



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB**  
**FACULDADE UNB PLANALTINA – FUP**  
**CURSO DE GESTÃO AMBIENTAL**

**LILIANE EVANGELISTA ALVES**

**RESÍDUOS DE GLIFOSATO EM AMOSTRAS DE ÁGUA DE  
COMUNIDADES AGRÍCOLAS DE PLANALTINA-DF E DE SANTARÉM-  
PA**

**Brasília-DF**  
**Julho - 2023**

**LILIANE EVANGELISTA ALVES**

**RESÍDUOS DE GLIFOSATO EM AMOSTRAS DE ÁGUA DE  
COMUNIDADES AGRÍCOLAS DE PLANALTINA-DF E DE SANTARÉM-  
PA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Bacharelado em Gestão Ambiental da Faculdade UnB Planaltina como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Gestão Ambiental da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Carlos José Sousa Passos

**Brasília-DF  
Julho - 2023**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Alves, Liliane Evangelista.

Resíduos de Glifosato em amostras de Água de Comunidades Agrícolas de Planaltina-DF e de Santarém-PA/Liliane Evangelista Alves. Planaltina – DF, 2023. 43f.

Monografia – Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília. Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Carlos José Sousa Passos

1. Agrotóxico 2. Impactos 3. Socioambientais 4. Glifosato 5. Contaminação Ambiental. I Alves, Liliane Evangelista. II Título.

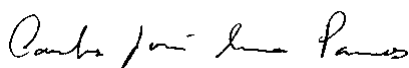
## LILIANE EVANGELISTA ALVES

Resíduos de Glifosato em amostras de Água de Comunidades Agrícolas de Planaltina-DF e de Santarém-PA.

Trabalho apresentado à Faculdade UnB Planaltina (FUP/UnB) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Graduação em Gestão Ambiental.

Brasília-DF, 17 de julho de 2023

Banca Examinadora:



---

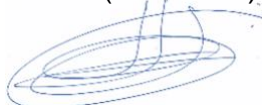
Prof. Dr. Carlos José Sousa Passos (Orientador)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** CLARISSA MELO LIMA  
Data: 26/07/2023 11:19:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Clarissa Melo Lima

(FUP/UnB)



---

Prof. Dr. Luiz Fabrício Zara

(FUP/UnB)

*Dedico este trabalho a minha Dona Joana, que sempre foi meu alicerce em todo momento da minha vida, desde a minha concepção. Sempre me impulsionou e me incentivou a correr atrás de tudo que eu almejo. Mãe, a senhora é fantástica. Vamos ler esse trabalho juntinho e comemorar mais essa vitória.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, pela saúde, força e vontade de superar as dificuldades.

Aos meus familiares, em especial aos meus irmãos Dhanata, Amanda, Rayane, Viviane, Leiliane, Deise, Thais e principalmente aos meus dois irmãos mais novos José e Josué, a quem eu tento dar exemplo todos os dias. Agradeço também aos meus pais, Joana e José, principalmente à minha mãe, por nunca soltar minha mão, mesmo nos momentos em que falhei como filha. Mãe, você é a melhor do mundo!

Agradeço ao meu namorado Antônio, por ter apoiado meus momentos de chateação e mimimi durante a realização deste trabalho. Obrigada pelo apoio emocional e por sempre acreditar no meu potencial, mesmo quando eu mesma duvido. Eu te amo muito.

À universidade, seu corpo docente e coordenação, que teve um papel fundamental na profissional que me tornei hoje. Aos meus colegas de curso e amigos fora da universidade, vocês tornam a vida mais bela.

Um agradecimento especial ao meu amigo e colega Darlan Quinta, por sua companhia, incentivo e por sempre responder às minhas mensagens de desespero. Você foi fundamental para que eu conseguisse realizar este trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Passos, agradeço por todo o aprendizado e pela confiança depositada em mim. Sua paciência foi inestimável.

À bióloga doutoranda Keely Meireles Araújo Torres (PPG-SND/Ufopa), pelas fotografias que foram tiradas nos trabalhos de pesquisa de campo em Santarém-PA, e também pela sua ajuda nas coletas de água que foram realizadas nesse estado, muito obrigada.

Por fim, gostaria de agradecer à minha colega de trabalho, Dra. Ana Paula de Castro Cantuária, pela colaboração na realização dos cálculos presentes neste trabalho.

*Se você acha realmente que o meio ambiente é menos importante do que a economia, tente segurar a respiração enquanto conta seu dinheiro.*

*(Guy McPherson, 1960)*

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os níveis residuais de herbicidas à base de glifosato em amostras de água, utilizando-se metodologia baseada em imunoenaios do tipo ELISA, em duas regiões distintas: Núcleo Rural Tabatinga em Planaltina (DF) e no planalto da região metropolitana de Santarém (PA). Para isso, adotou-se uma abordagem teórico-empírica, que envolveu a coleta de água de córregos em pequenas comunidades agrícolas em agosto de 2022, com vistas a avaliar possível contaminação ambiental. Posteriormente, foi realizada uma discussão crítica com base em levantamento bibliográfico para interpretar os resultados encontrados. No total, 27 amostras foram coletadas na região do planalto de Santarém e 7 amostras foram coletadas em Planaltina. Das amostras de Santarém, os dados revelaram que das 34 amostras coletadas apenas na região de Santarém observou-se presença de resíduos de glifosato, e nas 7 amostras coletadas no Núcleo Rural Tabatinga (DF) não foram encontradas concentrações acima do limite de detecção do kit comercial *Gold* Diagnóstico Padrão. Das 27 amostras de água coletadas no estado do Pará, 13 apresentaram resíduos de glifosato, variando entre 0,079 e 0,309 µg/L. É importante destacar que a metodologia analítica empregada permite-nos mensurar apenas a molécula de glifosato, o que nos impossibilitou de examinar a possível ocorrência de seu subproduto de degradação, o ácido aminometilfosfônico (AMPA). Portanto, embora as concentrações tenham sido baixas, é fundamental compreender que a presença de resíduos de glifosato nos corpos hídricos pode representar um risco potencial para a saúde humana e para o meio ambiente.

**Palavras-chave:** Agrotóxico. Impactos socioambientais. Glifosato. Contaminação Ambiental



## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the residues of glyphosate-based herbicides in water samples, by using ELISA immunoassays, in two distinct areas: Núcleo Rural Tabatinga in Planaltina (Federal District-DF) and in the plateau of the metropolitan region from Santarém (State of Pará in northern Brazil). For that purpose, a theoretical-empirical methodological approach was used, which involved collecting water from streams in small agricultural communities in August 2022, aiming to assess possible environmental contamination. Subsequently, a critical discussion was carried out based on a bibliographic survey to interpret the study findings. In total, 27 samples were collected in the plateau region of Santarém and 7 samples were collected in Planaltina. Of the samples from Santarém, the data revealed that out of the 34 samples collected only in the region of Santarém, the presence of glyphosate residues was observed, while in the 7 samples collected in Núcleo Rural Tabatinga (DF) concentrations above the detection limit of the analytical kit were not found. From the 27 water samples collected in the state of Pará, 13 showed glyphosate residues, varying between 0.079 and 0.309  $\mu\text{g/L}$ . It is important to point out that the analytical method employed allowed us to measure only the glyphosate molecule, which made it impossible for us to examine the possible occurrence of its degradation by-product, the aminomethylphosphonic acid (AMPA). Therefore, even if the concentrations were low, it is essential to understand that the presence of glyphosate residues in water bodies can pose an ecological risk to the environment and potentially to human health.

**Key words: Pesticides. Socio-environmental impacts. Glyphosate. Environmental contamination.**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Composição química do glifosato. ....	14
<b>Figura 2</b> - Mapa do Município de Santarém, localizado no Estado do Pará cultura e diversidade ambiental. ....	18
<b>Figura 3</b> - Local da primeira coleta e filtração de água. ....	19
<b>Figura 4</b> - Coleta de amostra de água superficial em (A): Córrego Piripipau - T3; (B): Rio Jardim – T7; (C) Córrego Rio Jardim – T2; (D) Córrego Estanislau - T4; (E): T6 Reservatório de uma propriedade rural -T6; (F): Córrego próximo ao reservatório de uma propriedade rural.....	20
<b>Figura 5</b> - Coleta de água no microssistema de abastecimento da comunidade do Guaraná Santarém-PA.....	21
<b>Figura 6</b> - Coletas de amostras de água na região de Santarém-PA .....	21
<b>Figura 7</b> - Coletas de amostras de água superficial em Santarém-PA: (A): Centro de Mojui dos Campos, Beira Rio – S5; (B): Garrafão: Igarapé do Lama, farol de milha – S7; (C): Barragem Riacho Verde - S21. ....	23
<b>Figura 8</b> - <i>Gold Stand Diagnostics, Glyphosate. Elisa, 96test</i> .....	24
<b>Figura 9</b> - Disposição das amostras na placa do teste ELISA. Onde amarelo representa o padrão, laranja os controles, e o verde representa o branco.....	24
<b>Figura 10</b> - Placas do kit ELISA, (A) adição da solução de coloração aos poços, e (B) após a adição da solução de parada.....	25
<b>Figura 11</b> - Autora em uma das etapas do teste, colocando solução de para aos poços.....	26
<b>Figura 12</b> - Dados de absorbância fornecidos pelo leitor de ELISA. Onde amarelo representa o padrão, laranja os controles, verde o branco. ....	27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Número da amostra, data e local das coletas no Núcleo Rural Tabatinga-DF .....	20
<b>Tabela 2</b> - Número da amostra, data e local das coletas em Santarém- PA.....	22
<b>Tabela 3</b> - Concentração média ( $\mu\text{g/L}$ ) de glifosato nas águas superficiais do Núcleo Rural de Tabatinga, no Distrito Federal. LQ de $0,075 \mu\text{g/L}$ .....	28
<b>Tabela 4</b> - Estatísticas descritivas das concentrações de Glifosato nas amostras de água.....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-</b> Ocorrência e concentração de glifosato em cada um dos pontos amostrados de Santarém.....	29
<b>Gráfico 2 :</b> níveis de concentrações residuais de glifosato encontrados nas amostra. .....	32

