Relatório de Resíduos de Agrotóxicos no Rio Santo Antônio

Instituto Socioambiental da Bacia do Alto Paraguai SOS Pantanal

Autores: Jahdy Moreno Oliveira[1] e Felipe Augusto Dias[2]

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai (BAP), conhecida por sua biodiversidade única e sua vasta extensão territorial, é de extrema importância hidrológica para a América do Sul, possuindo dimensão em quatro países (Brasil, Bolívia, Paraguai e Argentina). Em território brasileiro a BAP abrange dois estados, o Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo popularmente classificada quanto ao seu relevo, o planalto (cotas altimétricas acima de 200 m) e a planície (cotas altimétricas abaixo de 200 m), e a região de cota média de 100 m é denominada Pantanal (MORAES et al, 2013)

As nascentes (cabeceiras) dos principais rios do Pantanal estão no planalto (ALHO; SABINO, 2012), tornando o conhecimento das interações hidrológicas entre planície-planalto fundamental para estudos e análises da malha hidrográfica Pantaneira.

O Pantanal, identificado como Patrimônio Nacional pela Constituição Brasileira de 1988 (BRASIL, 1988) e Patrimônio Natural Mundial pela UNESCO, é a maior planície alagável contínua do mundo. Conhecido por dinâmicas únicas e regimes de seca e cheia, a planície pantaneira está intrinsecamente ligada à água e seus principais rios são o rio Paraguai, Cuiabá, Abobral, Apa, Taquari, Aquidauana, Itiquira, Jauru, Miranda, Nabileque, Negro, São Lourenço e seus afluentes (CARVALHO, 1986; SILVA; FERREIRA, 2023).

A dependência do regime hidrológico é muito grande para núcleos e zonas urbanas, comunidades ribeirinhas, comunidades rurais e povos tradicionais (ALLASIA et al, 2004), também para a pecuária e a biodiversidade única presente no pantanal.

> *Existem no Pantanal pelo menos 4.700 espécies, sendo 3.500 espécies de plantas, 650 de aves, 124 de mamíferos, 80 de répteis, 60 de anfíbios e 260 espécies de peixes de água doce, sendo que algumas delas em risco de extinção. (INSTITUTO SOS PANTANAL, 2023)*

Enquanto a planície pantaneira tem como principal atividade econômica a pecuária extensiva de cria e recria e o turismo ecológico (Rossetto; Girardi, 2013), o planalto composto pela formação cerrado e parcialmente amazônica, vem sofrendo com uma mudança acelerada em sua paisagem natural associada a atividades agrícolas intensivas (COUTINHO

[1] Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Analista de Projetos do Instituto SOS Pantanal
[2] Engenheiro Agrônomo - Instituto Socio Ambiental da Bacia do Alto Paraguai SOS Pantanal – Diretor Técnico Científico.

et al, 2016). Estas mudanças na paisagem, são responsáveis pela implantação de diversos projetos ligados à restauração das principais cabeceiras ligadas aos corpos hídricos do Pantanal (INSTITUTO SOS PANTANAL, 2021; INSTITUTO HOMEM PANTANEIRO, 2021; WWF, 2015).

Em consequência da expansão agrícola nos últimos anos, em 2022, o Instituto SOS Pantanal começou a debater a importância de frear o avanço dessa produção agrícola na planície Pantaneira, em específico da soja, visto que por se tratar de uma área alagável não existem barreiras para a contaminação advindas de uso de produtos de controle de pragas, doenças e plantas invasoras. O uso de produtos como inseticidas, fungicidas, herbicidas e nematicidas possuem compostos potencialmente poluidores (STEFFEN et al, 2011).

Nesse mesmo ano, foram registradas mais de 48 mil toneladas de agrotóxicos comercializados no estado de Mato Grosso do Sul e 176 mil toneladas no estado de Mato Grosso (IBAMA, 2023). Os agrotóxicos ao entrarem em contato com a água, podem ser transportados para as águas superficiais e colocar em risco a biota aquática e a qualidade das fontes de captação de água para abastecimento humano e de animais domésticos (SCORZA JUNIOR et al, 2021).

O transporte dos agrotóxicos em águas superficiais ocorre não somente devido ao seu escoamento superficial, mediante chuva e enxurradas, mas também pela deriva das aplicações e pulverizações aéreas (SOUZA, 2014; MONQUERO; SILVA, 2021)

Adicionalmente, testes feitos pelo Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano - SISAGUA (2022), do Ministério da Saúde, apontaram a presença de 27 tipos de agrotóxicos na água tratada distribuída em seis cidades de Mato Grosso do Sul, reforçando a importância do monitoramento de águas superficiais quanto a presença de agrotóxicos.,

Esse estudo tem como referência o estudo da Embrapa Agropecuária Oeste (SCORZA JUNIOR et al, 2021), que realizou a análise de 46 agrotóxicos para o Rio Dourados, localizado no estado de Mato Grosso do Sul.

Este trabalho investigou a presença e a contaminação das águas superficiais do Rio Santo Antônio, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda/MS, por agrotóxicos e seus produtos de degradação durante o período da safra de soja 2023/2024 iniciando em outubro de 2023 e finalizando em março de 2024. Este estudo apresenta o resultado do monitoramento, indicando a necessidade de estudos e discussões científicas e públicas sobre o impacto ligado à presença do uso de agrotóxicos em rios que drenam para o Pantanal.

2. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

a. Área de estudo

O presente estudo, de caráter investigativo, decorreu no Rio Santo Antônio localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda (BHRM), ou Unidade de Planejamento e Gestão (UPG) do Miranda, sendo uma sub-bacia pertencente à Bacia do Alto Paraguai (BAP) (CALHEIROS, 2007).

A BHRM está localizada na porção centro-oeste do Estado e é uma das principais unidades de planejamento de Mato Grosso do Sul (LEITE et al, 2022), englobando 23 municípios de forma total ou parcial, sendo 15 com seus núcleos urbanos dentro dos limites da bacia (SOBRINHO et al, 2012).

Conta com uma área de drenagem de 42.124 km², e é uma das bacias formadoras do Pantanal e seu principal curso hídrico é o Rio Miranda, que tem sua foz no município de Corumbá desaguando no Rio Paraguai (LEITE et al, 2022). Possui classificação climática de Koppen subtipo Cfa mesotérmico úmido sem estiagem e subtipo - Aw tropical úmido (IMASUL, 2012), no alto curso da bacia há a presença de solos predominantemente Latossolos Vermelhos e os Neossolos (LEITE et al, 2022).

Dados de uso e cobertura da bacia estudada, no período de 2019 a 2022, apresentam mais de 60% destinado à agropecuária de acordo com o MapBiomas - Coleção 8.0 (Tabela 1), sendo ligada principalmente a pastagens (~38% em 2022), mas possui também atividades ligadas à agricultura intensiva.

Tabela 1: Dados de Uso e Cobertura Vegetal da Bacia do Miranda entre os anos de 2019 a 2022 – MapBiomas Coleção 8.0

CLASSES DE USO	2019		2020		2021		2022	
	Área [km²]	[%]	Área [km²]	[%]	Área [km²]	[%]	Área [km²]	[%]
Pastagem/ Pasture	17625.40	40.12%	17242.70	39.25%	16800.97	38.24%	16371.58	37.27%
Formação Florestal/Forest Formation	9453.88	21.52%	9451.16	21.51%	9377.94	21.35%	9407.77	21.41%
Mosaico de Usos/Mosaic of Uses	5005.14	11.39%	5340.87	12.16%	5949.66	13.54%	6128.16	13.95%
Formação Campestre/Grassland	2893.39	6.59%	3674.13	8.36%	3443.61	7.84%	4219.04	9.60%
Soja/Soybean	2860.69	6.51%	3038.42	6.92%	3060.52	6.97%	3085.05	7.02%
Formação Savânica /Savanna Formation	2718.04	6.19%	2768.08	6.30%	2763.97	6.29%	2752.61	6.27%
Campo Alagado e Área Pantanosa/Wetland	2360.12	5.37%	1600.09	3.64%	1666.46	3.79%	1095.71	2.49%
Outras Lavouras Temporárias/Other Temporary Crops	307.15	0.70%	276.84	0.63%	271.02	0.62%	253.32	0.58%
Rio, Lago e Oceano/ River, Lake and Ocean	404.34	0.92%	249.89	0.57%	291.08	0.66%	221.81	0.50%
Silvicultura/Forest Plantation	144.46	0.33%	145.72	0.33%	154.61	0.35%	155.91	0.35%
Outras Áreas não Vegetadas/Other non Vegetated Areas	29.50	0.07%	31.42	0.07%	39.07	0.09%	125.47	0.29%
Área Urbanizada/Urban Area	72.04	0.16%	72.38	0.16%	72.51	0.17%	73.03	0.17%
Afloramento Rochoso/Rocky Outcrop	19.57	0.04%	19.56	0.04%	19.52	0.04%	19.55	0.04%
Cana/ Sugar Cane	35.49	0.08%	17.91	0.04%	17.69	0.04%	19.40	0.04%
Mineração /Mining	2.45	0.01%	2.52	0.01%	3.09	0.01%	3.32	0.01%

Uma análise mais detalhada dos dados apresentados, mostram que às áreas úmidas (Wetlands) na BRHM tiveram diminuição na sua extensão conforme apresentado pelo gráfico abaixo. Isso, explica-se, majoritariamente pelo fato de o Pantanal estar enfrentando uma grande seca nas últimas décadas (MARENGO et al, 2021).

