

Potencial de contaminação em águas superficiais: um estudo na bacia hidrográfica do Alto Ivaí

Potential for contamination in surface water: a study in the Alto Ivaí water basin

Potencial contaminación en aguas superficiales: un estudio en la cuenca del río Alto Ivaí

Cristiane Kreutz, Maristela Denise Moresco Mezzomo, Suellen Cristina Sachet Salami, Raoni Stefano De Lima Ceci, Morgana Suszek Gonçalves

ckreutz@utfpr.edu.br, mezzomo@utfpr.edu.br, suellensachet@gmail.com, raoniceci@gmail.com, morgana@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Brasil

Enviado: 09/08/2023 / Aceptado: 07/11/2023

Kreutz, C.; Moresco Mezzomo, M. D.; Sachet Salami, S. C.; De Lima Ceci, R. S.; Suszek Gonçalves, M: (2023) "Potencial de contaminação em águas superficiais: um estudo na bacia hidrográfica do Alto Ivaí" en Revista Proyección, Estudios Geográficos y de Ordenamiento Territorial N°34, Vol. XVII, Instituto CIFOT, Universidad Nacional De Cuyo, pp. 203 – 223. ISSN 1852 - 0006



<https://doi.org/10.48162/rev.55.050>

Resumo:

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005, divide as águas superficiais em classes, de acordo com seu uso e qualidade requerida. Essa resolução prevê que, em caso de suspeita de contaminação por agrotóxicos, os corpos d'água devem ser analisados e monitorados. Este estudo teve como objetivo analisar o potencial de contaminação das águas superficiais por agrotóxicos na Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí (BHA). A avaliação qualitativa utilizada para determinar o potencial de contaminação utilizou os critérios propostos por Goss (1992), que leva em consideração as seguintes características dos agrotóxicos: coeficiente de adsorção à matéria orgânica (Koc), meia-vida no solo (DT50) e solubilidade em água a 20°C. Os resultados mostraram que as áreas de cultivo que recebem aplicações de paraquate, atrazina, diuron, lambdacialotrina, imidacloprida, tiametoxam, protioconazol e azoxistrobina apresentam maior vulnerabilidade de contaminação dentro da Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí, devido ao alto potencial de transporte desses princípios ativos, associados a sedimentos ou dissolvidos em água. Conclui-se que, frente ao uso desses princípios ativos em diversas culturas na área da bacia do Alto Ivaí, é de suma importância a implantação de pontos de coleta e monitoramento, a fim de garantir a qualidade da água dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente.

Palavras-Chaves: Agrotóxico. Qualidade da água. Método de Goss.

Abstract:

In Brazil, CONAMA Resolution No. 357/2005 divides surface water into classes, according to its use and required quality. This resolution provides that watercourses must be analyzed and monitored in case of suspected contamination by pesticides. This study aimed to analyze the potential for contamination of surface water by pesticides in the Alto Ivaí water basin (AIWB). The qualitative evaluation used to determine the contamination potential used the criteria proposed by Goss (1992), which takes into account the following characteristics of pesticides: coefficient of adsorption to organic matter (Koc), half-life in soil (DT50), and solubility in water at 20°C. The results showed that the cultivation areas that receive applications of paraquat, atrazine, diuron, lambda-cyhalothrin, imidacloprid, thiamethoxam, prothioconazole, and azoxystrobin are more vulnerable to contamination within the Alto Ivaí Watershed, due to the high potential for transporting these active principles, associated with sediments or dissolved in water. It is concluded that, in view of the use of these active principles in various cultures in the Alto Ivaí basin area, it is paramount to implement collection and monitoring points to guarantee the quality of the water within the standards required by current legislation.

Key Words: Pesticides. Water quality. Goss method.