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AMPA – Aminomethyl Phosphonic Acid

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DF- Distrito Federal

ELISA - Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

EUA - Estados Unidos da América

EEC - Comunidade Econômica Europeia

GHS - Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos

HGB- Herbicidas a base de glifosato

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LMR – Limite Máximo de Resíduo

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

PA – Pará

RR- Roundup Ready

UNB- Universidade de Brasília

USEPA - United States Environmental Protection Agency

## Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	Agrotóxicos.....	11
2.2	Agrotóxico, saúde e meio ambiente.....	11
2.3	Classificação dos agrotóxicos .....	12
2.4	Glifosato .....	13
2.5	Expansão da Fronteira Agrícola.....	14
3	OBJETIVOS .....	15
4	JUSTIFICATIVA.....	16
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	17
5.1	Áreas de estudo.....	17
5.1.1	Núcleo Rural Tabatinga - DF .....	17
5.1.2	Santarém no Oeste do Estado do Pará .....	17
5.2	Coleta de Amostras de água .....	18
5.3	Análises das amostras.....	23
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
7	CONCLUSÃO .....	33
8	REFERÊNCIAS .....	34

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo do século XX, a Revolução Verde impulsionou a adoção generalizada de agrotóxicos em todo o mundo, e o Brasil emergiu como o país líder no consumo desses produtos (BARROS *et al.*, 2020). Esses compostos são referidos por diversos termos simbólicos na literatura como pesticidas, praguicidas, remédios de plantas e venenos. Essa ampla gama de nomenclaturas é empregada para descrever um conjunto de substâncias químicas utilizadas no controle de pragas em animais e vegetais, bem como no tratamento de doenças em plantas (Fundacentro, 1998).

De acordo com a Lei nº 7.802, de 11 DE JULHO de 1989, entre as várias explicações sobre o que é um agrotóxico, a que se destaca é a seguinte:

Os agrotóxicos e afins são os produtos e os agentes de processos químicos, físicos e biológicos destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas e de outros ecossistemas, e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (BRASIL, 1989).

Esta mesma lei estabelece todas as regras para produção e comércio desses defensivos agrícolas, legislação que, por sinal, se encontra atualmente em pleno processo de revisão e atualização no Congresso Nacional Brasileiro, conforme Projeto de Lei n. 6.299/2020.

O glifosato, cientificamente conhecido como N-(fosfonometil) glicina, é um herbicida não seletivo que atua inibindo a síntese de aminoácidos cruciais, como tirosina, triptofano e fenilalanina, originado no enfraquecimento de plantas em desenvolvimento. Esse composto é amplamente utilizado em todo o mundo para o controle de ervas daninhas em campos agrícolas, silvicultura e ecossistemas aquáticos (LORENSI; JESSE; RUFF, 2017). Se utilizado de forma inadequada, pode provocar fitotoxicidade e risco de contaminar e causar danos na biota, e também em seres humanos (SOUZA, 2014).

A Política Nacional de Recursos Hídricos tem como um dos seus fundamentos que "a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso

múltiplo das águas”, por meio do seu uso racional e da integração com a gestão ambiental e de uso do solo (BRASIL, 1997).

Contudo, não é isso que acontece quando se trata dos herbicidas à base de glifosato, pois este composto químico é, por vezes, utilizado de forma indiscriminada pelos agricultores, principalmente em cultivos de larga escala para produção de grãos destinados à exportação (ex.: soja), sem os devidos cuidados e levando à contaminação tanto de águas superficiais quanto de lençóis freáticos e até mesmo à exposição ambiental e/ou ocupacional de trabalhadores ao manipularem e pulverizarem o produto (SCHWAMBORN, 2019).

Com efeito, a literatura científica tem associado a exposição tanto aguda quanto crônica aos agrotóxicos a consequências danosas para a saúde humana, tais como alterações hematológicas, imunológicas, aborto, malformações, alterações hormonais e neurocomportamentais, desenvolvimento de neoplasias, entre tantos outros efeitos deletérios à saúde (PEREIRA; MACIEL LIMA COSTA; MACIEL LIMA, 2019).

A fronteira agrícola vem se expandindo ao longo das quatro últimas décadas, principalmente pelo uso intensivo de conhecimento e tecnologia (VIEIRA FILHO, 2016). O Brasil se tornou uma potência agrícola e o país com o maior saldo exportador de produtos agrícolas do mundo. Isso se deve aos enormes avanços tecnológicos obtidos pelo setor nas últimas décadas (DUTRA, 2018). Diferentemente de outros países, os agrotóxicos no Brasil são parte importante do pacote tecnológico adotado pelos agricultores brasileiros, especialmente porque o clima favorece o desenvolvimento de pragas e doenças (LARANGOTE, 2020).

Diante desses elementos, o presente trabalho buscou analisar possíveis influências no meio ambiente em que o uso indiscriminado de herbicidas à base de glifosato pode trazer influências que podem vir a se tornar agentes causadores de um eventual conflito socioambiental entre os diferentes usuários dos recursos hídricos.

Deste modo, o trabalho foi realizado com amostras de água dos moradores da região rural de Santarém-PA e do Núcleo Rural Tabatinga-DF, coletadas em agosto de 2022.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 AGROTÓXICOS

Os agrotóxicos sobreviveram como uma solução para enfrentar os desafios da agricultura, especialmente na zona rural, ao combater as pragas que prejudicam a produtividade das plantações. Sua principal função é eliminar organismos que representam obstáculos à produção (DA MATTA, 2020). Esses produtos foram apresentados durante a Segunda Guerra Mundial, devido aos esforços científicos das principais potências energéticas e militares da época. Esses esforços estavam voltados não apenas para a produção de armas, mas também para garantir o abastecimento alimentar das tropas (LOPES, 2019).

Agrotóxicos são produtos químicos sintéticos usados para matar insetos, larvas, fungos, carrapatos, sob a perspectiva de controlar as doenças causadas por esses vetores e de regular o crescimento da vegetação, tanto no ambiente rural quanto urbano (BASSO; SIQUEIRA; RICHARDS, 2021). O produto que chamamos de agrotóxico na verdade é um composto de algumas substâncias que podem ser de origem biológica ou sintética (SCHWAMBORN, 2019). Estes estão entre os poluentes orgânicos mais lesivos do meio ambiente, ocasionando riscos para as espécies por causa do grau de toxicidade que passa pela cadeia alimentar, atingindo diversos seres vivos (DA MATTA, 2020).

### 2.2 AGROTÓXICO, SAÚDE E MEIO AMBIENTE.

A utilização de agrotóxicos tem impactos diversos, os quais podem ser classificados como benéficos em determinados aspectos, porém extremamente prejudiciais em outros tantos (LARANGOTE, 2020). A crescente utilização de agrotóxicos na produção de alimentos tem ocasionado uma série de transtornos e modificações no ambiente, como a contaminação de seres vivos e a acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012). A ampla utilização de agrotóxicos tem causado graves impactos no meio ambiente e na saúde humana. A maioria desses produtos químicos possui propriedades tóxicas, o que resulta em uma série de consequências negativas, como a perda de biodiversidade, a contaminação do solo, do ar e dos recursos hídricos, além de

danos à fauna e à flora. Esses efeitos negativos à saúde e desrespeito à sustentabilidade são preocupantes (DA MATTA, 2020).

No Brasil, de maneira geral, a exposição humana aos agrotóxicos é agravada pela baixa escolaridade dos trabalhadores rurais, bem como pelo seu limitado conhecimento em relação às recomendações e práticas de segurança para o uso adequado desses produtos (SCHWAMBORN, 2019). Essa falta de informação e conscientização contribui para um cenário desfavorável, aumentando os riscos associados ao manuseio e à exposição aos agrotóxicos. É crucial investir em educação e treinamento, para fornecer aos trabalhadores rurais as habilidades necessárias para utilizarem os agrotóxicos de forma segura e proteger sua saúde e o meio ambiente (SCHWAMBORN, 2019).

O desenvolvimento dos agrotóxicos foi impulsionado pelo anseio do ser humano em melhorar sua condição de vida, procurando aumentar a produção dos alimentos (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012). Os agrotóxicos são considerados entre os poluentes orgânicos mais prejudiciais ao meio ambiente, representando o registro para as espécies que compõem os ecossistemas. Sua alta toxicidade possibilita que sejam transferidos ao longo da cadeia alimentar, afetando uma ampla gama de seres vivos (DA MATTA, 2020). No Brasil, o glifosato é o agrotóxico mais vendido, seu limite máximo de resíduos (LMR) permitido pela legislação brasileira é de 500µg/L em água. A Agência de Proteção Ambiental (USEPA) estabelece limite de 700µg/L, e a Comunidade Econômica Europeia (EEC) estabelece como concentração máxima admissível em água potável, o limite de 0,1µg/L, desde que a concentração total de pesticidas não ultrapasse 0,5 µg/L (DE AMARANTE *et al.*,2002).