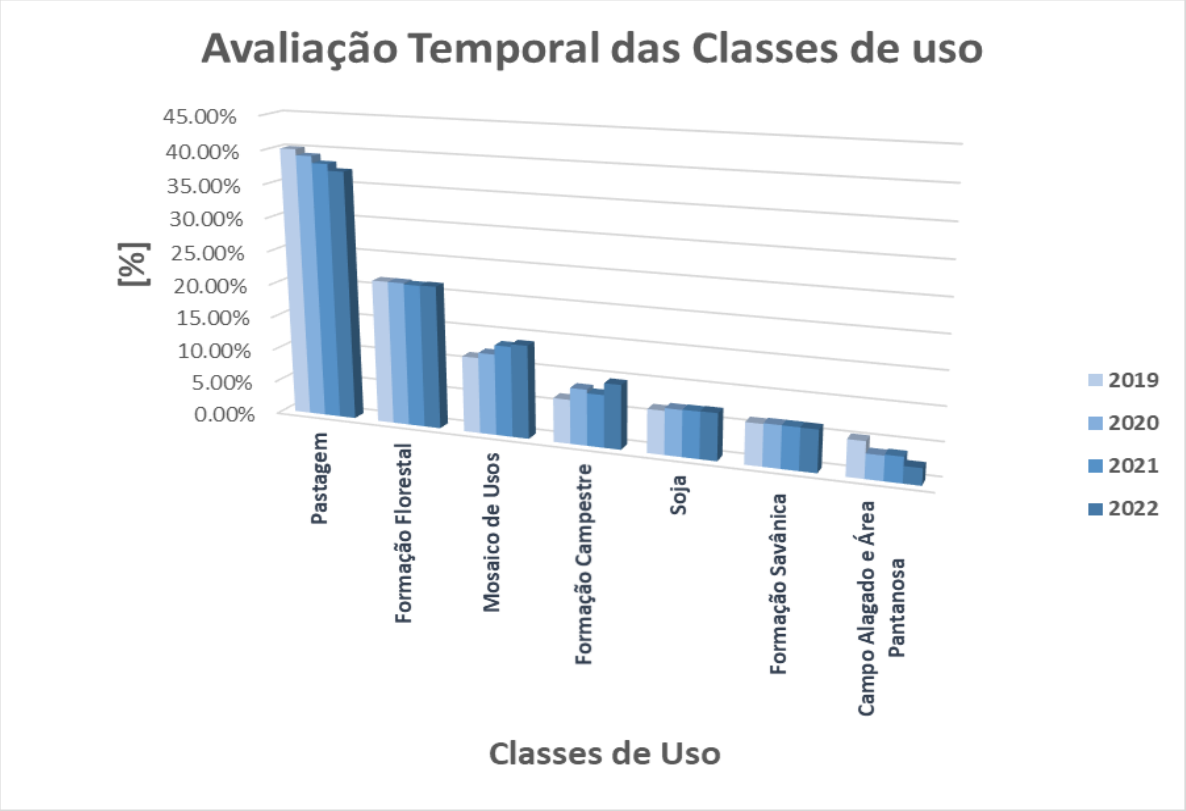

Figura 1 - Avaliação temporal de classes de uso e cobertura na bacia do Miranda
Fonte: Jahdy Moreno - 2024

Nesse mesmo período, nota-se um aumento também da classe de “Mosaico de Usos”, que conforme a legenda de descrição da coleção 8.0 do MapBiomas se trata de áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura[3]

O Rio Santo Antônio, foco deste trabalho, é um dos principais afluentes do Rio Miranda (ABRÃO, 2021). Nasce na Serra de Maracaju no município de Guia Lopes da Laguna e deságua no rio Miranda (Figura2) na divisa municipal de Guia Lopes da Laguna e Jardim.

[3] Acesso disponível em: < https://brasil.mapbiomas.org/codigos-de-legenda/ >

Figura 2 - Encontro dos Rios Miranda e Santo Antônio.

Um estudo desenvolvido por CARVALHO e OLIVEIRA (2019), apresentou que esse rio, nos últimos anos, sofre com a expansão da produção da monocultura às suas margens, apresentando consequências negativas a produção de agricultores familiares próximos, contaminação e aceleração do assoreamento do rio (Figura 3).

O rio Santo Antônio, também, serve como fonte de captação de abastecimento para o município de Guia Lopes da Laguna (SANESUL, 2018), sendo enquadrado como **'Classe Especial'** de acordo com a deliberação CECA/MS nº 36, de 27 de junho de 2012 e a resolução CERH/MS nº 52, de 18 de junho de 2018. Reforçando mais uma vez a necessidade de se investigar a presença de contaminantes na água quanto a agrotóxicos.

Neste contexto se faz necessário entender o Índice de Qualidade da Água parra identificar se atende o enquadramento.

Figura 3 - Bordas Assoreadas - Rio Santo Antônio.

b. Pontos de coleta, amostragem e precipitação local

A seleção dos pontos de coleta para este estudo envolveu a aquisição de dados da coleção 8.0 do MapBiomas referentes a monoculturas na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, sendo essa escolha motivada pela conveniência logística, dada a localização da sede do Instituto SOS Pantanal e laboratório de análise em Campo Grande - MS, além de serem áreas de acesso público para coletas periódicas. A partir dos dados da coleção, foram identificados locais próximos a rios que apresentavam um nível considerável de degradação da Área de Preservação Permanente (APP).

Os dados da coleção 8.0 foram filtrados conforme as classes indicadas na Tabela 2, e analisados conforme a proximidade em corpos hídricos.

Tabela 2 - Classes filtradas para a análise de seleção dos pontos

Classe	*Descrição da Legenda – Coleção 8.0*
Soja	Áreas cultivadas com a cultura da soja
Cana	Áreas cultivadas com a cultura da cana-de-açúcar.
Outras Lavouras Temporárias	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.
Mosaico de Usos	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura

Fonte: Jahdy Moreno – Adaptado Coleção 8.0 MapBiomas[4]

Com os dados, foram selecionados 3 pontos de coleta (Figura 5), com as coordenadas geográficas disponíveis na tabela 3, ao longo do Rio Santo Antônio, nos limites municipais de Guia Lopes da Laguna e Jardim.

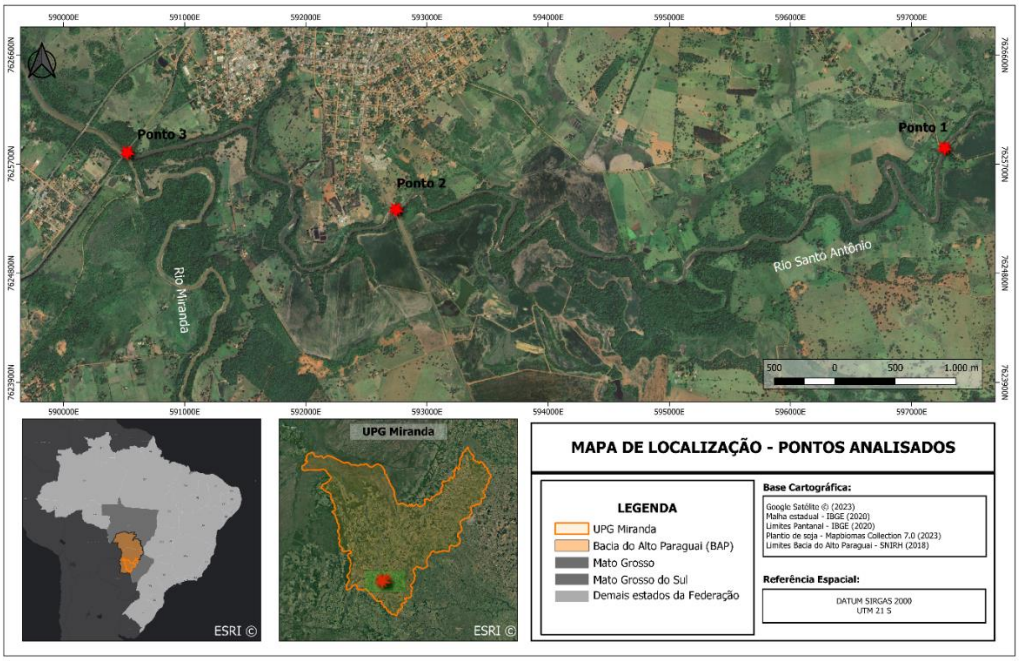

Figura 4 – Localização dos pontos de Coleta. **Fonte:** Jahdy Moreno.

