

Imunologia & Doenças Infecciosas e Parasitárias

EDIÇÃO VI

Capítulo 4

IMPACTOS IMUNOTÓXICOS DO GLIFOSATO: EVIDÊNCIAS SOBRE O RISCO DE LINFOMA NÃO HODGKIN EM HUMANOS

CECÍLIA BRENAG MASSANEIRO¹
VALQUIRIA DE PAULA FRANCO¹
BEATRIZ ESSENFELDER BORGES²

1. Discente - Farmácia do Centro Universitário Santa Cruz.

2. Docente - Doutora do Centro Universitário Santa Cruz.

Palavras-chave

Glifosato; Imunologia; Linfoma Não Hodgkin.

DOI: 10.59290/6994200955

INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor agrícola é uma das principais bases econômicas. O glifosato representava 62% do uso de herbicidas no país entre 2009 e 2016, sendo especialmente voltado para a produção de soja. Em 2017, a substância representava 30% dos herbicidas mais utilizados no mundo inteiro (ROCHA, 2014). A quantidade de glifosato aplicada pelos agricultores aumentou aproximadamente 15 vezes, de 51 milhões de quilos, em 1995, para 747 milhões de quilos, em 2014 (TOLEDO, 2019).

A substância foi descoberta pelo químico suíço Henri Martin, da farmacêutica Cilag, em 1950, sendo inicialmente comercializada como produto para limpar metais pela empresa estadunidense Stauffer Chemical. Após 20 anos, o glifosato passou a ser utilizado em herbicidas produzidos pela Monsanto (CARLOS, 2019).

O uso generalizado do glifosato na agricultura e na silvicultura contribuiu para o desenvolvimento de inúmeras formulações comerciais de herbicidas organofosforados contendo esse composto (N-fosfometil glicina) em sua base. Herbicidas à base de N-fosfometil glicina são aplicados nas folhas de plantas daninhas bianuais, que são plantas que se desenvolvem em meio a plantações ou lavouras, prejudicando o desempenho das produções agrícolas.

O mecanismo de ação do glifosato consiste em interferir na biossíntese dos aminoácidos aromáticos essenciais fenilalanina, tirosina e triptofano, por meio da inibição da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintetase, responsável pela biossíntese do corismato, um intermediário da síntese desses aminoácidos nas plantas (CREMLYN, 1991; WILLIAMS *et al.*, 2000).

Nas condições ambientais, o glifosato e seus sais, sólidos e cristalinos, possuem alta solubilidade em água, sendo, portanto, compostos que

podem afetar não apenas o solo, mas também ambientes aquáticos, por meio de processos como o escoamento superficial e a lixiviação agrícola (MYERS *et al.*, 2016).

Dessa forma, surgem inúmeros questionamentos: o que acontece com o nosso organismo quando há contato com o glifosato?

A classificação quanto à periculosidade ambiental é normatizada pela Portaria nº 84, de 15 de outubro de 1996, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em seu artigo terceiro, que estabelece a distribuição dos agrotóxicos em quatro classes:

- Classe I: Produto altamente perigoso.
- Classe II: Produto muito perigoso.
- Classe III: Produto perigoso.
- Classe IV: Produto pouco perigoso.

O mesmo artigo descreve os parâmetros nos quais se baseia essa classificação, como bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade para diversos organismos e potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico (BRASIL, 1992). No Brasil, é o Ministério da Saúde que regula a classificação toxicológica para os agrotóxicos:

- Categoria 1: Extremamente tóxico (faixa vermelha).
- Categoria 2: Altamente tóxico (faixa vermelha).
- Categoria 3: Moderadamente tóxico (faixa amarela).
- Categoria 4: Pouco tóxico (faixa azul).
- Categoria 5: Improvável de causar dano agudo (faixa azul).