### 2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS

Os agrotóxicos são classificados de acordo com sua ação específica, abrangendo uma variedade de categorias, tais como: pesticidas para o combate a pragas em geral, fungicidas para ação em fungos, herbicidas para inibir o crescimento de plantas daninhas, rodenticidas para combater ratos, acaricidas para agir contra ácaros, moluscicidas para lidar com moluscos e algicidas para eliminar algas (LARANGOTE, 2020). A autorização para o uso desses produtos é baseada na avaliação de três perspectivas: saúde, meio ambiente e agronomia. Essa

responsabilidade é atribuída à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no que diz respeito à saúde, ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em relação à agronomia, e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em relação ao meio ambiente (BRASIL, 1989).

No Brasil, a classificação dos agrotóxicos é realizada utilizando o GHS (Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos). A ANVISA adotou esse modelo em 2019 com o objetivo de harmonizar as diversas classificações e padrões de rotulagem utilizadas em diferentes países, estabelecendo parâmetros consistentes em nível global. Essa medida visa a promover a proteção do meio ambiente e da saúde, por meio de um sistema de comunicação harmonizado e compreensível para usuários, fabricantes, trabalhadores e consumidores (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012).

Ao adotar o GHS, o Brasil busca aprimorar a segurança e a informação relacionada aos agrotóxicos, facilitando o entendimento dos riscos associados a esses produtos. A classificação e a rotulagem padronizada funcionam para melhor conscientizar sobre os perigos e o uso adequado dos agrotóxicos, tanto no âmbito da produção agrícola como na proteção dos consumidores e do meio ambiente.

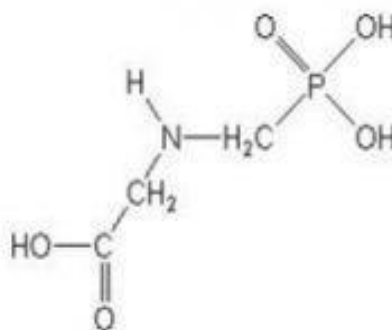
## 2.4 GLIFOSATO

Em 1969, a empresa Monsanto obteve a patente do glifosato, tornando-o um herbicida amplamente utilizado em muitos produtos comerciais (HESS, 2018). O glifosato é considerado o principal ingrediente ativo de herbicidas no mercado global, com mais de 150 marcas comerciais disponíveis em mais de 119 países, e com registro para aplicação em mais de cem culturas diferentes. Os herbicidas à base de glifosato (HBG) possuem uma característica não seletiva, ou seja, têm a capacidade de eliminar qualquer tipo de planta, exceto as plantas transgênicas conhecidas como RR (*Roundup Ready*). Estas últimas foram especificamente projetadas para serem resistentes aos HBG (HESS, 2018).

O glifosato é um herbicida sistêmico pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas. Ele tem sido amplamente utilizado na agricultura para o controle de plantas daninhas perenes de folhas largas e gramíneas perenes, tanto antes do plantio ou após a colheita da maioria das culturas (CASTRO, 2005).

O uso crescente de glifosato torna crucial uma avaliação constante de suas concentrações no ambiente. Isso se deve ao fato de que possíveis contaminações ambientais representam vias importantes de exposição ambiental e humana, com potencial para causar danos à saúde das pessoas e à biodiversidade (PIRES, 2015). É fundamental monitorar de perto a presença desse herbicida para garantir a segurança química do ecossistema e da população.

**Figura 1** - Composição química do glifosato.



Fonte: ANVISA (2015)

## 2.5 EXPANSÃO DA FRONTEIRA AGRÍCOLA

Com a implantação de políticas de reordenamento territorial da Amazônia pelo governo federal, a partir da década de 1960, principalmente no contexto do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), a região passou a receber intensos investimentos em projetos agropecuários, minerais, rodovias, hidrelétricas, etc. Desta forma, a expansão da fronteira agrícola na Amazônia resultou em profundas tensões sociais na região (BARROS *et al.*, 2020).

O Brasil é um país eminentemente agroexportador, que tem a soja como primeiro lugar na pauta das exportações brasileiras desde 2016, desempenhando um papel fundamental na economia (MORGADO, 2023). A soja chegou à região Nordeste na década de 1990, e um grande atrativo para o investimento na região Norte e Nordeste foi o baixo custo da terra quando comparado ao restante do país. A mão de obra barata também é outro fator relevante, dessa forma as duas regiões

representam grande potencial para a expansão da fronteira agrícola brasileira (SCHWAMBORN, 2019).

A expansão da soja no bioma amazônico traz importantes mudanças de uso da terra, com consequentes processos de contaminação ambiental tanto terrestre quanto aquática, gerando conflitos socioambientais (PIRES, 2015). O avanço da fronteira agrícola se manifesta de maneira violenta às vezes (SCHWAMBORN, 2019), em que alguns autores relatam que a expansão do cultivo de soja nos municípios de Santarém (PA) e Mojuí dos Campos (PA) degrada os ecossistemas e ameaça o modo de vida de comunidades locais (PIRES, 2015). Há desmatamento, perda de biodiversidade, assoreamento de corpos hídricos e contaminação de outras matrizes ambientais por agrotóxicos e afins (BARROS *et al.*, 2020).

### **3 OBJETIVOS**

#### **1.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar as concentrações residuais do herbicida glifosato em amostras de água superficial e subterrânea coletadas na zona rural do município de Santarém (PA) e no Núcleo Rural Tabatinga (DF).

#### 4 JUSTIFICATIVA

Com o crescimento populacional, a demanda por alimentos tem aumentado significativamente (BRITO, 2018). Essa necessidade de produção em larga escala tem levado ao aumento do uso de agrotóxicos, incluindo o glifosato, que é o foco deste estudo. O glifosato é um herbicida sistêmico de amplo espectro. Sua aplicação tem sido adotada como estratégia para o controle de plantas daninhas em cultivos extensivos. Ele é o mais vendido no mundo e é comumente usado no plantio de soja (PIRES, 2015). O glifosato pode penetrar no organismo por diversas vias, particularmente pela veiculação hídrica que é discutida neste trabalho. A filtração da água antes do consumo retém uma parte do agrotóxico, mas não elimina totalmente o composto químico, que se acumula no corpo humano, podendo chegar a trazer o adoecimento de uma pessoa sadia (BRITO, 2018).

A relevância social do estudo reside nos potenciais malefícios que o uso indiscriminado do herbicida glifosato pode trazer à saúde humana, e na análise da contaminação do herbicida nos corpos d'água e em que quantidades a molécula pode se encontrada.

O trabalho foi construído com o intuito de expandir os conhecimentos sobre a temática nas áreas de estudo, proporcionando um olhar crítico sobre o uso desordenado do glifosato e a malignidade que o composto pode trazer à saúde humana. O trabalho teórico-experimental com resultados validados e com dados encontrados na literatura pode auxiliar estudantes e pesquisadores futuramente nas áreas estudadas.

Este estudo visa a fornecer informações relevantes para embasar discussões sobre o uso responsável de agrotóxicos, a implementação de práticas agrícolas mais sustentáveis e a promoção da segurança alimentar e ambiental.

## **5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **5.1 ÁREAS DE ESTUDO**

#### **5.1.1 Núcleo Rural Tabatinga - DF**

Localizado a 56 quilômetros da região central de Brasília, o Núcleo Rural de Tabatinga pertence à Região Administrativa de Planaltina (DF). Com uma extensão de 16.546,25 hectares, composto por 267 propriedades, é formado por quatro colônias agrícolas: Tabatinga, São Gonçalo, Estanislau e Barra Alta (PINHEIRO, 2010). Desse total, 130 delas têm de 25 a 75 hectares, e apenas cinco delas têm mais de 100 hectares. Essas grandes áreas são chamadas de áreas isoladas, ocupando espaços que ajudam a fazer o limite da região. Além disso, são predominantemente produtoras de grãos e utilizam tecnologia de ponta.

A produção que mais se destaca na região é a de grãos em sequeiro, milho, soja e feijão (CALIMAN, 2013). O Núcleo Rural Tabatinga possui uma região singular, com vastas áreas de cerrado preservadas, nascentes e cursos d'água que abastecem as comunidades. A economia local é baseada principalmente na agricultura familiar, com destaque para a produção de hortaliças, frutas e criação de animais (PINHEIRO, 2010).

#### **5.1.2 Santarém no Oeste do Estado do Pará**

O município de Santarém, localizado na foz do Rio Tapajós, é uma região de grande importância na região metropolitana. Com uma população estimada de 331.937 habitantes, é o município de maior área nessa região, abrangendo uma unidade territorial de 17.898.389 km<sup>2</sup>. A densidade demográfica é de 18,55 habitantes/km<sup>2</sup>, e o PIB per capita em 2022 é de R\$ 17.950,24 (IBGE, 2022).