Resumen:

En Brasil, la Resolución CONAMA nº 357/2005 divide las aguas superficiales en clases, según su uso y calidad requerida. Esta resolución establece que, en caso de sospecha de contaminación por plaguicidas, los cuerpos de agua deberán ser analizados y monitoreados. Este estudio tuvo como objetivo analizar el potencial de contaminación de aguas superficiales por pesticidas en la Cuenca Hidrográfica del Alto Ivaí (BHA). La evaluación cualitativa utilizada para determinar el potencial de contaminación utilizó los criterios propuestos por Goss (1992), que toma en cuenta las siguientes características de los plaguicidas: coeficiente de adsorción a la materia orgánica (Koc), vida media en el suelo (DT50) y solubilidad en agua a 20°C. Los resultados mostraron que las áreas de cultivo que reciben aplicaciones de paraquat, atrazina, diurón, lambdacihalotrina, imidacloprid, tiametoxam, protioconazol y azoxistrobina presentan mayor vulnerabilidad a la contaminación dentro de la Cuenca Hidrográfica del Alto Ivaí, debido al alto potencial de transporte de estos principios activos. asociado con sedimentos o disuelto en agua. Se concluye que, dado el uso de estos principios activos en diversos cultivos en la zona de la cuenca del Alto Ivaí, es de suma importancia implementar puntos de recolección y monitoreo para garantizar la calidad del agua dentro de los estándares exigidos por la legislación vigente.

Palabras clave: Pesticidas. Calidad del agua. Método de Goss.

Introdução

O Brasil, no ano de 2018, ocupou o sétimo lugar na lista dos países de maior consumo de agrotóxicos do mundo. Segundo o relatório do (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, 2018), as vendas anuais destes insumos tiveram um aumento de aproximadamente 250% no período de 2000 a 2018, ou seja, a comercialização de agrotóxicos no país, para o ano de 2000 representaram cerca de 162.461,958 toneladas, chegando a 549.280,44 toneladas no ano de 2018. Todavia, o consumo aumentou ainda mais, com um acréscimo de 5% em 2021 em relação a 2020, de acordo com os dados disponibilizados pelo (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, 2022), totalizando aproximadamente 720,8 mil toneladas de ingredientes ativos vendidos no Brasil.

Segundo dados do (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011) e da (Fundação Oswaldo Cruz, 2019), os resíduos de agrotóxicos representam a segunda principal fonte de contaminação da água no Brasil, ficando logo atrás da contaminação proveniente do esgoto sanitário, podendo contribuir de forma severa com os danos à saúde dos seres vivos e incidir em riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Diferentes critérios são usados para classificar os agrotóxicos, levando em consideração sua toxicidade, ação química e seu impacto no meio ambiente. No que diz respeito à periculosidade ambiental desses produtos, a Portaria Normativa Nº 84, de 15 de outubro de 1996, do (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, 1996), institui, dentre outras coisas, o sistema permanente de avaliação e controle dos agrotóxicos, e estabelece quatro classes de enquadramento, a citar: altamente perigosos (Classe I), muito perigosos (Classe II), perigosos (Classe III) e pouco perigosos para o meio ambiente (Classe IV). Com base nos dados disponibilizados pelo instituto citado, referentes ao ano de 2018, constatou-se que no Brasil, 1,24% dos agrotóxicos pertencem à Classe I, 34,18% à Classe II, 62,00% à Classe III e apenas 2,94% à Classe IV. Isso significa que, em suma, 97,42% dos agrotóxicos utilizados no país apresentam algum nível de periculosidade para o meio ambiente, o que, por consequência, afeta potencialmente os seres humanos.

A contaminação da água por agrotóxicos pode decorrer por fontes pontuais ou difusas e os mesmos podem alcançar os ambientes aquáticos pela aplicação intencional, pulverização aérea, pelo escoamento superficial, percolação ou mesmo lixiviação no solo. Conforme mencionado por (Habib, 2012), uma parcela significativa dos produtos químicos utilizados na agricultura não consegue atingir o alvo pretendido, podendo resultar no carreamento desses poluentes para os solos, bem como em sua lixiviação até as águas subterrâneas.

A (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2020) apontou que tanto a aplicação inadequada quanto o excesso de uso de agrotóxicos no solo podem comprometer a qualidade do mesmo, comprometendo suas propriedades, logo, interferindo na composição de alguns alimentos como legumes, hortaliças e frutas, bem como pode interferir na fauna e flora, na saúde humana, comprometendo toda a cadeia alimentar. Já (Londres, 2011) afirma que os danos à saúde humana, causados pela contaminação por agrotóxicos, são diversos e tem contribuído para o aumento do número de suicídios, malformações fetais, tumores, entre outros; por outro lado os danos ambientais abrangem a desregulação endócrina, intoxicação de animais aquáticos, mudança na genética de espécies, mudança nos indicadores estruturais, perda de serviços ecossistêmicos, entre outros e acabam por comprometer o ciclo de vida dos seres vivos.