Esses produtos devem apresentar uma faixa colorida no rótulo indicando a classe a que pertencem (BRASIL, 1992). Após a reavaliação toxicológica instituída pela RDC nº 294/2019 da ANVISA, formulações mais recentes, como o Roundup Transorb R (480 g a.e./L), passaram a ser enquadradas na Categoria 5, faixa azul.

Apesar da baixa toxicidade aguda, a segurança quanto à exposição crônica continua em debate: em 2015, a IARC classificou o glifosato como “provavelmente carcinogênico para humanos”, conforme a RDC 441/2020 e listas técnicas atualizadas de 2024, que mantêm o produto nessa faixa.

Nas últimas décadas, vários pesquisadores investigaram extensivamente os efeitos nocivos do glifosato e dos GBHs (herbicidas à base de glifosato) em células humanas *in vitro*, utilizando diversas técnicas. Descobriu-se que o glifosato, quando usado como ingrediente ativo, pode causar danos significativos ao DNA em diferentes tipos de células humanas. Alguns estudos epidemiológicos constataram um aumento concomitante nas concentrações de exposição humana (MILLS *et al.*, 2017).

Esse uso crescente de glifosato levanta preocupações sobre possíveis efeitos adversos à saúde humana decorrentes da exposição crônica a baixas doses, e se os limites de exposição atuais são suficientemente protetores. Essas preocupações podem ser atribuídas, em parte, a diretrizes regulatórias conflitantes.

Em 2017, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) concluiu que o glifosato é “provavelmente cancerígeno para humanos” (IARC, 2017). Testes em animais e estudos *in vitro* demonstraram que a exposição ao glifosato ou a GBHs pode afetar tanto a função cerebral em adultos quanto em desenvolvimento, manifestando-se por aumento do estresse oxidativo, disfunção mitocondrial e neuroinflamação (COSTAS-FERREIRA *et al.*, 2022; LACROIX & KURRASCH, 2023).

Alguns estudos de caso-controle, de coorte e meta-análises, publicados nos últimos dez anos, exploraram a associação entre a exposição a ingredientes ativos de agrotóxicos específicos e o desenvolvimento de linfoma não Hodgkin (LNH) (SCHINASI & LEON, 2014).

O LNH é um tipo de câncer que tem origem nas células do sistema linfático e se espalha de maneira desorganizada. Existem mais de 20 tipos diferentes de linfoma não Hodgkin. O sistema linfático faz parte do sistema imunológico, responsável por ajudar o corpo a combater doenças. Como o tecido linfático é encontrado em todo o corpo, o linfoma pode começar em qualquer lugar. Pode ocorrer em crianças, adolescentes e adultos, sendo mais comum com o avançar da idade (INCA, 2022).

Por razões ainda desconhecidas, o número de casos duplicou nos últimos 25 anos, principalmente entre pessoas com mais de 60 anos. Entre os linfomas, é o tipo mais incidente na infância. Os homens são mais predispostos do que as mulheres (INCA, 2022).

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência do agrotóxico glifosato sobre o sistema imunológico e sua relação com o linfoma não Hodgkin.

MÉTODO

Este estudo foi conduzido como uma revisão integrativa, cujo objetivo é avaliar e sintetizar resultados de pesquisas publicadas, conforme orientado por Mendes *et al.* (2008). Para a realização da pesquisa, foi adotado o levantamento bibliográfico em seis etapas metodológicas, estabelecendo critérios rigorosos para inclusão e exclusão de artigos, definição de estratégias de busca e extração de dados dos artigos selecionados:

- Etapa 1 - escolha do tema: essa etapa envolveu a escolha do tema “O efeito do glifosato na imunidade humana”, definido após uma análise preliminar da literatura e leitura exploratória sobre o tópico.