Tabela 3 - Coordenadas Geográficas dos pontos de Coleta

Ponto	**Coordenadas Geográficas**
1	*Latitude: 21° 28' 2.617" S* *Longitude: 56° 3' 39.9836" W*
2	*Latitude: 21° 28' 20.2894" S* *Longitude: 56° 6' 17.3552" W*
3	*Latitude: 21° 28' 5.5416" S* *Longitude: 56° 7' 32.1132" W*

Fonte: Jahdy Moreno

[4] Disponível em < https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/Legenda-Colecao-8-Descricao-Detalhada-PDF-PT-3-1.pdf >

Para a região de análise, nota-se a presença de diversas plantações o longo da margem do rio, conforme detectado pela referida coleção de dados (Figuras 5 e 6).

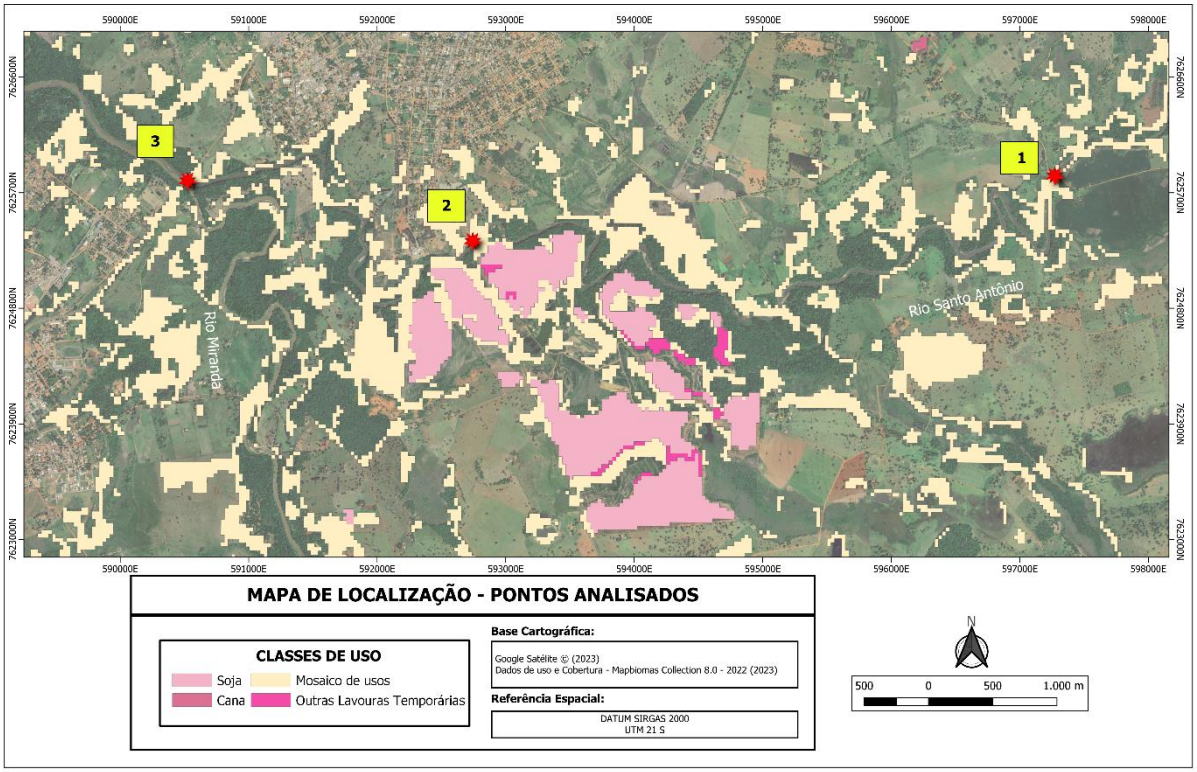

Figura 5 - Análise de Uso e Cobertura às margens do Rio Santo Antônio. **Fonte:** Jahdy Moreno

Figura 6 - Plantações de soja as margens do Rio Santo Antônio.

Estudos desenvolvidos por ABRÃO e BACANI (2018) apresentaram que a sub-bacia do Rio Santo Antônio possuí mais da metade de suas Áreas de Preservação Permanente (APP) em conflito com algum tipo de uso de terra.

Para a safra da soja 23/24, o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), mediante a Portaria nº 840/2023 definiu os períodos de semeadura da soja para o estado de Mato Grosso do Sul entre os períodos de 16 de setembro a 24 de dezembro.

A abertura nacional do plantio de soja 23/24 ocorreu no dia 29 de setembro de 2023 (Aprosoja Brasil, 2023), e muito se discute sobre uma plantação acelerada neste ano devido à grande onda de calor presenciada devido ao fenômeno El Niño e a diminuição nos índices de precipitação. Mas conforme viagens a campo foi possível notar, também, que diversos inícios da plantação da soja ocorreram em épocas e datas diferentes, logo surgiu a necessidade de analisar as lavouras próximas aos pontos de coleta.

Para tanto, a escolha de datas de coleta dos pontos de análise de agrotóxicos contemplou o período de outubro/2023 a março/2024 com coletas previstas aproximadamente de 15 em 15 dias conforme a tabela 4.

Tabela 4 - Datas de coleta

Coleta	*Datas de Coleta*
1	05/10/2023
2	20/10/2023
3	06/11/2023
4	22/11/2023
5	05/12/2023
6	19/12/2023
7	09/01/2024
8	18/01/2024
9	02/02/2024
10	23/02/2024

Fonte: Jahdy Moreno

Os dados das análises foram cruzados com os dados de precipitação advindos do Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima do Estado do Mato Grosso do Sul (CEMTEC), que realizou a reativação da estação automática em Jardim (MS) no dia 24/10/2023[5], disponibilizado no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As coletas das amostras feitas em campo foram realizadas por técnico laboratorial especializado, em Vidro âmbar 1000 (ml) refrigerado de 0 a 6ºC até o laboratório de análise, e em *in situ*, foram coletados também valores da temperatura do ar e pH das amostras em todos os três pontos amostrados (Figura 7).

[5] Nota-se que para a primeira e segunda coleta, não houveram dados de chuva acumulada para a Estação Jardim/MS.

Figura 7 - Amostragem dos Pontos.

c. Métodos de análise dos resíduos de agrotóxicos e produtos de degradação nas amostras de água

As amostras foram analisadas quanto a existência de resíduo agrícola com respostas a 109 parâmetros (Tabela 5), os parâmetros selecionados englobaram os do estudo da Embrapa Oeste, supracitado, e os de referência da Conama 357/05 para rios enquadrados em Classe 2, mesmo sendo o rio Santo Antônio da Classe Especial. O Laboratório responsável pela coleta e Ensaio é acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre) de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 1702.