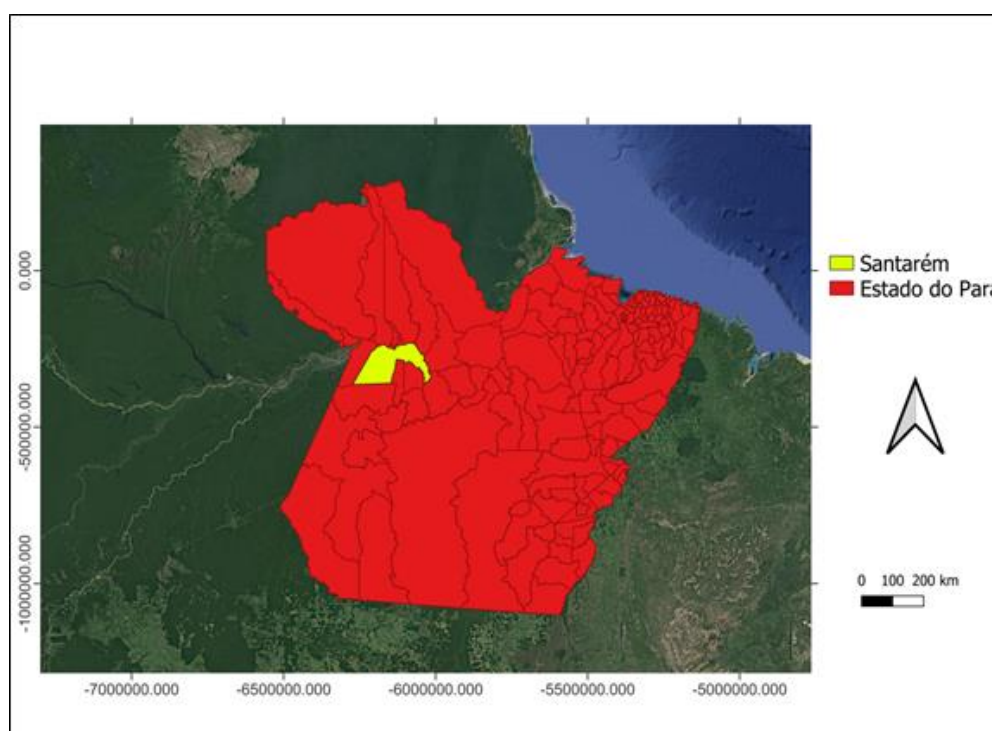
Santarém desempenha um papel fundamental como polo de serviços para os municípios vizinhos. É responsável por fornecer bens e serviços essenciais, como produtos industrializados, educação (sendo sede de várias instituições de ensino superior públicas e privadas, como a Universidade Federal do Oeste do Pará), saúde, serviços bancários, comércio, empregos, entre outros (LOPES, 2019).

Quanto às infraestruturas, o município apresenta um índice de 38,1% de domicílios com esgotamento sanitário adequado. Além disso, 43,3% dos domicílios urbanos estão localizados em vias públicas com arborização, e 7,8% possuem urbanização adequada, incluindo a presença de bueiros, calçadas, pavimentação e meio-fio. Em comparação com outros municípios

do estado, Santarém ocupa a 14<sup>a</sup> posição em relação ao esgotamento sanitário adequado, a 51<sup>a</sup> posição em arborização nas vias públicas e a 20<sup>a</sup> posição em urbanização adequada, em um total de 144 municípios satisfatórios. Quando comparada a outras cidades do Brasil, Santarém ocupa a 2.744<sup>a</sup> posição em esgotamento sanitário adequado, a 4.386<sup>a</sup> posição em arborização nas vias públicas e 3.038<sup>a</sup> posição em urbanização adequada, em um total de 5.570 cidades avaliadas (IBGE, 2022).

A cidade de Santarém está localizada no estado do Pará e é conhecida por sua rica história, cultura e diversidade ambiental.

**Figura 2** - Mapa do Município de Santarém, localizado no Estado do Pará cultura e diversidade ambiental.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 5.2 COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

Foram estrategicamente coletadas amostras de água em cursos d'água próximos a plantações de soja. Essas amostras foram obtidas em agosto de 2022 nas regiões do Núcleo Rural Tabatinga (DF) e do Planalto da Região Metropolitana de Santarém (PA), durante o período de seca. A escolha dos pontos de coleta foi realizada pela equipe de trabalho, conforme indicado nas tabelas 1 e 2.



Nos pontos selecionados, levaram-se em consideração critérios como a proximidade com as lavouras de soja, a possibilidade de derivação do escoamento dessas lavouras e a presença de águas rasas. Optou-se por coletar amostras de água em poços e em córregos utilizados pelas comunidades para o consumo humano.

Antes de processar as amostras finais, foram realizadas pré-análises com as amostras coletadas na região do Núcleo Rural Tabatinga, conforme a figura 3.

**Figura 3** - Local da primeira coleta e filtração de água. Córrego Stanislau



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Essa região é conhecida por sua extensa área de terras agrícolas. As amostras foram coletadas em córregos presentes na área, utilizando-se um balde de tamanho médio. Em seguida, com o auxílio de seringas de 20ml e filtro específico elas foram filtradas para dentro de tubos cônicos de 50ml para retirada de partículas sólidas, que ali estivesse presente. Por fim, foram identificadas e armazenadas na caixa de isopor com gelox, para preservar sua estabilidade. As amostras de água foram analisadas para obter dados quantitativos sobre as concentrações de glifosato presentes na água.

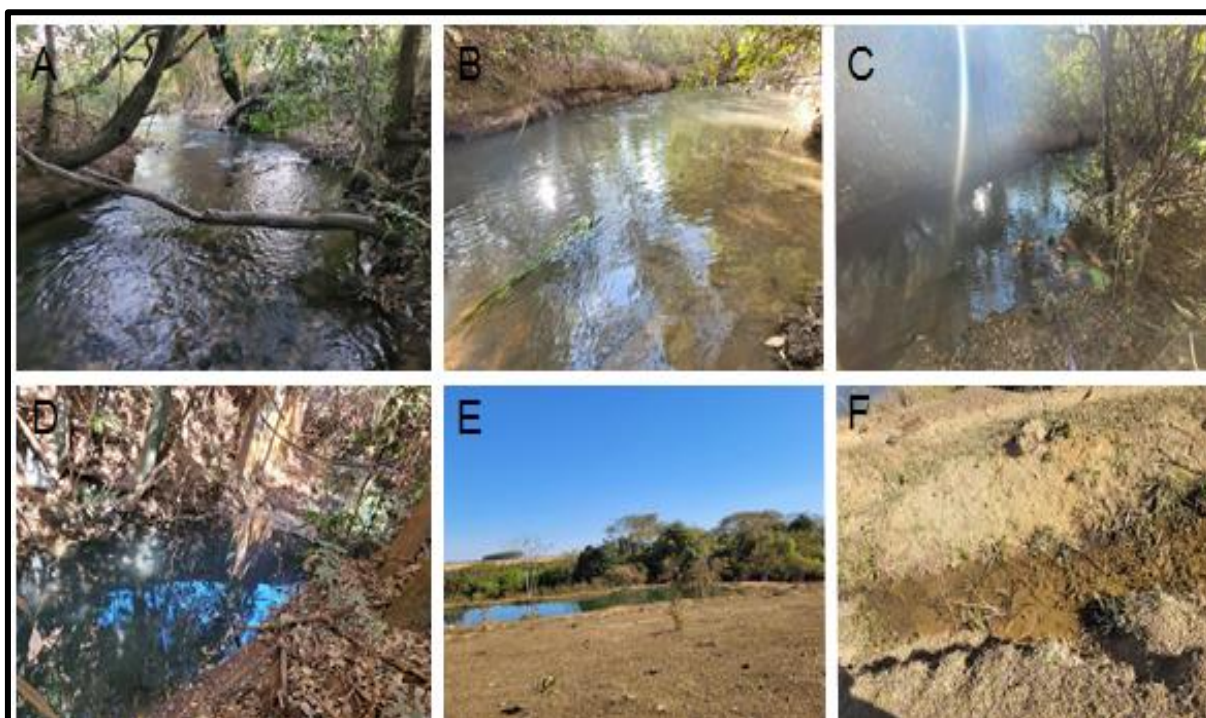
No Núcleo Rural Tabatinga, foram coletadas 7 amostras, em pontos estratégicos próximos às plantações, com a potencial presença de glifosato. Os pontos escolhidos para a coleta estão demonstrados na tabela 1 a seguir, bem como as fotos de alguns pontos que constam na figura 6.

**Tabela 1-** Número da amostra, data e local das coletas no Núcleo Rural Tabatinga-DF

Número de Amostra	Data Coleta	Local
T1	18/08/2022	Reservatório ao lado do Rio Jardim
T2		Córrego Rio Jardim
T3		Pipiripau
T4		Córrego Stanislau
T5		Corguinho
T6		Reservatório de propriedade particular
T7		Rio Jardim

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 4** - Coleta de amostra de água superficial em (A): Córrego Pipiripau - T3; (B): Rio Jardim – T7; (C) Córrego Rio Jardim – T2; (D) Córrego Estanislau - T4; (E): T6 Reservatório de uma propriedade rural -T6; (F): Córrego próximo ao reservatório de uma propriedade rural



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

As amostras finais foram coletadas na região de Santarém, no oeste do estado do Pará, conforme demonstrado nas figuras 4 e 5. Assim como as amostras iniciais, elas foram trazidas para Brasília e levadas para análise no Laboratório de Genética e Morfologia, localizado no Instituto de Biociências da Universidade de Brasília (IB/UnB). Utilizou-se um teste de imunoenensaio em todas as amostras,

obtendo-se como resultado final valores numéricos referentes a concentrações de glifosato nas amostras de água das comunidades onde foram realizados os estudos.