- Etapa 2 - busca de artigos: foram realizadas buscas nas bases de dados PubMed, Scien-

ceDirect, SciELO e Google Acadêmico, utilizando descritores como "glifosato em humanos", "glifosato e imunidade" e seus equivalentes em inglês ("*glyphosate and humans*", "*glyphosate immunity*"). Foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: artigos originais, escritos em português, inglês ou espanhol, disponíveis na íntegra de forma gratuita, publicados entre 2014 e 2024, com foco em espécies humanas e animais, e que abordassem temas das áreas de ciências biológicas e da saúde diretamente associados ao tema proposto. Como critérios de exclusão, foram considerados: capítulos de livros, livros completos e artigos duplicados. Esse levantamento inicial resultou em 138 publicações: 122 no PubMed, 1 no ScienceDirect, 14 na SciELO e 9 no Google Acadêmico.

- Etapa 3 - seleção inicial por título: procedeu-se à leitura dos títulos dos artigos selecionados. Foram removidos 45 artigos que, a partir do título, não demonstraram relação com o tema proposto ou não atendiam aos critérios de inclusão, além de 12 artigos descartados por duplicidade. Ao final dessa etapa, 85 artigos foram selecionados por sua relevância potencial ao tema.

- Etapa 4 - seleção por resumo: a quarta etapa consistiu na leitura dos resumos dos 85 artigos previamente selecionados. Com base nos critérios de inclusão, 42 artigos foram considerados pertinentes para a próxima etapa, enquanto 43 foram descartados por não abordarem o foco imunológico ou por tratarem exclusivamente da toxicidade do glifosato.

- Etapa 5 - leitura integral e avaliação crítica: nessa etapa, foi realizada uma leitura integral dos 42 artigos remanescentes. Desses, 22 foram excluídos por não atenderem ao foco imunológico da revisão ou por explorarem ou-

tras temáticas não pertinentes aos critérios estabelecidos, não respondendo ao objetivo proposto.

- Etapa 6 - síntese final dos dados: a última etapa incluiu a leitura completa e detalhada dos 20 artigos selecionados, que se mostraram alinhados com o objetivo da pesquisa e atenderam a todos os critérios de inclusão previamente definidos.

Essa sequência metodológica garantiu a seleção criteriosa dos artigos mais relevantes para analisar o impacto do glifosato na imunidade humana, permitindo uma síntese confiável e adequada ao objetivo deste estudo, como mostrado na **Figura 4.1**.

RESULTADOS

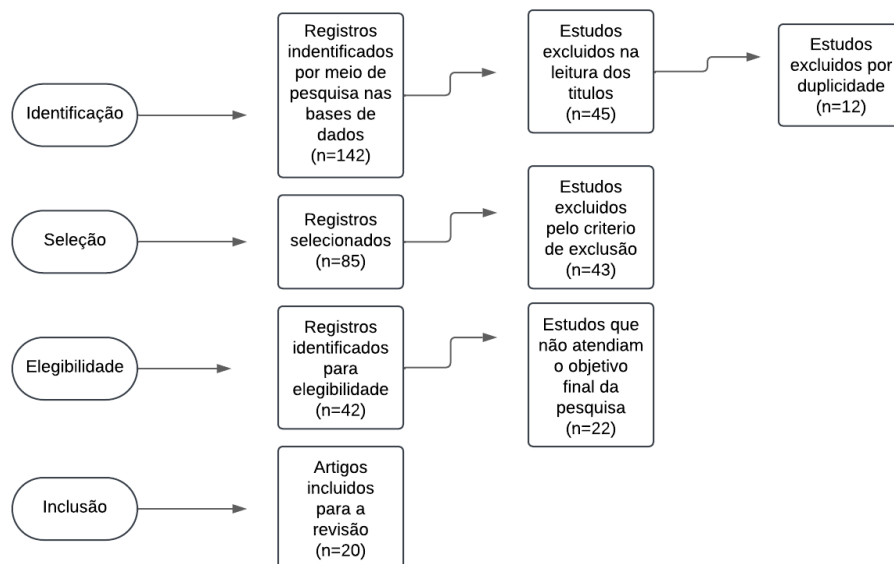
A partir dos artigos analisados, iniciou-se a revisão com o propósito de entender os danos do glifosato ao sistema imunológico humano, explorando suas consequências nos linfonodos e nas células principais do sistema imune.