Tabela 5 - Parâmetros Analisados

PARÂMETRO	UN.	PARÂMETRO	UN.
1,2,3-TRICLOROBENZENO	mg/L	METOXICLORO	µg/L
1,2,4-TRICLOROBENZENO	mg/L	METRIBUZIM	µg/L
1,2-DICLOROETANO	mg/L	NICOSULFUROM	µg/L
1,3,5-TRICLOROBENZENO	mg/L	PENTACLOROFENOL	mg/L
2,4,5-T	µg/L	SIMAZINA	µg/L
2,4,5-TP	µg/L	SULFENTRAZONA	µg/L
2,4-D	µg/L	TEBUCONAZOL	µg/L
2,4-DICLOROFENOL	µg/L	TEBUTIUROM	µg/L
2-CLOROFENOL	µg/L	TETRACLORETO DE CARBONO	mg/L
ALACLORO	µg/L	TIAMETOXAM	µg/L
AMETRINA	µg/L	TIODICARBE	µg/L
ATRAZINA	µg/L	TIRAM	µg/L
BENTAZONA	µg/L	TOLUENO	µg/L
BENZIDINA	µg/L	TRICLOROETENO	mg/L
BENZO(A)ANTRACENO	µg/L	TRIFLOXISULFUROM SODIO	µg/L
BENZO(A)PIRENO	µg/L	TRIFLURALINA	µg/L
BENZO(B)FLUORANTENO	µg/L	XILENOS TOTAIS	µg/L
BENZO(K)FLUORANTENO	µg/L	1,1-DICLOROETENO	mg/L
CARBARIL	µg/L	2,2',3,4,4',5,5'-HEPTACLOROBIFENIL	µg/L
CARBENDAZIM	µg/L	2,2',3,4,4',5'-HEXACLOROBIFENIL	µg/L
CARBOFURANO	µg/L	2,2',4,4',5,5'-HEXACLOROBIFENIL	µg/L
CIANAZINA	µg/L	2,2',4,5,5'-PENTACLOROBIFENIL	µg/L
CLETODIM	µg/L	2,2',5,5'-TETRACLOROBIFENIL	µg/L
CLOMAZONA	µg/L	2,3',4,4',5-PENTACLOROBIFENIL	µg/L
CLORANTRANILIPROL	µg/L	2,4,4'-TRICLOROBIFENIL	µg/L
CLORDANE	µg/L	2-HIDROXIATRAZINA	µg/L
CLORDANE CIS	µg/L	ALDRIN	µg/L
CLORDANE TRANS	µg/L	ATRAZINA DESETIL	µg/L
CLORIMUROM ETÍLICO	µg/L	ATRAZINA DESISOPROPIL	µg/L
CLOTIANIDINA	µg/L	DDD-P,P'	µg/L
CRISENO	µg/L	DDE-P,P'	µg/L
DEMETOM (O + S)	µg/L	DDT-P,P'	µg/L
DIBENZO(A,H)ANTRACENO	µg/L	DIELDRIN	µg/L
DICLOROMETANO	mg/L	DODECACLORO	µg/L
DIUROM	µg/L	ENDOSSULFAM-ALFA	µg/L
ENDOSSULFAM	µg/L	ENDOSSULFAM-BETA	µg/L
ENDOSSULFAM-SULFATO	µg/L	ENDRIN	µg/L
EPOXICONAZOL	µg/L	FIPRONIL DESSULFINIL	µg/L
ESTIRENO	mg/L	FIPRONIL SULFETO	µg/L
ETILBENZENO	µg/L	FIPRONIL SULFONA	µg/L
FIPRONIL	µg/L	FLUASIFOPE-P	µg/L
FLUASIFOPE-P-BUTÍLICO	µg/L	GUTHION	µg/L
FLUTRIAFOL	µg/L	HALOSSULFUROM METILICO	µg/L
GLIFOSATO	µg/L	HALOXIFOPE-P	µg/L
HCH-GAMA	µg/L	HALOXIFOPE-P-METÍLICO	µg/L
HEPTACLORO	µg/L	HEXACLOROBENZENO	µg/L
HEPTACLORO-EPÓXIDO	µg/L	METOMIL	µg/L
HEXAZINONA	µg/L	METSULFUROM METILICO	µg/L
IMAZAQUIM	µg/L	PARATIONA-ETÍLICA	µg/L
IMAZETAPIR	µg/L	PCBS (SOMATÓRIA)	µg/L
IMIDACLOPRIDO	µg/L	QUINCLORAQUE	µg/L
INDENO(1,2,3-CD)PIRENO	µg/L	QUIZALOFOPE-ETÍLICO	µg/L
MALATIONA	µg/L	TETRACLOROETENO	mg/L
MESOTRIONA	µg/L	TOXAFENO	µg/L
METOLACLORO	µg/L		

Fonte: Jahdy Moreno

3. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Análises de precipitação são de caráter fundamental para o contexto investigativo de substancias na água, conforme SPADOTTO (2006):

> O volume, a intensidade e a frequência das chuvas têm uma grande influência no transporte e na perda de agrotóxicos através do escoamento superficial e da percolação da água no solo. (SPADOTTO, 2006)

Neste contexto, foi necessária uma análise dos índices de precipitação próximos as datas de coleta nos pontos selecionados. A Figura 8, apresenta dados de precipitação acumulada obtida pelas estações automáticas do estado de Mato Grosso do Sul nos intervalos de outubro/2023 a fevereiro/2024. Esses mapas apresentam o maior índice de precipitação para o estado no mês de dezembro, seguido de janeiro e outubro.

Para a estação meteorológica de Jardim, houve uma ocorrência mensal de aproximadamente 62 mm em outubro, 50 mm em novembro, 127 mm em dezembro, 67 mm em janeiro e 123 mm em fevereiro, vale ressaltar que a estação de Jardim passou a ter dados no momento de sua reativação no dia 24/10/2023.

No cruzamento dos dados de precipitação com as coletas conforme apresentado na Figura 9, nota-se, que as datas com detecção foram precedidas de precipitação, em novembro foi observado um índice diário de chuva, o que aumenta o escoamento superficial, propiciando um cenário de detecção quando feita a aplicação de agrotóxicos em plantações próximas, mas também aumenta a vazão, e por consequência, a diluição do corpo hídrico receptor. Em janeiro, também foi detectado um pico de precipitação (≈ 14 mm), cerca de 5 dias antes, não havendo grande diluição no rio analisado.

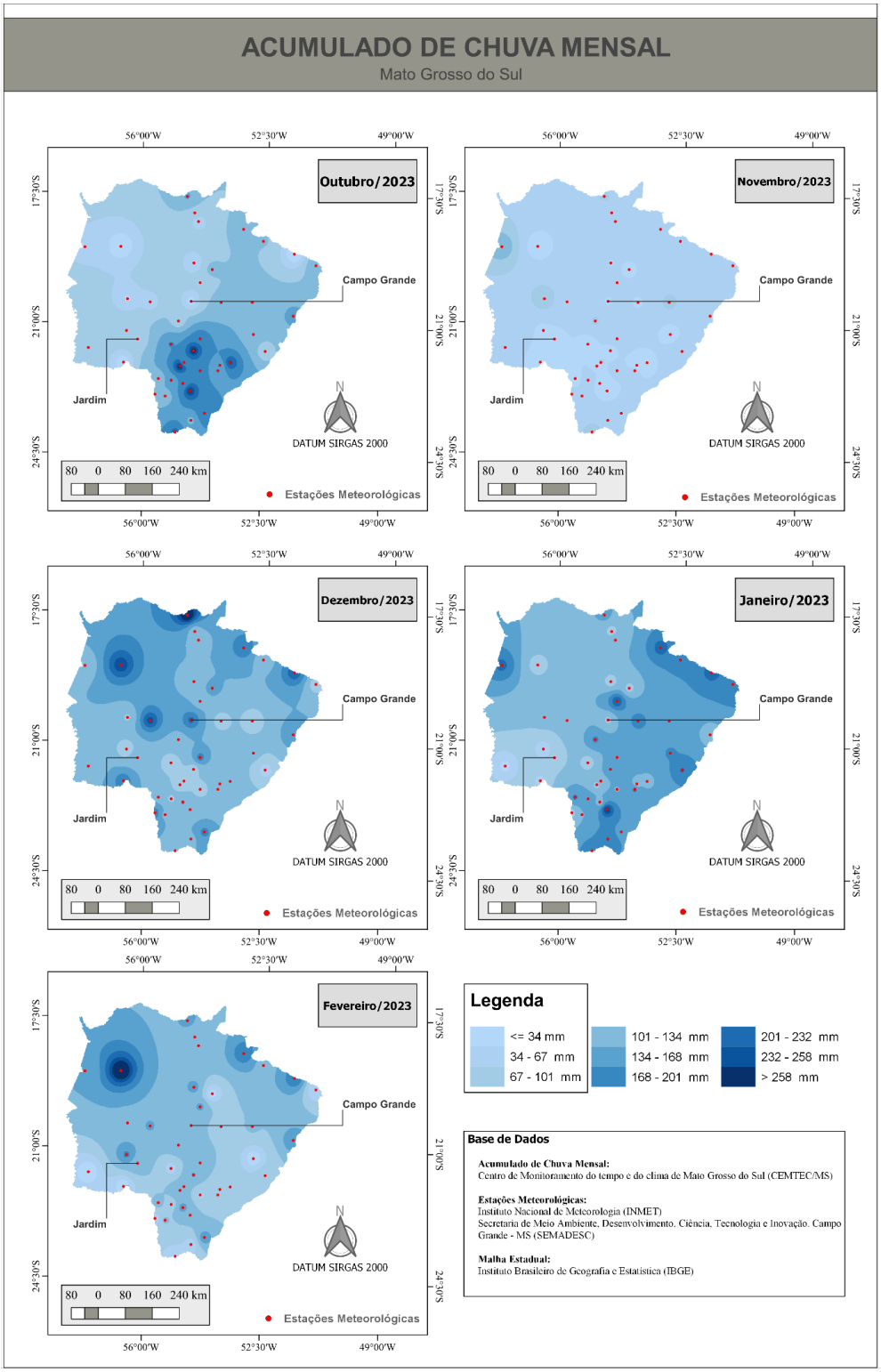

Figura 8 - Acumulado Mensal de precipitação para o estado de Mato Grosso do Sul. **Fonte**: Jahdy Moreno