Desta forma, os efeitos adversos causados pela contaminação por agrotóxicos afetam toda a cadeia trófica, além disso, estes podem permanecer por vários anos no solo, tornando a agricultura intensiva uma das maiores contribuintes das alterações ambientais negativas (Menezes & Heller, 2005).

No Brasil, a qualidade de água é oficialmente monitorada por órgãos institucionais, dentre eles a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais (RNQA), concessionárias de abastecimento público, secretarias de saúde e concessionárias de usinas hidrelétricas, que compõe o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (Agência Nacional de Águas, 2019). No entanto, é importante destacar que, no Brasil, a questão da contaminação por substâncias químicas derivadas de agrotóxicos e a eficácia do monitoramento desses resíduos em corpos d'água são áreas que ainda carecem de uma abordagem mais aprofundada e eficiente, uma vez que os dados relacionados ao monitoramento ainda são escassos e comprometem o efetivo gerenciamento destes resíduos em todo o território nacional.

Prova dessa incipiência é que, de acordo com os dados apresentados pelo (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2023), há no Brasil 3.298 registros de produtos formulados, totalizando 500 ingredientes ativos (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, 2022). Todavia, apenas 40 agrotóxicos e metabólitos, que representam risco à saúde, são alvo de controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, conforme estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Brasil, 2021).

Dados obtidos do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SisÁgua), evidenciaram que aproximadamente 53% dos municípios brasileiros não realizaram análises destes componentes em amostras de água para consumo humano, no período de 2014 a 2017, ou seja, indicando que o panorama acerca da presença de resíduos de agrotóxicos em água é incipiente (Brasil, 2017). Infelizmente, o cenário nacional não evoluiu no sentido de melhorar e ampliar sua rede de monitoramento. O resultado de uma reportagem realizada por (Freitas & Cubas, 2023) aponta que, em 2022, 56% dos municípios do país não realizaram testes válidos para agrotóxicos e ainda, foram registradas 27.549 detecções nas redes de abastecimento de água, considerando os valores acima e abaixo do limite permitido pela legislação vigente, em 1609 que realizaram as análises. A qualidade da água e a saúde da população fica ainda mais comprometida, pois 210 municípios brasileiros apresentaram uma mistura de 27 tipos de agrotóxicos, que pode acarretar efeitos consequências ainda desconhecidas ao organismo humano.