**Figura 5** - Coleta de água no microsistema de abastecimento da comunidade do Guaraná Santarém-PA.



Fonte: Keely Meireles Araújo Torres (PPG-SND/Ufopa)

**Figura 6**- Coletas de amostras de água na região de Santarém-PA



Fonte: Keely Meireles Araújo Torres (PPG-SND/Ufopa)

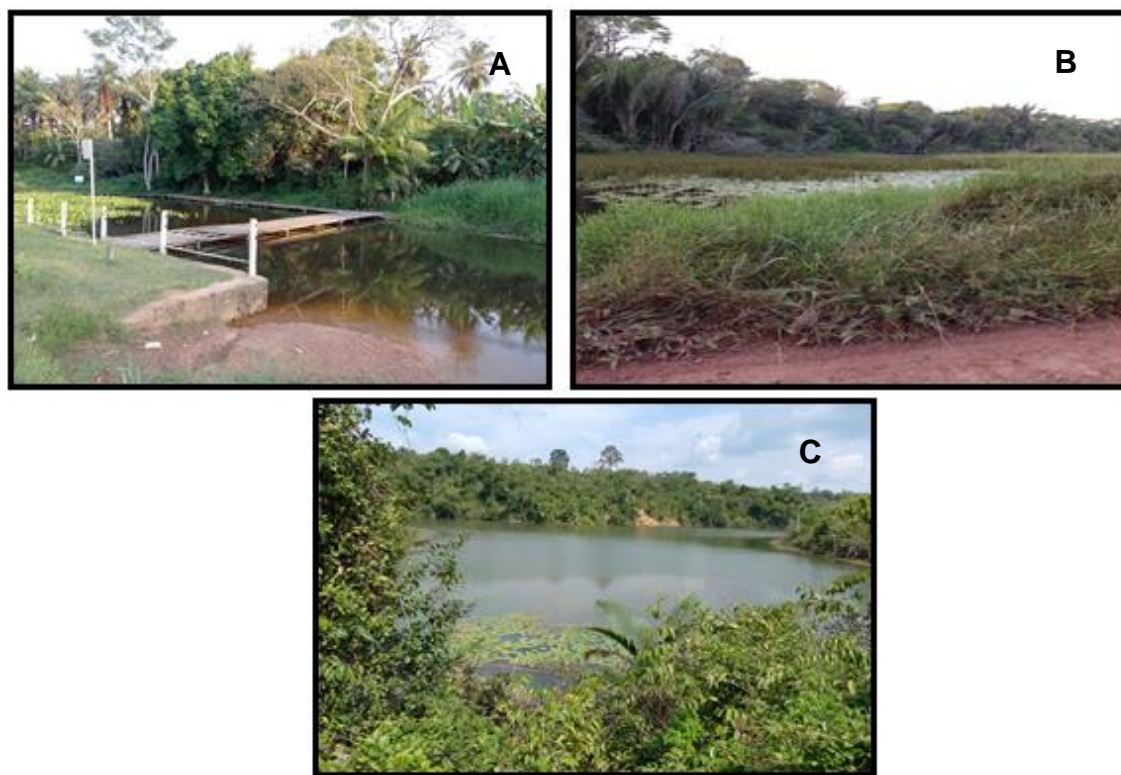
Na tabela 2, demonstra os locais onde foram escolhidos para fazer a coleta em Santarém. No total, foram coletadas 27 amostras: 3 em Mojuí, 5 em Açaizal, 6 em Boa Sorte, 6 em Igarapé e 2 em Garrafão, além de outras 5 amostras em pontos estratégicos

**Tabela 2** - Número da amostra, data e local das coletas em Santarém- PA.

<b>Número de Amostra</b>	<b>Data Coleta</b>	<b>Local</b>
S1	27/08/2022	Açaizal - Poço antigo isolado Casa do Sr. Gogo e D. Vera
S2	27/08/2022	Açaizal-Poço novo Senhor Gogo
S3	27/08/2022	Açaizal-Igarapé Senhor Gogo
S4	27/08/2022	Igarapé na estrada do Açaizal
S5	27/08/2022	Igarapé/Rio Mojui-1a entrada em Mojuí dos campos
S6	27/08/2022	Açaizal Casa Maria Elisa
S7	27/08/2022	Igarapé-Maria Elisa
S8	29/08/2022	Casa do Francisco Cruz
S9	29/08/2022	Igarapé-Francisco Cruz
S10	29/08/2022	Igarapé. Sr. Édino
S11	29/08/2022	Poço casa do Sr. Edino
S12	29/08/2022	Torneira casa da D. Maria Sebastiana - Microssistema Açaizal
S13	29/08/2022	Pia da escola São Félix- Com. Guaraná.
S14	29/08/2022	Bebedouro da Escola São Felix
S15	29/08/2022	Igarapé do Guaraná
S16	29/08/2022	Microssistema da Comunidade do Guaraná
S17	29/08/2022	Boa sorte – Poço da D. Zenaide
S18	30/08/2022	Boa sorte - Poço Élson – filho da D. Verbena
S19	30/08/2022	Boa sorte - Poço Sr. Leocádio
S20	30/08/2022	Boa sorte - Igarapé do Xicão
S21	30/08/2022	Boa sorte - Barragem Riacho Verde
S22	30/08/2022	Boa sorte- Barragem Riacho Verde
S23	30/08/2022	Mojuí dos Campos/Garrafão- Rio Mojúí
S24	30/08/2022	Mojuí dos Campos/Garrafão- Igarapé do Manoel
S25	30/08/2022	Mojuí dos Campos/Garrafão - Beira Rio (Mojúí)
S26	30/08/2022	Garrafão: Açude/Baixada Brecha da Gata
S27	30/08/2022	Garrafão: Igarapé do Lama, farol de milha.

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

**Figura 7-** Coletas de amostras de água superficial em Santarém-PA: (A): Centro de Mojui dos Campos, Beira Rio – S5; (B): Garrafão: Igarapé do Lama, farol de milha – S7; (C): Barragem Riacho Verde - S21.



Fonte: Keely Meireles Araújo Torres (PPG-SND/Ufopa)

### 5.3 ANÁLISES DAS AMOSTRAS

As amostras coletadas foram mantidas sob refrigeração em uma caixa térmica com gelo reutilizável até a chegada ao laboratório. A determinação do glifosato foi realizada, utilizando-se o kit Elisa, conforme a figura 7. No kit de Ensaio de Imunoabsorção Enzimática (ELISA - *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*), da Abraxis LLC (Warminster, PA, EUA), foi empregado um leitor de microplacas (Multiskan Spectrum, Thermo Scientific, Waltham, MA, EUA). Todos onde os procedimentos analíticos foram realizados de acordo com as instruções do fabricante (ABRAXIS, 2022).

**Figura 8 - Gold Standard Diagnostics, Glyphosate. Elisa, 96test**



Fonte: <https://www.goldstandarddiagnostics.us/home/> acessado em 3/3023

O teste foi realizado conforme as orientações do fabricante (ABRAXIS, 2022), como descrito a seguir:

- Foram adicionados 50  $\mu$ L das soluções padrão d, controle e amostra nos poços das tiras de teste, conforme o esquema a seguir na figura 9. O teste foi realizado em duplicata. Após a adição dos padrões, foi adicionado 50  $\mu$ L do anticorpo antiglifosato. Os poços foram cobertos com parafilme e o conteúdo foi agitado movendo o suporte da tira em um movimento circular rápido na bancada por 30 segundos. Em seguida, as tiras foram incubadas por 30 minutos.