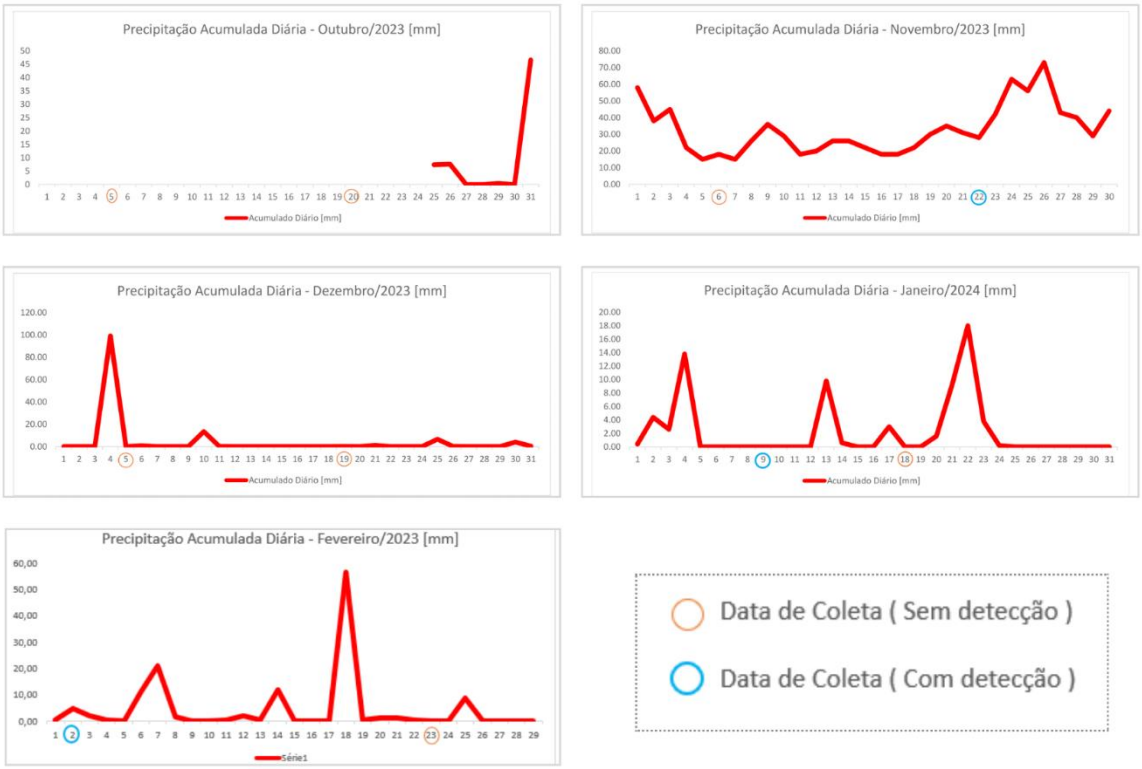

Figura 9 - Precipitação Acumulada x Datas de Coleta para a estação automática de Jardim/MS. **Fonte:** Jahdy Moreno

4. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES NO ENTORNO DO RIO

Conforme o Novo Código Florestal Brasileiro – Lei 12.651/2012, define-se Área de Preservação Permanente (APP) como:

> *Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas* (BRASIL, 2012)

A lei supracitada considera as faixas marginais dos rios como Áreas de Preservação Permanente (APP), sendo de extrema importância para a manutenção da qualidade da água dos rios, as matas ciliares servem como um filtro de materiais que fluem em direção a margem dos rios, tais como sedimentos, resíduos, agrotóxicos, dentre outros.

O Rio Santo Antônio conta com aproximadamente 30 metros de largura, nesse intervalo, o Código Florestal exige uma faixa marginal de 50 metros de largura mínima desde a borda da calha do leito regular.

Para as análises de APP, as bordas do Rio estudado foram delimitadas e a partir delas foi gerado um buffer de 50 m, que corresponde ás áreas de preservação permanente previstas em lei, esse dado, foi cruzado com polígonos de vegetação nativa gerados mediante a classificação supervisionada de imagens Sentinel 2/ MSI[6] (10 m de resolução espacial) e refinamento com a imagem de alta resolução do Google Satélite ©, conforme apresentado na Figura 10.

[6] Falsa cor utilizada para a análise RBG483

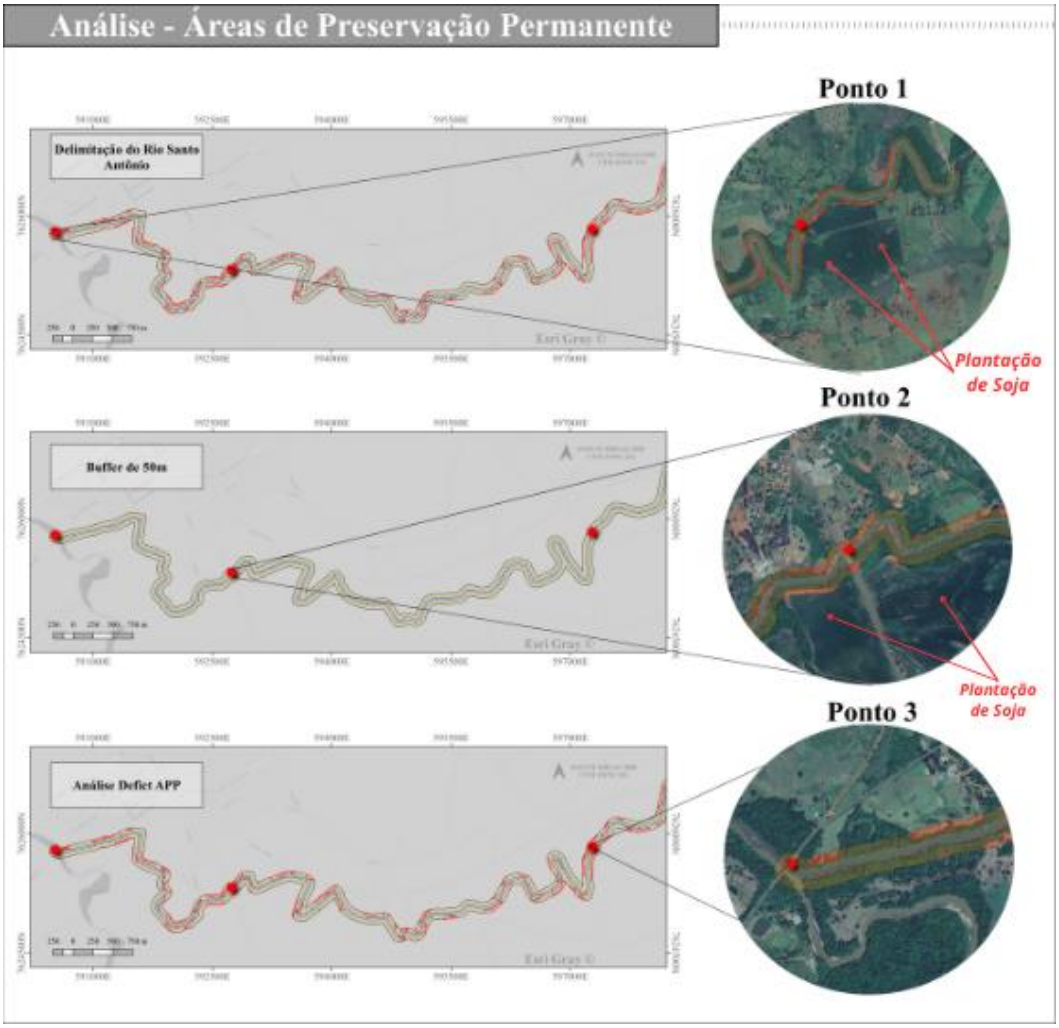

Figura 10 - Análise de APP - Rio Santo Antônio. **Fonte:** Jahdy Moreno

Mediante a análise, foi possível observar que ao longo do trecho do Rio próximos aos 3 pontos de coleta, é perceptível a degradação da APP, tendo diversos intervalos de extensão menor àquela estipulada por lei. E conforme a Figura 6, os pontos 1 e 2 contam com déficit dessas áreas próximos a plantações, sendo mais notório no ponto 1, o plantio de soja em Área de Preservação Permanente segundo o Código Florestal.

5. PERFIL TOPOGRÁFICO DOS PONTOS DE COLETA

Além de fatores climáticos, o escoamento superficial é influenciado por características do terreno analisado, podendo ser um fator decisivo, a inclinação e o perfil topográfico dos pontos é de extrema importância quando analisamos a detecção de agrotóxicos na água. Para tanto, foi gerado os perfis de elevação do terreno nos pontos de coleta e análise.