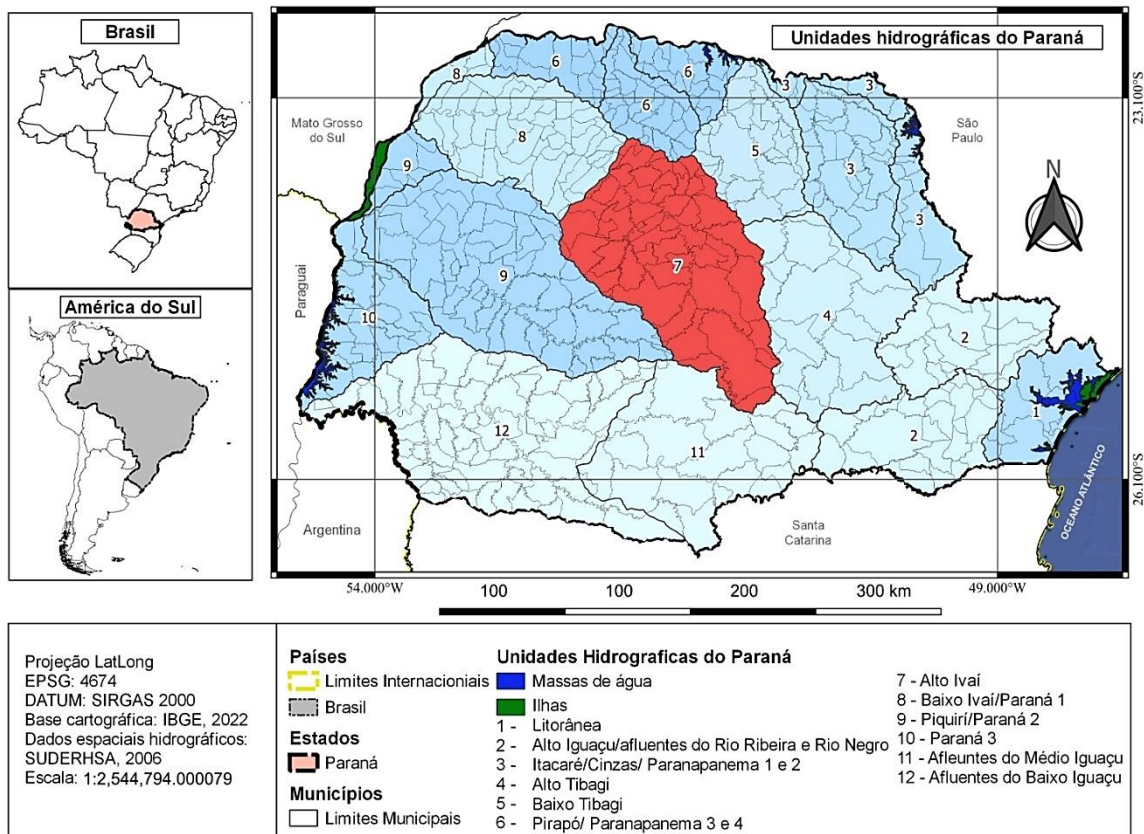
Considerando o expressivo número de mais de 650 princípios ativos de agrotóxicos que foram aprovados para uso em território brasileiro no ano de 2022 (Salati, 2023), torna-se imprescindível o monitoramento do potencial impactante desses compostos tanto na saúde pública como no meio ambiente, bem como de extrema importância a implementação de um sistema eficaz de monitoramento e gestão dos resíduos desses produtos na água, pois a água desempenha um papel fundamental na disseminação da contaminação e pode afetar toda a cadeia alimentar.

Diante desses fatos, este trabalho teve como objetivo principal avaliar, de forma qualitativa, o potencial de contaminação por agrotóxicos das águas superficiais, na área de abrangência da Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí, localizada no estado do Paraná, por meio do Método de Goss que foi adaptado, em relação ao transporte e dissolução de sedimentos na água.

Procedimentos Metodológicos

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí (BHAÍ) (Figura N°1), que possui 36.540 km², representando 19% da área do estado do Paraná e extensão de aproximadamente 685 km. Está dividida em duas unidades hidrográficas de gestão de recursos hídricos: Alto Ivaí e Baixo Ivaí.

Fig. N31: Localiza3n da bacia hidrogr3fica do Alto Iva3



Localizada entre na regi3n centro-norte do estado do Paran3, a BHA3 abrange as nascentes do rio Iva3, situadas nos munic3pios de In3cio Martins e Guarapuava, at3 3 jusante da foz do ribeiri3 Marialva, no munic3pio de Floresta (Palorin, Ribeiro, & Leandrini, 2010) e (Campos, 2013). Por englobar todos os 58 munic3pios que a comp3e dentro do territ3rio do estado, 3 considerada uma bacia inteiramente paranaense (Instituto Brasileiro de Geografia e Estat3stica, 2018).

Esta bacia foi escolhida para o desenvolvimento deste trabalho por apresentar caracter3sticas de intensa atividade agr3cola, por ser o manancial de abastecimento p3blico de alguns munic3pios e pelo uso de 3gua subterr3nea de parte da popula3n de 3reas rurais e urbanas (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econ3mico e Social, 2017).