Para auxiliar a discussão do trabalho, foi construído um quadro de categorização dos artigos selecionados (**Quadro 4.1**). O quadro contém a distribuição dos estudos de acordo com o ano de publicação, autor e desfecho, apresentando uma síntese das informações relacionadas ao objetivo deste trabalho.

DISCUSSÃO

A utilização intensiva do glifosato na agricultura brasileira, especialmente na produção de soja, evidencia uma crescente dependência desse herbicida. Entre 1995 e 2014, a quantidade aplicada no país aumentou de 51 para 747 milhões de quilos (TOLEDO, 2019), representando cerca de 62% do total de herbicidas utilizados entre 2009 e 2016 (ROCHA, 2014).

Figura 4.1 Fluxograma de seleção dos artigos



Quadro 4.1 Categorização dos artigos selecionados

Autor e ano	Desfecho
Myers <i>et al.</i> (2016)	Dados de incidência de LNH nos EUA entre populações humanas expostas ocupacionalmente ao glifosato.
Zhang <i>et al.</i> (2019)	Análise caso-controle realizada com grupos de alta exposição a herbicidas à base de glifosato (GBHs).
Weisenburger (2021)	Um novo mecanismo que relaciona a especificidade do glifosato ao LNH foi demonstrado: a regulação positiva da enzima mutadora do genoma de células B, induzida pela ativação da citidina desaminase.
Zoller <i>et al.</i> (2018)	Alimentos analisados quanto à presença de glifosato, com medições das quantidades e estimativas da exposição diária.
Nagy <i>et al.</i> (2019)	Estudo que investiga e compara o potencial citotóxico e genotóxico do ingrediente ativo glifosato e de GBHs em células mononucleares do sangue periférico humano (PBMCs).
Makame <i>et al.</i> (2023)	Estudos citológicos com o objetivo de comparar os efeitos citotóxicos do glifosato puro com os de “adjuvantes” e “coformulantes” presentes em herbicidas à base de glifosato (GBHs).
Oliveira <i>et al.</i> (2023)	Análise dos receptores do sistema imunológico que podem ser ativados pelo uso de GBHs, com resultados sobre a interação química do ligante (glifosato) com diferentes aminoácidos de diversos receptores.
Strilbyska <i>et al.</i> (2020)	Estudo voltado para alterações mitocondriais induzidas pelo glifosato, com ênfase nas modificações da reatividade bioenergética mitocondrial.
Veiga <i>et al.</i> (2021)	Abordagem sobre a associação de agrotóxicos com o linfoma não Hodgkin, com destaque para o glifosato como substância relacionada.
Zhang <i>et al.</i> (2019)	Estudos com meta-análises de grupos expostos a compostos à base de glifosato e a correlação com o aumento do risco de LNH.
Peillex <i>et al.</i> (2020)	Estudo que aborda os efeitos do glifosato no sistema imunológico, indicando possíveis alterações na cascata do complemento, na função fagocítica e nas respostas linfocitárias em peixes.
Tarazona <i>et al.</i> (2017)	Revisão conduzida por instituições como IARC, OMS e União Europeia, abordando a toxicidade e a carcinogenicidade do glifosato.
Hao <i>et al.</i> (2019)	Estudos experimentais mostram que misturas contendo glifosato e seu ingrediente ativo isolado apresentam efeito inibitório significativo na proliferação celular.
Donato <i>et al.</i> (2020)	Estudo epidemiológico que investiga a associação entre a exposição ocupacional ao glifosato e o risco de desenvolvimento de LNH e mieloma múltiplo (MM).