No primeiro ponto, não foi possível gerar uma análise precisa por conta das resoluções espaciais do terreno e o produto do Google Earth quanto a declividade.

Para o segundo e terceiro ponto, vale ressaltar a presença do Rio Miranda. No segundo ponto existe um pico entre ambos os rios, que gera topograficamente uma divisão de áreas de escoamento (Figura 11). Não é possível estimar ao certo onde ocorre essa divisão, logo, não é possível avaliar os limites das áreas de influência direta no entorno (sentido ao rio Miranda) do Rio Santo Antônio.

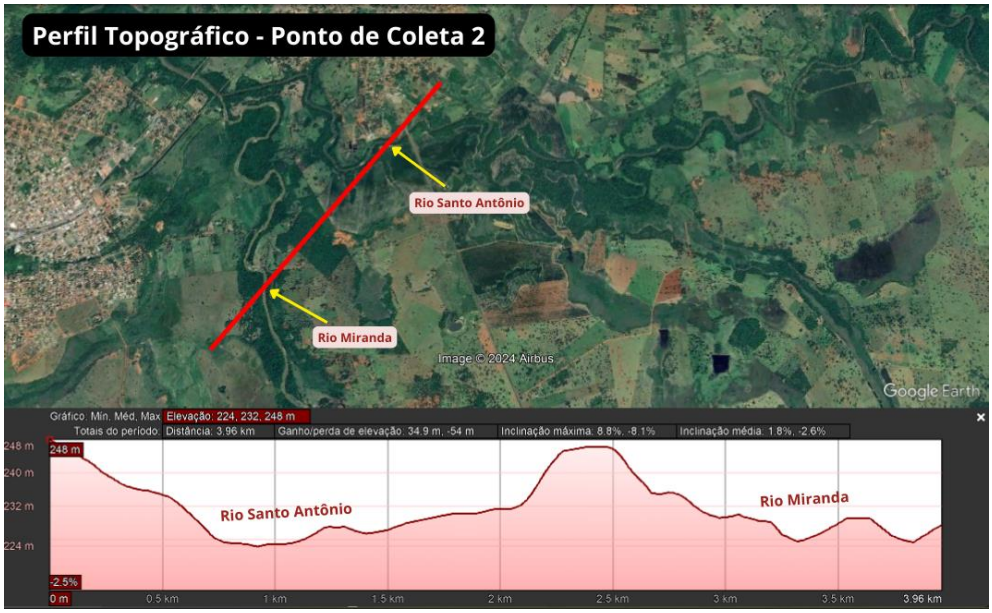

Figura 2 - Perfil Topográfico do Ponto de Coleta 2. **Fonte:** Jahdy Moreno

No ponto 3, o Rio Santo Antônio, deságua no Rio Miranda, o perfil topográfico mostra a baixa variação da altura dos rios, que estão próximos ao seu encontro. O Rio Santo Antônio pode ser influenciado pelo uso e cobertura do solo das cidades no seu entorno, a Figura 13, mostra a alta variação da cota altimétrica entre a cidade de Guia Lopes da Laguna e o ponto de análise, proporcionando um escoamento em direção a área estudada.

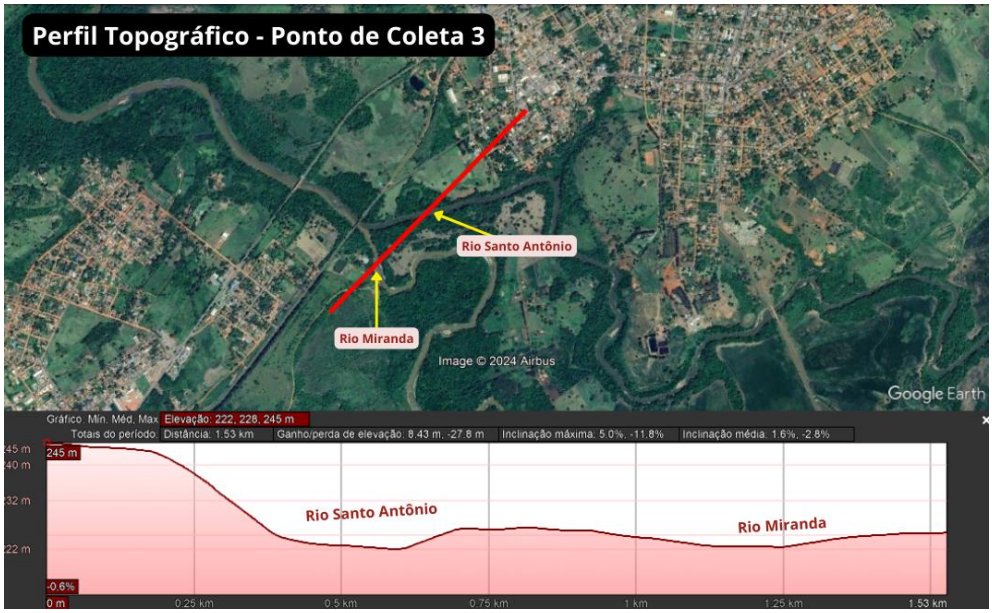

Figura 3 - Perfil Topográfico do Ponto de Coleta 3. **Fonte:** Jahdy Moreno

Porém, é importante ressaltar que a topografia e declividade do terreno, não são os únicos fatores físicos que podem influenciar no escoamento superficial de produtos na água, um estudo feito por PESSOA-DE-SOUZA (et al 2017), reconhece a necessidade de se entender:

> fatores como a porosidade, a condutividade hidráulica, a litologia, o teor de umidade, entre outros, determinam o regime de recarga, o tipo de escoamento subterrâneo, a superfície de contato e, assim, a possibilidade de se processarem reações químicas entre a água circulante e as formações envolventes.

Tendo em vista esses conceitos, nesse estudo não foi possível gerar levantamentos mais detalhados dos terrenos no entorno, e buscou-se simplificar justificativas para os resultados e detecções realizados com análise remota de dados pré-existentes, como é o caso de declividade do terreno e perfis topográficos.

6. ANÁLISE DAS LAVOURAS

A primeira detecção de agrotóxicos foi referente a coleta realizada no dia 22/11/2023, a resposta de Metolacloro foi visto no ponto 1 e no ponto 3, podemos ver claramente através de análises de imagens Sentinel 2/MSI – através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que a plantação ocorreu no intervalo temporal de 04 a 29/11 (Figura 14), a mesma análise não conseguiu gerar dados de plantações para o ponto 3 (próximo aos núcleos urbanos de Jardim e Guia Lopes da Laguna). Posteriormente, houve a detecção deste mesmo produto no ponto 1 no dia 09/01/2024, no período antes da colheita.

Figura 4 - Análise de Cultivo e Colheita para o Ponto 1 com base no NDVI gerado por imagens Sentinel 2/MSI.
Fonte: Jahdy Moreno

Para o ponto 2 houve a detecção do fungicida Carbendazim no dia 02/02/2024, podeos ver que a aplicação foi deita no final do clico da plantação, conforme a imagem 15 podemos ver que a plantação no entorno do ponto 2 foi no intervalo de novembro e dezembro, e no dia 27/02/2024 as imagens mostram que foi realizado a colheita na área.