Para a identifica3n de culturas e princ3pios ativos utilizados na BHA3, primeiramente foi mensurado do tamanho da 3rea de lavoura dos 58 munic3pios pertencentes a BHA3, na base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estat3stica (IBGE), tomando-se por base os dados censit3rios de 2010. Esses dados foram transferidos para uma planilha do Excel® e na sequ3nca, calculado o somat3rio das 3reas de cada uma das diferentes culturas, permanentes ou tempor3rias, a fim de definir quais culturas representavam as

maiores áreas dentro da bacia. Com base nesses dados, foram escolhidas as cinco culturas de maior extensão territorial dentro da bacia, independentemente de serem de cultivo permanente ou temporário. Portanto, essas cinco culturas foram identificadas como as predominantes na bacia.

O quantitativo de cada um dos princípios ativos comercializados nos 58 Municípios da BHAJ no ano de 2018, foi coletado utilizando o banco de dados disponibilizado pelo Sistema de Monitoramento de Agrotóxicos (SIAGRO) da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR), trata-se de uma ferramenta digital que permite aos profissionais responsáveis pela emissão de receitas agrônômicas e às empresas envolvidas na comercialização de agrotóxicos o envio de informações relacionadas à venda e uso desses produtos no estado do Paraná. Desta forma, foi possível selecionar os 28 princípios ativos com maiores quantidades de comercialização e uso. Posteriormente foi realizada uma correlação entre estes princípios ativos com as cinco culturas de maior extensão territorial, determinadas na etapa anterior, a fim de verificar quais eram aplicados nas culturas da bacia em estudo. Desses 28 princípios ativos, foram descartados os que não eram utilizados nas cinco culturas selecionadas.

A próxima etapa da pesquisa compreendeu a identificação das propriedades físico-químicas desses ingredientes ativos selecionados na etapa anterior, que levou em consideração as seguintes características: coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), coeficiente de sorção normalizado para a matéria orgânica (K_{oc}), meia-vida no solo DT50 (típica, de laboratório a 20°C e de campo), utilizando dados de propriedades e características físico-químicas disponibilizados pelo programa elaborado pela Wise & Loveys Information Services LTD, denominado The e-Pesticide Manual Version 2.1, e descritos por (Milhome, Sousa, Lima, & Nascimento, 2009). Na sequência, foi realizada uma busca por estes princípios ativos na Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) e no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017), a fim de verificar se as legislações ambientais vigentes contemplam seus valores máximos permitidos. Aqueles compostos que não tinham todas as informações acerca das propriedades físico-químicas foram desconsiderados na avaliação desta pesquisa, uma vez que o conhecimento destas propriedades é fundamental para realizar a avaliação proposta pelo método escolhido.

O potencial de contaminação das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí foi determinado por meio da utilização do método desenvolvido por (Goss, 1992), citado por (Dores & De-Lamonica-Freire, 2001), que categoriza os agrotóxicos com base em seu potencial de contaminação, considerando seu transporte associado a sedimentos ou dissolvidos em água, ou seja, avalia a movimentação dos agrotóxicos no solo e sua

capacidade de alcançar águas superficiais. Para esta análise, é levado em consideração o coeficiente de adsorção à matéria orgânica (K_{oc}), a meia-vida no solo (DT_{50}) e a solubilidade em água a 20 °C, dividindo os princípios ativos em dois grupos, classificados em alto e baixo potencial de contaminação, conforme apresentados na Tabela N°1 (Dores & De-Lamonica-Freire, 2001). No entanto, este método foi adaptado, de acordo com (Marques, 2005), que define uma classificação intermediária para aquelas substâncias que não se enquadram nas duas classificações propostas por Goss (alto e baixo potencial).

Tabela. N°1: Classificação do potencial de contaminação do princípio ativo, segundo método de Goss (adaptado)

Potencial de transporte associado ao sedimento			
Classificação	$DT_{50\text{Solo}}$ (d)	K_{oc} (mL.g ⁻¹)	S (mg.L ⁻¹)
Alto potencial	≥ 40	≥ 1000	-
	≥ 40	≥ 500	$\geq 0,5$
Baixo potencial	< 1	-	-
	≤ 2	≤ 500	-
	≤ 4	≤ 900	$\geq 0,5$
	≤ 40	≤ 500	$\geq 0,5$
	≤ 40	< 900	≥ 2
Médio potencial	Todas as substâncias que não enquadradas como alto ou baixo potencial de contaminação em relação ao transporte associado ao sedimento		
Potencial de transporte dissolvido em água			
Alto potencial	> 35	< 100000	≥ 1
	< 35	≤ 700	≥ 10 e ≥ 100
Baixo Potencial	-	≥ 100000	-
	< 1	≥ 1000	-
	< 35	-	$\leq 0,5$
Médio potencial	Todas as substâncias que não enquadradas como alto ou baixo potencial de contaminação em relação ao transporte dissolvido em água		

Legenda: DT_{50} : meia vida; K_{oc} : coeficiente de adsorção a matéria orgânica; S: Solubilidade em água.

