest Management Science*, 64:489-496, 2008.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. *Alguns aspectos da utilização de glyphosate na agricultura*. ACADCOM Gráfica e Editora Ltda., 2005. 66 p.

CARVALHO, L. B. Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate. 2011. 119f. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2011.

FRANÇA, A. C. Ação do glyphosate sobre o crescimento e teores de nutrientes em cultivares de café arábica. 2009. 57f. (Tese de Dourado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.

SILVA, J. C.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; KURYIAMA, C. S.; RODRIGUES, R. A. F. Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 295-302, 2012.

SILVA, M. A.; ARAGÃO, N. C.; BARBOSA, M. A.; JERONIMO, E. M.; CARLIN, S. D. Efeito hormótico de glifosate no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.4, p.973-978, 2009.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A.; HOLLAND, C. D. Hormesis: A Highly Generalizable and Reproducible Phenomenon with Important Implications for Risk Assessment. *Risk Analysis*, Vol. 19, n. 2, 261-281, 1999.

CALABRESE, E. J.; MATTSON, M. P. Hormesis provides a generalized quantitative estimate of biological plasticity. *J. Cell Commun.* 5, 25-38, 2011.

DOMINGUES JÚNIOR, A. P. Avaliação dos efeitos do herbicida glyphosate sobre o cafeeiro: respostas bioquímicas e fisiológicas. 2011. 73f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2011.

TARAZONA, J. V.; COURT-MARQUES, D.; TIRAMANI, M.; REICH, H.; PFEIL, R.; ISTACE, F.; CRIVELLENTI, F. (2017). Glyphosate toxicity and carcinogenicity: a review of the scientific basis of the European Union assessment and its differences with IARC. *Archives of toxicology*, 91(8), 2723-2743.

UNITED NATIONS (2015) Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (ghs), revision 6. United Nations, New York and Geneva.

BRYCE, S.M.; BERNIS, J.C.; MERENESS, J.A.; SPELLMAN, R.A.; MOSS, J.; DICKINSON, D.; Interpreting in vitro micronucleus positive results: simple biomarker matrix discriminates clastogens, aneugens, and misleading positive agents. *Environ Mol Mutagen*. 2014;55:542-555. doi: 10.1002/em.21868. [PubMed].

KITAMOTO, S.; MATSUYAMA, R.; UEMATSU, Y.; OGATA, K.; OTA, M.; YAMADA, T. Optimal dose selection of n-methyl-n-nitrosourea for the rat comet assay to evaluate DNA damage in organs with different susceptibility to cytotoxicity. *Mutation Res Genetic Toxicol Environ Mutagen*. 2015; 786:129-136. doi: 10.1016/j.mrgentox.2015.05.001. [PubMed].

KIM Y-h, HONG J-r, GIL H-w, SONG H-y, HONG S-y. Mixtures of glyphosate and surfactant tn20 accelerate cell death via mitochondrial damage-induced apoptosis and necrosis. *Toxicol in Vitro*. 2013; 27:191-197. doi: 10.1016/j.tiv.2012.09.021. [PubMed].

OECD (2012) Guidance document 116 on the conduct and design of chronic toxicity and carcinogenicity studies, supporting test guidelines 451, 452 and 453 2nd edition. Series on testing and assessment no. 116. *Env/jm/mono(2011)47*.

MESNAGE, R.; BERNAY, B.; SERALINI, G.E. Ethoxylated adjuvants of glyphosate-based herbicides are active principles of human cell toxicity. *Toxicology*. 2013; 313:122-128. doi: 10.1016/j.tox.2012.09.006. [PubMed].

NOBELS, I.; SPANOGHE, P.; HAESAERT, G.; ROBBENS, J.; BLUST, R. Toxicity ranking and toxic mode of action evaluation of commonly used agricultural adjuvants on the basis of bacterial gene expression profiles. *PLOS ONE*. 2011; 6(11):e24139. doi: 10.1371/journal.pone.0024139. [PMC free article] [PubMed].

SMITH, P.; HECHT, S.S.; BUCHER, J.R.; STEWART, B.W.; BAAN, R.; COGLIANO, V.J.; STRAIF, K. Key characteristics of carcinogens as a basis for organizing data on

mechanisms of carcinogenesis. *Environ Health Perspect.* 2016; 124:713-721. doi: 10.1289/ehp.1408166. [PMC free article] [PubMed].

GARCIA, A.F.; ROLLEMBERG, M.C. Determinação Voltamétrica do Herbicida Glifosato em Águas Naturais Utilizando Eletrodo Cobre. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 7, 1592-1596, 2007.

ARANTES, S.A.C.M.; LAVORENTI, A.; TORNISIELO, V.L.; ARANTES, S. A. C. M. Efeito da Calagem na mineralização de ¹⁴C- glifosato em solos. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 35, n. 2, p. 234-241, mar./abr., 2011.

QUEIROZ, G.M.P.; SILVA, M.R.; BIANCO, R.J.F. Transporte de Glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola. *Quim. Nova*, Vol. 34, No. 2, 190-195, 2011.

Pereira, D.N.; Moro, D.; Flores, R. Educação ambiental na formação inicial de professores: um relato de experiência a partir da temática agrotóxicos. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 25874-25888, nov. 2019.