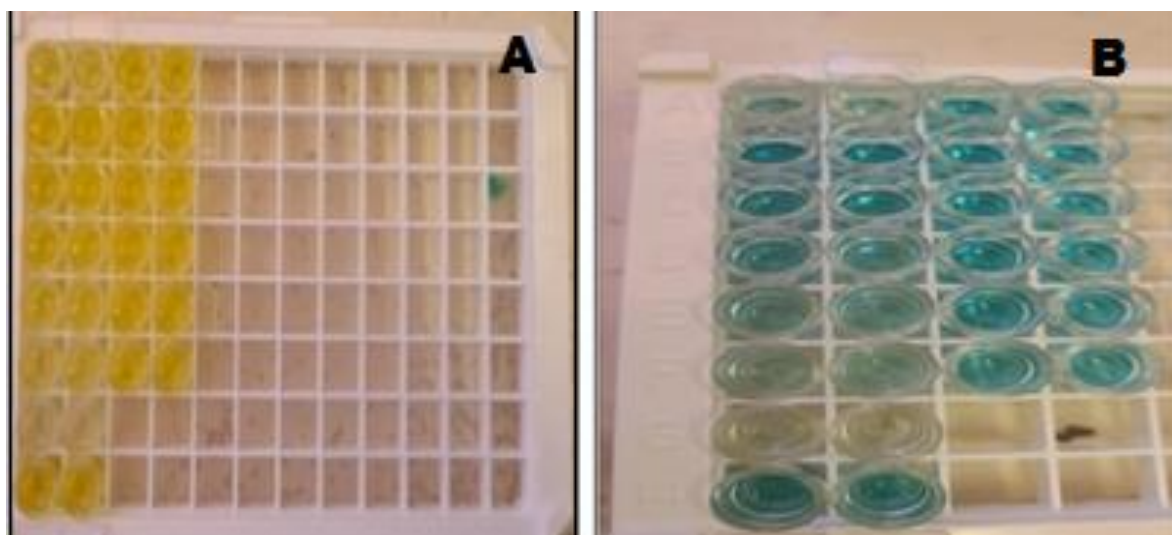
**Figura 9 - Disposição das amostras na placa do teste ELISA. Onde amarelo representa o padrão, laranja os controles, e o verde representa o branco.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	Cont. 0.75 pp	Cont. 0.75 pp	A2	A2	S3	S3	A4	A4	A12	A12	A20	A20
B	S1B	S1B	A3	A3	S4	S4	A5	A5	A13	A13	A21	A21
C	S2	S2	A4	A4	S5	S5	A6	A6	A14	A14	A22	A22
D	S3	S3	A5	A5	S6	S6	A7	A7	A15	A15	A23	A23
E	S4	S4	A6	A6	Cont. 0.75 pp	Cont. 0.75 pp	A8	A8	A16	A16	A24	A24
F	S5	S5	A7	A7	A1	A1	A9	A9	A17	A17	A25	A25
G	S6	S6	S1B	S1B	A2	A2	A10	A10	A18	A18	A26	A26
H	A1	A1	S2	S2	A3	A3	A11	A11	A19	A19	A27	A27

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

- Após a incubação, o parafilme foi retirado e 50  $\mu$ L do conjugado enzimático foram adicionados aos poços individuais, de forma sucessiva, utilizando uma pipeta escalonada. Os poços foram cobertos novamente com parafilme e o conteúdo foi agitado em um movimento circular rápido na bancada por 30 segundos, com cuidado para evitar derramamentos. A tira foi então incubada por 60 minutos em temperatura ambiente.
- Após a incubação, o parafilme foi removido e o conteúdo dos poços foi desprezado vigorosamente em uma pia. As tiras foram lavadas três vezes com a solução preliminar de lavagem 1X, utilizando um volume de 250  $\mu$ L de lavagem para cada poço em cada etapa de lavagem. O restante das amostras nos poços foi removido batendo a placa seca em uma pilha de toalhas de papel, para retirar todo o conteúdo ali presente.
- Adicionou-se 150  $\mu$ L de solução de coloração aos poços individuais, seguindo uma sequência usando uma pipeta escalonada. Os poços foram cobertos com parafilme e o conteúdo foi movido com o suporte de tiras em um movimento circular rápido na bancada. As tiras foram incubadas por 25 minutos em temperatura ambiente, mantendo-as afastadas da luz.

**Figura 10** - Placas do kit ELISA, (A) adição da solução de coloração aos poços, e (B) após a adição da solução de parada.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 11-** Autora em uma das etapas do teste, colocando solução de para aos poços



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

- Foram adicionados 100 $\mu$ l de solução de parada aos poços na mesma sequência da solução de substrato usando uma pipeta escalonada.
- A leitura foi realizada usando um leitor de microplaca ELISA, dentro de 15 minutos após a adição da solução de parada utilizada a absorvância de 450nm. E foram obtidos os resultados a seguir.



**Figura 12** - Dados de absorvância fornecidos pelo leitor de ELISA. Onde amarelo representa o padrão, laranja os controles, verde o branco.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0,5658	0,5302	1,4001	1,4546	0,9817	0,9739	1,2746	1,3768	1,4420	1,4106	1,2047	1,1056
B	1,3719	1,3660	1,5190	1,3808	0,5337	0,5152	1,2855	1,2387	1,2916	1,2023	1,1459	1,0791
C	1,1458	1,2179	1,3682	1,3529	0,2321	0,2800	1,2584	1,2707	0,8606	0,8848	1,1984	1,2093
D	1,0195	0,8687	1,4545	1,4354	0,6833	0,7187	1,2942	1,2715	1,1984	1,3106	1,0570	1,1020
E	0,7405	0,6988	1,4041	1,4300	0,5322	0,5881	1,3657	0,9270	1,2101	1,2556	1,0648	1,0380
F	0,5202	0,5669	1,2766	1,3617	1,1525	1,2036	1,1115	1,1591	1,1598	1,1602	1,2347	1,1589
G	0,2712	0,2016	1,2397	1,2237	1,1541	1,0380	1,3803	1,3876	1,0239	1,0982	1,2516	1,1698
H	1,4161	1,3870	1,1632	1,0386	0,7386	1,3002	1,3793	1,1645	1,2344	1,2752	1,2740	1,1885

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O método ELISA possui um limite de detecção (LD) de glifosato na água de 0,05 µg/L, um limite de quantificação (LQ) de 0,075 µg/L, uma concentração detectável máxima de 4 µg/L. Para quantificação, foi feita uma curva de 5 pontos (0,075, 0,20, 0,5, 1,0, 4,0 µg/L). As análises dos dados foram realizadas com o auxílio do software *GraphPad Prism 7* (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA), conforme recomendado pelo fabricante (ABRAXIS, 2022).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das amostras coletadas no Núcleo Rural Tabatinga (n = 7), não foram encontradas concentrações acima do limite de detecção do kit conforme, apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3** - Concentração média ( $\mu\text{g/L}$ ) de glifosato nas águas superficiais do Núcleo Rural de Tabatinga, no Distrito Federal. LQ de  $0,075 \mu\text{g/L}$ .

Local	Concentração
A1	<LQ
A2	<LQ
A3	<LQ
A4	<LQ
A5	<LQ
A6	<LQ
A7	<LQ

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O resultado das amostras de água de Tabatinga abaixo do limite de quantificação pode ser atribuído a diversos fatores, sendo um deles o período de coleta. É fundamental destacar que essas amostras foram coletadas durante a entressafra, caracterizadas por um clima muito seco.

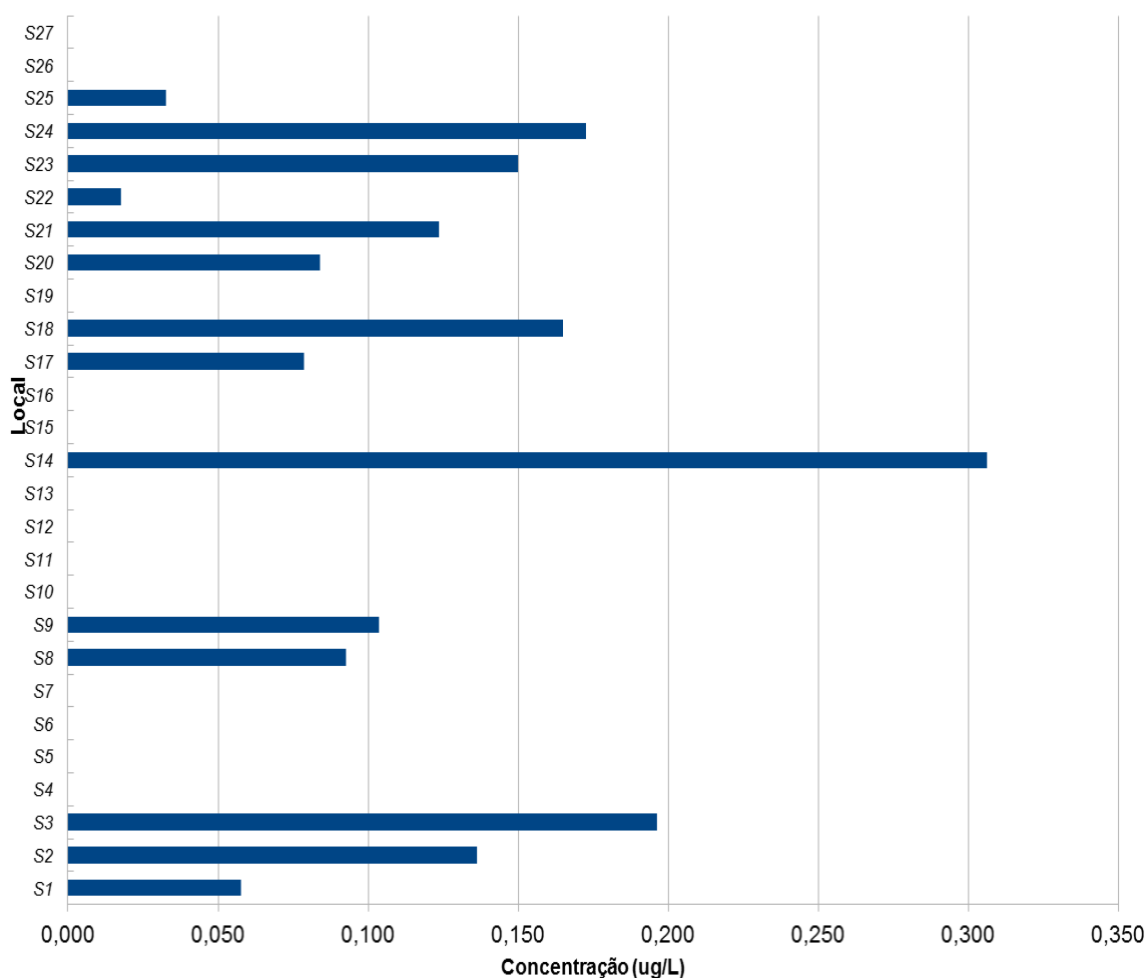
É importante ressaltar que o kit utilizado para análise tem um limite de detecção específico ( $0,05 \mu\text{g/L}$ ) e a ausência de detecção de glifosato nas amostras sugere que eventuais concentrações presentes nas amostras estão abaixo desse limite. Além disso, é necessário lembrar que a ausência de detecção de glifosato nas amostras coletadas no Núcleo Rural Tabatinga (DF) não exclui a possibilidade da presença de outros contaminantes ou agroquímicos que não foram examinados nesse estudo específico.