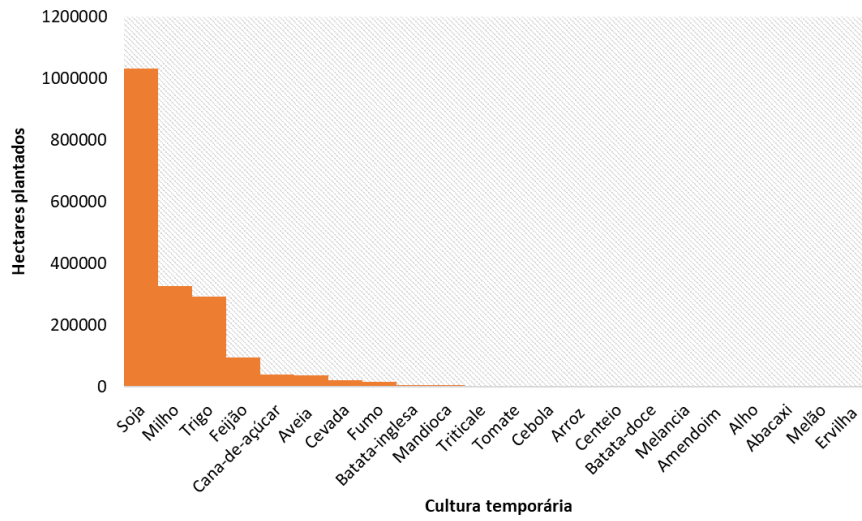
Fonte: Adaptado de (Dores & De-Lamonica-Freire, 2001)

Resultados e discussão

Por meio dos dados obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) foi possível identificar que a área total plantada na BHA1 é de 1.887.974 hectares, sendo 1.868.861 hectares considerado área de lavoura temporária (99% da área total) e 19.113 hectares, o equivalente a 1% da área total, de cultura permanente.

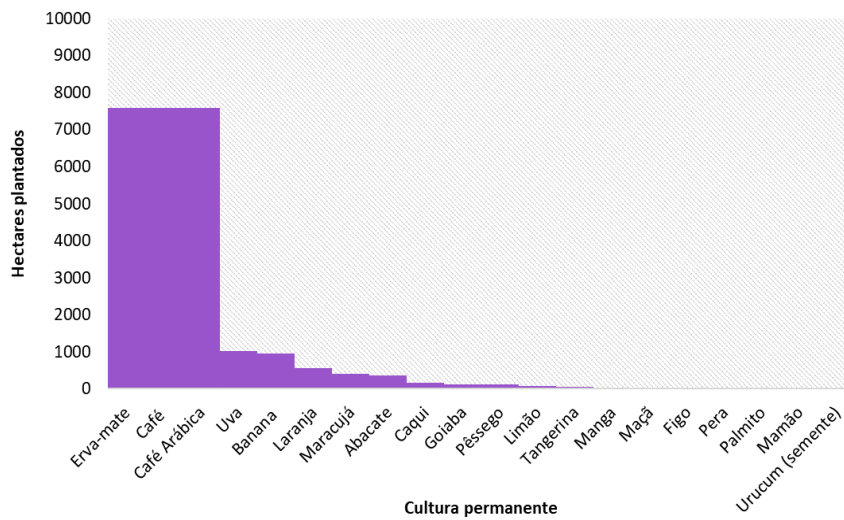
Quanto a lavoura temporária, a soja, milho, trigo, feijão, cana de açúcar e aveia foram as culturas com as maiores áreas plantadas dentro da bacia (Figura N°2), enquanto que a erva-mate, café, café arábica, uva, banana e laranja, corresponderam as maiores áreas cultivadas de lavouras permanentes (Figura N°3).