Boccoline <i>et al.</i> (2010)	Comparações geográficas relacionadas às taxas de mortalidade atribuídas à exposição ao glifosato.
Melo <i>et al.</i> (2024)	Pesquisa que analisa a taxa de mortalidade e o perfil epidemiológico no Brasil, com base em dados do Sistema Único de Saúde (SUS), avaliando variáveis como internações e óbitos.
Costas-Ferreira <i>et al.</i> (2022)	Estudo que revisa os efeitos neurotóxicos do glifosato, destacando que a exposição pode induzir estresse oxidativo, disfunção mitocondrial e neuroinflamação em diversas espécies, incluindo humanos.
Rocha (2014)	Pesquisa com estimativas sobre a taxa de mortalidade no Brasil possivelmente associada ao uso de glifosato.
Cestonaro <i>et al.</i> (2022)	Distúrbios do sistema imunológico se destacam por sua íntima relação com múltiplos órgãos, incluindo os sistemas nervoso, endócrino e reprodutor.
Gomes <i>et al.</i> (2015)	Evidências indicam que o glifosato é capaz de provocar efeitos tóxicos sobre células-tronco adultas.

Essa escalada no uso levanta preocupações quanto aos impactos ambientais e, principalmente, à saúde humana, justificando a realização deste estudo.

Diversas pesquisas têm apontado a correlação entre a exposição ao glifosato e o desenvolvimento de LNH. Myers *et al.* (2016) relataram dados preocupantes de incidência de LNH entre trabalhadores expostos ocupacionalmente nos Estados Unidos, enquanto estudos como o de Zhang *et al.* (2019) reforçam essa associação por meio de uma meta-análise de grupos com alta exposição a herbicidas à base de glifosato (GBHs). Weisenburger (2021) apresentou um possível mecanismo biológico, evidenciando a regulação positiva da enzima mutadora de células B induzida pela ativação da citidina desaminase, o que fornece um elo molecular plausível entre o glifosato e o desenvolvimento de linfomas.

Além das evidências epidemiológicas, estudos laboratoriais revelam os potenciais efeitos citotóxicos e genotóxicos do glifosato. Nagy *et al.* (2019) e Makame *et al.* (2023) demonstraram danos significativos em células sanguíneas mononucleares humanas, comparando os efeitos do ingrediente ativo puro e suas formulações comerciais, incluindo adjuvantes e coformulantes. A pesquisa de Hao *et al.* (2019) também revelou efeitos inibitórios na proliferação celular em linhagens de fígado, pulmão e nervo

humano. Gomes *et al.* (2015) complementam essa linha ao evidenciar a toxicidade do glifosato em células-tronco adultas derivadas do tecido adiposo.

No campo da imunotoxicidade, Peillex *et al.* (2020) destacaram alterações na cascata do complemento, na função fagocítica e nas respostas linfocitárias em organismos aquáticos expostos a GBHs. A análise computacional de Oliveira *et al.* (2023) mostrou a interação do glifosato com receptores CD10, CD19, CD20 e BCR de linfócitos humanos, indicando possível ativação imunológica anômala. Cestonaro *et al.* (2022) ressaltaram a complexidade dos distúrbios imunológicos, destacando a interconexão com os sistemas nervoso, endócrino e reprodutor.

A toxicidade mitocondrial do glifosato também tem sido amplamente abordada. Strilbyska *et al.* (2020) e Costas-Ferreira *et al.* (2022) observaram alterações na bioenergética mitocondrial, estresse oxidativo e neuroinflamação, apontando riscos significativos, inclusive para o sistema nervoso central. Tais efeitos neurotóxicos foram identificados em diversas espécies, inclusive em humanos.

No Brasil, os estudos de Veiga *et al.* (2021) e Melo *et al.* (2024) apontam a presença do glifosato como fator de risco para o LNH em análises epidemiológicas com dados do Sistema

Único de Saúde. Boccoline *et al.* (2010) reforçam essa tendência ao correlacionar exposição agrícola a agrotóxicos com taxas de mortalidade por LNH. De forma complementar, a pesquisa de Rocha (2014) indicou possíveis impactos do glifosato em indicadores de saúde infantil.