É de extrema importância documentar a presença de agrotóxicos degradados no sistema hidrológico, a fim de compreender plenamente as consequências do uso desses produtos para o meio ambiente e a saúde humana (PIRES, 2015). Essa

documentação é fundamental para uma análise abrangente e para melhor compreender os impactos resultantes do uso de agrotóxicos, fornecendo uma base sólida para medidas de mitigação e proteção ambiental.

Das 27 amostras coletadas em Santarém, foram encontrados níveis residuais do herbicida glifosato em 13 amostras (48%). A maior concentração detectada pelo teste foi de 0,309 µg/L no S14 como demonstrado no gráfico 1, no gráfico também apresenta que das 27 amostras coletadas no Oeste do Para, 14 delas (52%) não obtiveram nenhuma quantificação. É importante ressaltar que o teste utilizado foi capaz de mensurar apenas o glifosato, e não o seu principal produto de degradação, o AMPA (Ácido AminoMetilFosfônico).

**Gráfico 1-** Ocorrência e concentração de glifosato em cada um dos pontos amostrados de Santarém



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O fato de os agricultores não estarem pulverizando nesse período de entressafra evidencia o composto em baixas concentrações. Além disso, é importante mencionar que a detecção do glifosato no teste utilizado depende do limite de detecção do kit comercial, que pode variar de acordo com a sensibilidade do método empregado. Também é válido ressaltar que a presença de glifosato nas amostras pode indicar um risco aumentado de potencial exposição humana ao herbicida, mesmo que em níveis residuais. Portanto, é importante continuar monitorando e avaliando esses resíduos, bem como os possíveis efeitos na saúde humana e no meio ambiente (PIRES *et al.*, 2020).

A determinação de glifosato em água apresenta limitações devido às características físico-químicas desse composto, incluindo seu baixo peso molecular, alto teor de água e baixa solubilidade em solvente, além de seu comportamento anfótero e das baixas concentrações normalmente encontradas (PIRES *et al.*, 2023). O monitoramento contínuo de agrotóxicos nos corpos d'água amazônicos, principalmente no período de safra, é fundamental para garantir a preservação dos recursos hídricos desse bioma (PIRES *et al.*, 2020).

Para uma análise mais completa da presença de glifosato, seria necessário utilizar métodos mais específicos que possam detectar o seu principal subproduto de degradação, o AMPA, fornecendo uma avaliação abrangente dos resíduos presentes nas amostras coletadas. A presença desses compostos no ambiente, mesmo que em níveis diminuídos, sugere a necessidade de atenção por parte da comunidade científica e entidades governamentais responsáveis pela sustentabilidade ambiental e socioeconômica (MORGADO *et al.*, 2023)

No entanto, é crucial manter um monitoramento contínuo, utilizando métodos altamente sensíveis capazes de detectar concentrações extremamente baixas desses herbicidas na água, como por exemplo, análises ultrasensíveis para determinação de glifosato, AMPA e glufosinato por LC-MS/MS (PIRES *et al.*, 2023).

Apesar de o herbicida glifosato não ter sido encontrado com a mesma frequência que nos estudos anteriores mencionados nesta pesquisa, os resultados obtidos não revelaram uma grande variação deste trabalho em relação aos demais. No entanto, é importante considerar essas descobertas e analisar cuidadosamente

seus impactos. Embora as águas subterrâneas sejam frequentemente escolhidas para consumo devido à percepção de serem mais limpas em comparação com as águas superficiais, é essencial destacar que a contaminação por agentes químicos e/ou biológicos provenientes de agrotóxicos pode ocorrer, dependendo da localização do poço (DAMIANI, 2017). A infiltração desses compostos no solo pode comprometer a qualidade da água subterrânea, o que representa uma preocupação significativa (PIRES, 2015).

Um exemplo preocupante visto nesse estudo é uma amostra coletada no Bebedouro da Escola São Felix, frequentada principalmente por crianças, que apresentou a concentração mais elevada do herbicida glifosato. Esse achado ressalta a importância de considerar a vulnerabilidade das crianças aos possíveis efeitos adversos decorrentes da exposição ao glifosato. Embora haja lacunas no conhecimento sobre os efeitos a longo prazo da exposição a esse composto nas concentrações encontradas na área de estudo, alguns estudos têm analisado e discutido indícios de potenciais riscos à saúde da fauna e de populações humanas cronicamente expostas a níveis baixos desses contaminantes, ainda mais um grupo tão sensível com crianças (DAMIANI, 2017).

Pesquisas recentes têm revelado resultados alarmantes em relação aos efeitos potenciais da exposição a herbicida à base de glifosato em baixas concentrações na água, tanto em animais quanto em seres humanos (DAMIANI, 2017). Esses estudos destacam preocupações específicas relacionadas a danos aos rins e ao fígado, ressaltando a necessidade de uma análise abrangente desses impactos na saúde humana e nos ecossistemas.

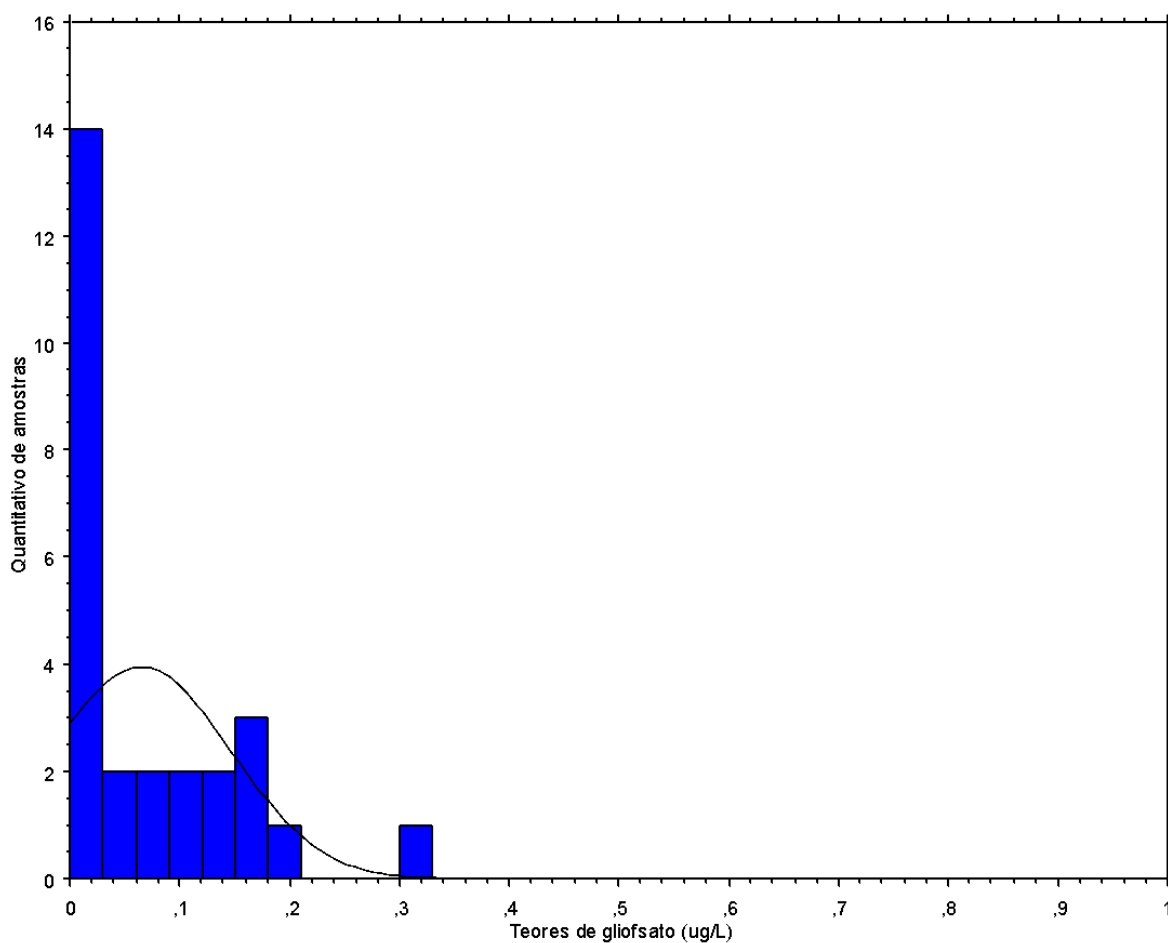
A ANVISA tem adotado uma postura semelhante à da USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) ao realizar as discussões sobre o glifosato. É importante destacar que o glifosato é o ingrediente ativo de agrotóxicos com o maior volume de vendas no Brasil (ANVISA, 2017). A seguir na tabela 4, são apresentados estatísticas descritivas dessas amostras, o que possibilitou a geração do gráfico 2 com as concentrações residuais de glifosato encontrados nas amostras, e a sua curva padrão.