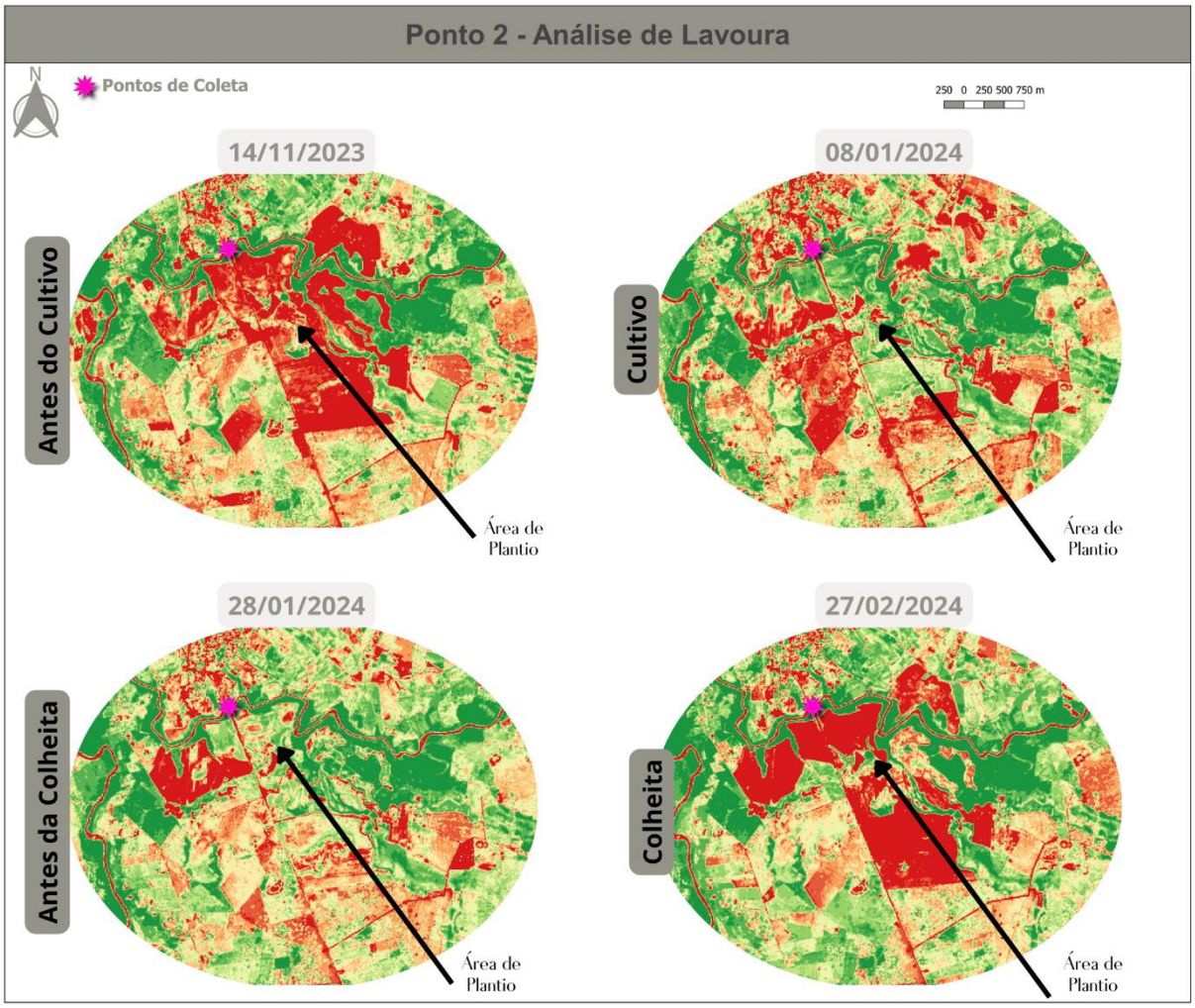

Figura 5 - Análise de Cultivo e Colheita para o Ponto 2 com base no NDVI gerado por imagens Sentinel 2/MSI.
Fonte: Jahdy Moreno

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A importância do monitoramento do rio Santo Antônio se deveu ao fato da sua importância como manancial de abastecimento para a cidade de Guia Lopes da Laguna e a partir dos resultados entender o risco de contaminação da água utilizada pela população da cidade.

O Índice de Qualidade de Água apresenta resultados aceitáveis para corpos hídricos enquadrado na Classe 2. O rio Santo Antônio possui enquadramento na Classe Especial a montante da captação de água para área urbana de Guia Lopes da Laguna e Classe 2 a jusante da captação.

O resultado aponta que do ponto 1 para o 2 que a quantidade de coliformes fecais (Escherichia coli) aumenta, indicativo de descarga de esgoto no rio. No Ponto 3 a quantidade de Escherichia coli aumenta significativamente, este ponto já na área urbana. O mias provável é que existem lançamento de esgoto diretamente no rio Santo Antônio.

Outro fator importante para o monitoramento do rio Santo Antônio foram estudos identificando déficit de Área de Preservação Permanente (APP) considerando o que preconiza o Código Florestal. A proteção da vegetação ciliar APP é importante para a manutenção da qualidade da água dos rios.

A declividade é outro fator importante que foi considerado na escolha, estudos apontam que o potencial de erosão na Bacia do Rio Santo Antônio indicando que a área monitorada o potencial é considerado de médio a alto. Considerando também que atualmente as áreas destinadas a produção de soja não utilizam curvas de nível por dificultar o plantio e colheita devido ao tamanho das plataformas das plantadeiras e colheitadeiras aliado ao déficit de vegetação ciliar o escoamento superficial contribui para a contaminação e assoreamento dos rios (Figura 15).

Figura 15 – Escoamento superficial evidenciado pelos sulcos no solo e visão geral da declividade. Detalhe do plantio no sentido do declive da área

As primeiras coletas não registraram a presença de ingredientes ativos de produto químicos ativo utilizado na agricultura. Um fato um importante é que a estação meteorológica de Jardim foi reativada pelo Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul (CEMTEC-MS) no dia 24 de outubro de 2023. Apesar deste lapso de informação o mês de outubro foi bastante atípico, as chuvas foram isoladas dificultando o plantio da soja.

A análise de imagens Sentinel 2/MSI permiti afirmar que o plantio da soja nas áreas próximas aos pontos 1 e 2 ocorreu no mês de novembro de 2023, além disto os dados de precipitação do mês mostram uniformidade na distribuição ao longo do período, necessário a emergência e desenvolvimento inicial da planta de soja.

Foi na coleta do dia 22 de novembro que identificou a presença do princípio ativo METOLACLORO nos pontos 1 e 3 monitorados. Este princípio ativo é um herbicida pré-emergente de ação seletiva, é especialmente utilizado para controle de gramíneas, indicativo de que a área hoje com plantio de soja, antes era utilizada para pecuária. Este princípio ativo ainda foi encontrado na amostra do dia 9 de janeiro de 2024, novamente no ponto 1.

O trecho do rio Santo Antônio no ponto 1 tem déficit de APP, a declividade é moderada e a área utilizada para o plantio da soja não utiliza práticas de manejo de solo (curva de nível) em solo com potencial de erosão médio e com um fator agravante, a linha de plantio na linha do declive, facilitando o escoamento superficial.

O METOLACLORO é do grupo químico cloroacetanilida de Classe I – Extremamente Tóxico a exposição oral, dérmica e inalatória, contudo o produto não tem o mesmo mecanismo

de toxidade de outros herbicidas do grupo que causam quando metabolizados por anilinas e quinona efeitos citotóxicos (células que têm a capacidade de destruir outras células) no local de formação.

As especificações do produto informam que os efeitos crônicos estão ligados as exposições repetidas podem provocar sensibilização de pele, especialmente entre trabalhadores expostos ao METOLACLORO. Além disto, estudo conduzido em ratos durante dois anos na dose de 300 mg/kg os animais apresentaram diminuição do peso corpóreo e o uso crônico em ratos provocou lesões no fígado.

Na coleta do dia 2 de fevereiro de 2024 foi identificado no ponto 2 a presença do CARBENDAZIM, princípio ativo de um fungicida sistêmico de translocação ascendente, com ação protetora e curativa, de amplo espectro. As plantas absorvem rapidamente pelas raízes (por isto ascendente) e tecidos verdes, inibindo a formação e crescimento de fungos. Vale ressaltar que a ANVISA – Agência de Vigilância Sanitária por meio da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 739/2022 proibiu a comercialização em agosto de 2022 de produtos que utilizem este princípio ativo.

Esta decisão baseou-se com base em estudos que o CARBENDAZIM apresenta evidências de carcinogenicidade ou, potencial para causar câncer, além de prejudicar a capacidade reprodutiva humana.

Na mesma resolução fica permitida a utilização do produto adquiridos pelo produtor até o esgotamento do produto no campo ou até o final do prazo de validade. Já as revendas foram proibidas de comercializar produtos formulados (41) e os que tenham como base o CARBENDAZIM (33) até fevereiro de 2023.

A intoxicação por CARBENDAZIM é passível de ocorrer por meio da ingestão de alimentos tais onde é aplicado esse fungicida, sendo os trabalhadores rurais que aplicam o produto com maior risco de intoxicação.

Contudo, o tempo de meia vida CARBENDAZIM e seus metabólitos no meio ambiente é relativamente alto, em torno de dois meses em condições aeróbias e vinte e cinco meses sob condições anaeróbias. Neste contexto, a degradação do princípio ativo é considerada lenta, por ser um composto quimicamente estável. A condição de luz (fotodegradação) e diferentes condições ambientais, como pH alcalino, mudanças temperatura e presença de oxigênio o torna instável.

Entretanto, considerando que o CARBENDAZIM possui baixa solubilidade na água e as características físico químicas da água do Rio Santo Antônio que apesar de se enquadrar em na Classe Especial, por ser um manancial de abastecimento da cidade de Guia Lopes da Laguna, apresenta características que não contribuem para degradação deste princípio ativo e metabólitos, é preocupante a sua presença na água utilizada no abastecimento urbano.

Vale ressaltar que nas amostras foram identificados vários princípios ativos e ou produtos de degradação presentes na água coletada. Contudo, existem os limites de quantificação e detecção não é possível estabelecer com precisão e exatidão e por isto não podem ser considerados como presentes na água.