A classificação do glifosato como "provavelmente cancerígeno para humanos" pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC, 2017) provocou controvérsias regulatórias, sobretudo em comparação com as avaliações da União Europeia (TARAZONA *et al.*, 2017). Essa divergência entre as instituições evidencia a urgência de padronização e rigor nas políticas de segurança para exposição a agrotóxicos, considerando evidências atualizadas e independentes.

Em síntese, os estudos analisados apontam de maneira convergente para os riscos associados à exposição crônica ao glifosato, com destaque para sua ligação com alterações imunológicas e desenvolvimento de LNH. Esses achados justificam a necessidade de revisão dos limites de exposição atualmente permitidos, reforçando a importância de novos estudos longitudinais e clínicos para uma compreensão mais precisa dos mecanismos envolvidos e para embasar políticas públicas de saúde e segurança ambiental.

CONCLUSÃO

O uso do glifosato no Brasil, especialmente no setor agrícola, tem gerado impactos significativos tanto no meio ambiente quanto na saúde

humana. A substância, amplamente empregada como herbicida, se mostrou eficiente na agricultura, mas suas consequências para a saúde e o meio ambiente são objeto de preocupação crescente. A toxicidade do glifosato, classificada como potencialmente cancerígena pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC), e seus efeitos sobre o sistema imunológico, como demonstrado em vários estudos, ressaltam a necessidade urgente de regulamentação mais rigorosa e busca por alternativas.

A revisão realizada neste estudo revelou que a exposição crônica ao glifosato, mesmo em doses baixas, pode afetar adversamente a saúde humana, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de doenças como o linfoma não Hodgkin. Embora o glifosato seja amplamente utilizado, poucos são os estudos que avaliam profundamente as consequências de sua exposição a longo prazo.