**Tabela 4** - Estatísticas descritivas das concentrações de Glifosato nas amostras de água.

Descrição estatística	
Media	0,64
Desvio Padrão	0,82
Erro padrão	0,16
Numero de Amostras	27
Concentração Mínima Obtida	0,000
Concentração Máxima Obtida	0,306
Faltante	0
Mediana	0,018
Moda	0,000

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Gráfico 2** : níveis de concentrações residuais de glifosato encontrados nas amostra



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 7. CONCLUSÃO

Muito embora as duas regiões de estudo tenham sido amostradas em períodos bastante próximos, o fato de não terem sido encontrados resíduos de glifosato na comunidade de Planaltina pode estar relacionado ao fato de ser uma região predominantemente agrícola familiar, onde os agricultores tendem a utilizar menos agrotóxicos em geral ou optam por outros produtos além do glifosato. A agricultura familiar muitas vezes prioriza práticas mais ecológicas e menos dependentes de agroquímicos, o que pode explicar a ausência de glifosato nas amostras.

O fato de terem sido encontrados resíduos de glifosato nas amostras de Santarém corrobora estudos anteriores que já apontavam a presença desse contaminante orgânico nos cursos d'água daquela região. Isso reforça a consistência das informações e indica que o uso de glifosato é mais comum ou frequente nas práticas agrícolas daquela área.

É importante ressaltar que a ausência de detecção de glifosato em Planaltina não descarta a possibilidade de seu uso na região, mas apenas indica que não foram encontrados resíduos nos pontos de amostragem durante o período de coleta. É necessário realizar um monitoramento contínuo para obter uma imagem mais completa e precisa da presença e do impacto dos agrotóxicos nas diferentes regiões estudadas.

## 8 REFERÊNCIAS

ABRAXIS, Glyphosate ELISA Microtiter Plate: Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for the Determination of Glyphosate in Water Samples. 201. Disponível em < <http://www.biosense.com/pdfs/Glyphosate.pdf>>. Acessado 21 de agosto de 2022.

ANVISA, **Glifosato Prossegue sob a Análise na Anvisa**. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2017/glifosato-prossegue-sob-analise-na-anvisa>. Acesso em: 9 jul. 2023.

BASSO, Cristiana; SIQUEIRA, Ana Carolina Fraga; DOS SANTOS RICHARDS, Neila Silvia Pereira. Impactos na saúde humana e no meio ambiente relacionado ao uso de agrotóxicos: Uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e43110817529-e43110817529, 2021.

BARROS, Márcio Júnior Benassuly Barros *et al.* fronteira agrícola e conflitos territoriais nas amazônias brasileiras: a expansão do agronegócio da soja e seus efeitos no planalto de santarém, Pará-amazônia-brasil. **Ciência Geográfica**, v. 24, n. 2, p. 893-911, 2020.

BRAIBANTE; ZAPPE. A Química dos Agrotóxicos. *In*: BRAIBANTE; ZAPPE. **Química e Sociedade**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 10-15. ISBN <http://qnesc.s bq.org.br/online>. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online>. Acesso em: 3 jul. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. LEI Nº 7.802, DE 11 DE JULHO DE 1989. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/legislacao/arquivos-de-legislacao/lei-7802-1989-lei-dos-agrotoxicos>. Acesso em: 2 abr. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm). Acesso em: 14 fev. 2023.

BRITO, Mariele de Azevedo de; YADA, Marcela Midori. Impactos do herbicida glifosato na saúde humana: riscos provenientes da exposição e consumo residual. *In*: V simtec – simpósio de tecnologia - faculdade de tecnologia de taquaritinga, 2023, São Paulo. **V SIMTEC – Simpósio de Tecnologia - Faculdade**



**de Tecnologia de Taquaritinga.** São Paulo: Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga, 2018. p. 349-360.

CALIMAN, JÉSSICA FAZOLO. **Caracterização do Potencial Agrícola da Região Rural de Planaltina/DF:** explorando o sisater. 2013. 38 p. Trabalho de conclusão de curso — UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, BRASÍLIA/DF, 2013.

CASTRO, A. S. **Avaliação pontual da Degradação e Transporte do Herbicida Glifosato no Solo da Bacia do Arroio Donato - Pejuçara (RS).** 2005. 82 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

DA MATTA, Natália Santos. Impactos do Uso do Agrotóxico no Meio Ambiente e na Saúde Humana. *in:* 17 ° Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2020, Poços de Caldas. **17 ° Congresso Nacional do Meio Ambiente.** [S. l.]: ISSN, 2020. ISBN 2317-9686.

DAMIANI, Sandra. **Impactos Socioambientais do Cultivo de Dendê na Terra Indígena Turé-Mariquita no Nordeste do Pará.** 2017. 126 p. Dissertação de mestrado — Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2017.

DE AMARANTE Junior, Ozelito Possidônio et al. **Glifosato: Propriedades, toxicidade, usos e legislação.** Química Nova, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/66920>>.

FUNDACENTRO. Prevenção de acidentes no trabalho com agrotóxicos: segurança e saúde no trabalho, n. 3. São Paulo: **Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho,** Ministério do Trabalho, 1998.

HESS, Sonia Corina. **Ensaio Sobre Poluição e Doenças no Brasil.** São Paulo: Outras Expressões, 2018. 344 p.

IBGE, **Santarém (PA)** | Cidades e Estados | IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/santarem.html>. 2022. Acesso em: 9 jul. 2023.

LARANGOTE, GABRIEL PORFIRIO. **Novo Marco Regulatório de Classificação dos Agrotóxicos no Brasil:** padrão internacional ghs. 2020. 22 p. Trabalho de conclusão de curso — centro universitário de Anápolis – UNIEVANGÉLICA Curso de

Agronomia, Anápolis/ GO, 2020. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/9500>. Acesso em: 23 abr. 2023

LOPES, THALITA FERREIRA. **O Uso de Agrotóxicos no Brasil, Riscos e Tutela Jurídica**. 2019. 38 p. Trabalho de conclusão de curso — UNIEVANGÉLICA, Anápolis/ GO, 2019.

LORENSI, Cristhian Alves; JESSE, Cristiano Ricardo; RUFF, Jossana Rodrigues. Glifosato: Uma Revisão da Toxicidade em Peixes. *in*: **Anais do 9º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNIPAMPA**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Pampa, 2017. P. 1-5.

MORGADO, Moema Guimarães de Azeredo. **Expansão da Fronteira Agrícola e Presença de Glifosato e AMPA em Amostras de Água da Região de Santarém (PA): Desafios Analíticos Para o Monitoramento Ambiental**. 2019. 123 p. Tese de Doutorado — Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2019.

MORGADO, Moema Guimarães de Azeredo *et al.* Large-Scale Agriculture and Environmental Pollution of Ground and Surface Water and Sediment by Pesticides in the Brazilian Amazon: the Case of the Santarém Region. **Water Air Soil Pollut**, v. 150. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06152-8>. Acesso em: 12 jul. 2023.

PEREIRA, R. A.; MACIEL LIMA COSTA, C.; MACIEL LIMA, E. O Impacto dos Agrotóxicos Sobre a Saúde Humana e o Meio Ambiente. **Revista Extensão**, v. 3, n. 1, p. 29-37, 1 out. 2019.

PINHEIRO, Flavio Bonesso. **Agroindustrialização verticalizada, uma saída para o produtor rural familiar da região de Tabatinga – DF**. 2010. 42 p. Trabalho de conclusão de curso — CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UniCEUB, BRASÍLIA/DF, 2010.

PIRES, Nayara *Luiz et al.* Um método ultrasensível LC-MS/MS para a determinação de glifosato, AMPA e glufosinato em água – análise de águas superficiais e subterrâneas de uma bacia hidrográfica na região Centro-Oeste do Brasil. **Science of the Total Environment**, v. 875, 1 jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162499>. Acesso em: 1 jul. 2023.

PIRES, Nayara *Luizet al.* Determinação de glifosato, AMPA e glufosinato por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção de fluorescência em águas do Planalto de Santarém, Amazônia brasileira. **Revista de Ciências Ambientais e Saúde, parte B**, v. 55, n. 9, pág. 794-802, 25 jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03601234.2020.1784668>. Acesso em: 1 jul. 2023.

PIRES, NAYARA LUIZ. **Expansão da Fronteira Agrícola e Presença de Glifosato e AMPA em Amostras de Água da Região de Santarém (PA): Desafios Analíticos Para o Monitoramento Ambiental**. 2015. 97 p. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural — Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2015.

SCHWAMBORN, TXAI MITT. **Expansão da fronteira agrícola, Uso de Agrotóxicos e Riscos de Exposição Humana ao Glifosato na Região Metropolitana de Santarém**. 2019. 128 p. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural — Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2019.

SOUZA, Marcos Antônio de. **Risco de contaminação da água por glifosato: validação do modelo A.R.C.A. em uma lavoura de soja no entorno do Distrito Federal**. 2014. 140 p. Dissertação de doutorado — Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2014.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas**. 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/6909>. Acesso em: 26 Jun. 2023