8. CONCLUSÕES

Conclui-se que:

- as áreas utilizadas na produção de grãos do entorno dos pontos de coletas estabelecidos no monitoramento do rio Santo Antônio não fazem o manejo adequado de conservação de solo e água;
- a chuva por ser a principal força de remoção do solo, a inclinação do terreno e a falta de conservação de solo favorecem a contaminação da água do rio por agrotóxicos;
- o déficit de APP na área de estudo e a introdução do plantio de soja em áreas anteriormente ocupada por pastagens esta potencializando o assoreamento e contaminação da água;
- o sistema de abastecimento da área urbana de Guia Lopes da Laguna esta em risco pela presença de agrotóxicos identificados a montante da captação de água

9. RECOMENDAÇÕES

O rio Santo Antônio por ser o manancial de abastecimento da área urbana do Guia Lopes da Laguna, enquadrado Classe Especial recomenda-se que:

- crie e implemente um programa de restauração das Áreas de Preservação Permanente a fim de recuperar a qualidade e quantidade de água rio Santo Antônio;
- crie e implemente fóruns permanentes junto as entidades de classe ligadas a produção agropecuária para debater sobre as práticas conservacionistas de solo e água e o uso adequado de produtos químicos;
- estabelecer o monitoramento de agrotóxicos continuado da bacia do rio Santo Antônio;
- ampliar o monitoramento de agrotóxicos em fauna aquática (peixes; ariranhas)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, Cleiton Messias Rodrigues et al. Caracterização físico-ambiental da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio. ENTRE-LUGAR, v. 12, n. 24, p. 98-125, 2021.

ABRÃO, C. M. R., & BACANI, V. M. (2018). Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, MS: Subsídio ao zoneamento ambiental. Boletim Goiano de Geografia, 38(3), 619-645. https://doi.org/10.5216/bgg.v38i3.56362

ALLASIA, Daniel G. et al. Modelo hidrológico da bacia do Alto Paraguai. Anais do III Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste, CD ROM, Goiânia, Brasil, v. 20, 2004.

ALHO, C; SABINO, J. Seasonal Pantanal flood pulse: implications for biodiversity. Oecologia Australis, v. 16, n. 4, p. 958-978, dez. 2012. Disponível em: http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/view/oeco.2012.1604.17/743. Acesso em: 20 de outubro de 2023.

APROSOJA. Abertura Nacional do Plantio da Soja – Safra 23/24 é nesta sexta. 29 de setembro de 2023. Disponível em: https://aprosojabrasil.com.br/comunicacao/blog/noticias-novidades/2023/09/29/abertura-nacional-do-plantio-da-soja-safra-23-24-e-nesta-sexta/ . Acesso em: 15 nov. 2023.

BRASIL. Constituição 1988. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 1989.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012.

CARVALHO, N. D. O. (1986). Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 1., 1984, Corumbá. Anais... Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 05).

CARVALHO, Renato da Cunha de; OLIVEIRA, Ana Ana Maria Soares de. OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA EXPANSÃO DO AGRONEGÓCIO ÀS MARGENS DO RIO SANTO ANTÔNIO E ENTORNO DO ASSENTAMENTO RIO FEIO NO MUNICÍPIO DE GUIA LOPES DA LAGUNA– MS. ANAIS DO SEMEX, [S. l.], n. 11, 2019. Disponível em: https://anaisonline.uems.br/index.php/semex/article/view/5512. Acesso em: 15 dez. 2023.

COUTINHO, Alexandre Camargo et al. Dinâmica da agricultura na Bacia do Alto Paraguai. In: Anais 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cuiabá, MT, 22 a 26 de outubro de 2016. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 623-632.

IBAMA. Painéis de informações de agrotóxico. Brasília, DF, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de-agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de-agrotoxicos#Painel-comercializacao. Acesso em: 29 de out. 2023.

Instituto Homem Pantaneiro - IHP. (2021) Cabeceiras do Pantanal. Disponível em: <https://institutohomempantaneiro.org.br/cabeceiras-do-pantanal/\>. Acesso em: 11 dez. 2023.

Instituto SOS Pantanal. (2022). Os riscos da entrada da soja no Pantanal do MS. Disponível em https://www.sospantanal.org.br/os-riscos-da-entrada-da-soja-no-pantanal-do-ms/. Acesso em: 29 de out. 2023.

Instituto SOS Pantanal. (2021). Restauração de áreas degradadas na Terra Indígena Cachoeirinha - Pantanal de Miranda - MS. Disponível em: < https://www.sospantanal.org.br/restauracao-de-areas-degradadas-na-terra-indigena-cachoeirinha-pantanal-de-miranda-ms/ > . Acesso em: 29 de out. 2023.

LEITE, Emerson Figueiredo; BEREZUK, André Geraldo; DA SILVA, Charlei Aparecido. A vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Miranda, Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 15, n. 05, p. 2613-2639, 2022

MapBiomas – Coleção 8.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 10 de outubro de 2023 < https://brasil.mapbiomas.org >

Ministério da Agricultura e Pecuária/Secretaria de Defesa Agropecuária. PORTARIA SDA/MAPA Nº 840, DE 7 DE JULHO DE 2023. Estabelece os calendários de semeadura de soja em nível nacional, referente a safra 2023/2024. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jul. 2023. Edição 130, Seção 1, p. 5.

MORAES, Elisabete Caria; PEREIRA, Gabriel; CARDOZO, Francielle da Silva. Avaliação da precipitação e sua influência sobre as áreas inundadas no Pantanal. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. INPE.

MONQUERO, Patrícia Andrea; SILVA, PV d. Comportamento de herbicidas no ambiente. Matologia: Estudos sobre Plantas Daninhas, p. 253-294, 2021.

ROSSETTO, O. C.; GIRARDI, E. P. DIN MICA AGRÁRIA E SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NO PANTANAL BRASILEIRO (Dynamic agrarian and environmental sustainability in the Pantanal Brazilian). REVISTA NERA, [S. l.], n. 21, p. 135–161, 2013. DOI: 10.47946/rnera.v0i21.2115. Disponível em: https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/2115. Acesso em: 6 dez. 2023.

SANESUL - EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL S.A. (2018). A nossa água de cada dia. Disponível em: <https://www.sanesul.ms.gov.br/noticias/a-nossa-agua-de-cada-dia\>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SCORZA JUNIOR, R. P.; LANA, J. T. de O.; SILVA, G. B. S. da; LOEBMANN, D. G. dos S. W.; ALMEIDA, E. G. de. Resíduos de agrotóxicos em águas do Rio Dourados, Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2021. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 87). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222013/1/BP-87-2021v2.pdf . Acesso em: 15 nov. 2023.

SILVA, Sandro Menezes; FERREIRA, Isamara Carvalho. Hidrografia do Pantanal. Documenta Pantanal - Aulas Pantaneiras, 2022. Disponível em: < https://documentapantanal.com.br/wp-content/uploads/2022/03/Hidrografia-do-Pantanal-1.pdf>. Acesso em: 11 de dez. 2023.
CALHEIROS, Débora Fernandes. Índice de qualidade de bacia: nova proposta para gestão da Bacia do rio Miranda. 2007.

SOBRINHO, Jeziel André Ferreira; CALHEIROS, Débora Fernandes; ZEILHOFER, Peter. Uso da terra e qualidade da água superficial na bacia do rio Miranda, MS. In: Anais do 4º Simpósio de

Geotecnologias no Pantanal, Bonito, MS, 20-24 de outubro de 2012. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 1013-1023.

SOUZA, Marcos Antônio de. Risco de contaminação da água por glifosato: validação do modelo ARCA em uma lavoura de soja no entorno do Distrito Federal. 2014.

SPADOTTO, C. A. (2006). Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos. In: Jornada Jurídica da Faculdade Marechal Rondon, 4., 2006, São Manuel, SP. Artigos publicados... São Manuel, SP: FMR, p. 1-9. Revista do Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar, São Manuel, p. 1-9, maio 2006.

STEFFEN, Gerusa Pauli Kist; STEFFEN, Ricardo Bemfica; ANTONIOLLI, Zaida Inês. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. Tecnológica, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011.

UNESCO. Pantanal Conservation Area. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/list/999/ > Acesso em: 6 dez. 2023.

WWF. Pacto em Defesa das Cabeceiras do Pantanal. 2015. Disponível em: <https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/pacto_folheto.pdf\>. Acesso em: 11 dez. 2023.

PESSOA-DE-SOUZA, Marco Aurélio; RIBEIRO E BARROS, Marilda da Conceição; GONÇALVES, Liliane Mendes; MESQUITA, Glaucia Machado; GONÇALVES, Helenice Moura. Remoção de agrotóxicos por escoamento superficial – Princípios e práticas. Cad. Ciênc. Agrá., v. 9, n. 3, p. 119–125, 2017.