Portanto, é necessário que políticas públicas externas para o controle e regulamentação do uso de agrotóxicos, como o glifosato, sejam revisadas com base em evidências científicas mais robustas. Além disso, a promoção de pesquisas adicionais sobre os impactos da exposição crônica ao glifosato é essencial para desenvolver estratégias que minimizem seus efeitos negativos à saúde humana e ao meio ambiente. O presente estudo contribui para a compreensão dos riscos envolvidos e destaca a importância de considerar a saúde humana e ambiental como prioridades nas práticas agrícolas e políticas de saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOCCOLINE, D. *et al.* Exposição a agrotóxicos, atividade agrícola e mortalidade por linfoma do tipo não Hodgkin no Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 13, p. 624, 2010.
- BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria nº 84, de 15 de outubro de 1996. Estabelece classificação quanto à periculosidade ambiental de agrotóxicos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1996.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 294, de 29 de julho de 2019. Estabelece a reavaliação toxicológica de ingredientes ativos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2019.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 441, de 28 de dezembro de 2020. Atualiza a classificação toxicológica de agrotóxicos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2020.
- CARLOS, L.C. Glifosato: a ascensão do herbicida mais usado no mundo. São Paulo: XYZ, 2019.
- CESTONARO, T. *et al.* Avaliação da imunotoxicidade de agrotóxicos em linhagens monocíticas. *Revista de Saúde Ambiental*, v. 17, p. 112, 2022.
- COSTAS-FERREIRA, C. *et al.* Efeitos tóxicos do glifosato no sistema nervoso: uma revisão sistemática. *Neurotoxicology Research*, v. 40, p. 109, 2022.
- CREMLYN, R.J. Agroquímicos: composição, produção, toxicologia e legislação. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.
- DONATO, F. *et al.* Exposure to glyphosate and risk of non-Hodgkin lymphoma and multiple myeloma: an updated meta-analysis. *Environmental Health*, v. 19, 2020. doi: 10.23749/mdl.v11i1.8967.
- GOMES, D.A. *et al.* Estudo dos efeitos tóxicos da formulação comercial do herbicida glifosato sobre células-tronco derivadas de tecido adiposo humano. *Revista Brasileira de Toxicologia*, v. 28, p. 34, 2015.
- HAO, Y. *et al.* Evaluation of the cytotoxic effects of glyphosate herbicides in human liver, lung, and nerve. *Journal of Environmental Science and Health*, v. 54, p. 14, 2019. doi: 10.1080/03601234.2019.1633215.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC. Glyphosate. Monograph Volume 112. Lyon: IARC, 2017.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER - INCA. Linfoma não Hodgkin. Rio de Janeiro: INCA, 2022.
- LACROIX, A. & KURRASCH, D.M. Glyphosate exposure and developmental neurotoxicity: a review. *Environmental Health Perspectives*, v. 131, p. 36001, 2023. doi: 10.1093/toxsci/kfad018.
- MAKAME, K.R. *et al.* Oxidative stress and cytotoxicity induced by co-formulants of glyphosate-based herbicides in human mononuclear white blood cells. *Toxics*, v. 11, 2023. doi: 10.3390/toxics11120976.
- MELO, M. *et al.* Perfil epidemiológico dos casos de linfoma não Hodgkin no Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 58, 2024. doi: 10.33448/rsd-v13i4.45502.
- MENDES, K.D.S. *et al.* Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto Enfermagem*, v. 17, p. 758, 2008. doi: 10.1590/S0104-07072008000400018.
- MILLS, P.J. *et al.* Excretion of glyphosate in humans and animals: review of findings. *Environmental Health*, v. 16, 2017.
- MYERS, J.P. *et al.* Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. *Environmental Health*, v. 15, 2016. doi: 10.1186/s12940-016-0117-0.
- NAGY, K. *et al.* Comparative cyto- and genotoxicity assessment of glyphosate and glyphosate-based herbicides in human peripheral white blood cells. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, 2019. doi: 10.1016/j.envres.2019.108851.
- OLIVEIRA, K.R. *et al.* Estudo, por ferramentas de biologia computacional, da interação do herbicida glifosato com receptores CD10, CD19, CD20 e BCR de linfócitos humanos e o desenvolvimento de linfomas. *Revista Brasileira de Ciências Biomédicas*, v. 11, p. 142, 2023.
- PEILLEX, C. *et al.* The impact and toxicity of glyphosate and glyphosate-based herbicides on health and immunity. *Journal of Immunotoxicology*, v. 17, p. 163, 2020. doi: 10.1080/1547691X.2020.1804492.
- ROCHA, R. Effects of glyphosate on infant health indicators. *Journal of Pediatric Environmental Health*, v. 8, p. 135, 2014.
- STRILBYSKA, O.M. *et al.* The effects of low-toxic herbicide Roundup and glyphosate on mitochondria. *Mitochondrion*, v. 52, p. 40, 2020. doi: 10.17179/excli2021-4478.

TARAZONA, J.V. *et al.* Glyphosate toxicity and carcinogenicity: a review of the scientific basis of the European Union assessment and its differences with IARC. *Archives of Toxicology*, v. 91, p. 2723, 2017. doi: 10.1007/s00204-017-1962-5.

TOLEDO, T.M.P. A geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com o agronegócio. *Revista Ambiente & Sociedade*, v. 22, 2019.

VEIGA, L.F. *et al.* Identificação dos agrotóxicos associados ao desenvolvimento de linfoma não Hodgkin. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 24, 2021. doi: 10.17921/1415-5141.2020v24n1p65-70.

WEISENBURGER, D.D. A review and update with perspective of evidence that the herbicide glyphosate (Roundup) is a cause of non-Hodgkin lymphoma. *Journal of Hematology & Oncology*, v. 14, 2021. doi: 10.1016/j.clml.2021.04.009.

WILLIAMS, G.M. *et al.* Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 31, p. 117, 2000. doi: 10.1006/rtph.1999.1371.

ZHANG, L. *et al.* Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: a meta-analysis and supporting evidence. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, v. 781, p. 186, 2019. doi: 10.1016/j.mrrev.2019.02.001.