Fig. N°2: Quantitativo das maiores áreas de lavouras temporárias cultivadas na Bacia do Alto Ivaí



Fonte: Os autores (2022).

Fig. N°3: Quantitativo das maiores áreas de lavouras permanentes cultivadas na Bacia do Alto Ivaí



Fonte: Os autores (2022).

O resumo das principais culturas temporárias e permanentes cultivadas na BHAÍ, e suas respectivas áreas, que serão utilizadas nas próximas etapas da pesquisa estão apresentadas no Tabela N°2.

Tabela. N°2: Principais culturas cultivadas na bacia hidrográfica do Alto Ivai

Cultura	Área (hectares)	Classificação
Soja	1032616	Temporária
Milho	324870	Temporária
Trigo	292245	Temporária
Feijão	94637	Temporária
Cana de açúcar	39335	Temporária
Aveia	36342	Temporária
Erva-mate	7585	Permanente
Café	7579	Permanente
Café arábica	7579	Permanente
Uva	1022	Permanente
Banana	964	Permanente
Laranja	563	Permanente

Fonte: Os autores (2022).

O levantamento realizado junto ao Sistema de Monitoramento de Agrotóxicos da (Agência de Defesa Agropecuária do Paraná, 2020), possibilitou a identificação de 28 princípios ativos mais utilizados no Paraná. Deste montante, após correlacioná-los com sua aplicação em lavoura, constatou-se que todos são utilizados por uma ou mais culturas temporárias cultivadas na bacia em estudo. Porém, ao realizar a identificação das propriedades físico-químicas, somente 24 princípios ativos (Tabela N°3), apresentaram todas as características necessárias para avaliação do potencial de contaminação das águas, os quais são indispensáveis para a aplicação do método de Goss, que foi adaptado para este estudo.

Tabela. N°3: Princípios ativos mais utilizados em culturas temporárias na BHAI

Princípio ativo	Culturas temporárias				
	Soja	Milho	Trigo	Feijão	Aveia
Equivalente ácido de Glifosato	x	x	x	x	
Glifosato	x	x	x	x	
Glifosato Potássico	x	x	x	x	
Paraquate	x	x	x	x	
Atrazina		x			
Mancozebe	x	x	x	x	
2,4-D	x	x	x		x
Imidacloprido	x	x	x	x	x
Sal de Potássio de Glifosato	x	x	x		
Acefato	x	x		x	
Trifloxistrobina	x	x	x	x	x
Piraclostrobina	x	x	x	x	x
Bifentrina	x	x	x	x	x
Epoxiconazol	x	x	x	x	x
Cletodim	x	x	x	x	
Picoxistrobina	x	x	x	x	
Protioconazol	x	x	x	x	
Equivalente ácido de 2,4-D	x	x	x		
Diurom	x	x	x		
Lambda Cialotrina	x	x	x	x	x
Azoxistrobina	x	x	x	x	x
Carbendazim	x	x	x	x	
Tiametoxam	x	x	x	x	
Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina)	x	x	x		

Fonte: Os autores (2022)

Os valores máximos permitidos (VMP) pela legislação ambiental brasileira, em termos de µg/L, dos princípios ativos apresentados no Quadro 2 foram então levantados, com base nas concentrações apresentadas na Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) e no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017), e podem ser visualizados no Tabela N°4.

Tabela. N°4: Valores máximos permitidos na legislação brasileira dos princípios ativos utilizados em culturas temporárias na BHAI

PRINCÍPIO ATIVO	VMP pelo CONAMA 357/2005	VMP pelo ANEXO XX (Portaria de Consolidação nº 05/2017)
Glifosato	65 µg/L	50 µg/L
Equivalente ácido de glifosato	65 µg/L	50 µg/L
Glifosato potássico	65 µg/L	50 µg/L
Sal de potássio de glifosato	65 µg/L	50 µg/L
Atrazina	2,0 µg/L	2,0 µg/L
2,4 D	4,0 µg/L	30 µg/L
Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético	4,0 µg/L	30 µg/L
Equivalente ácido de 2,4-D	4,0 µg/L	30 µg/L
Mancozebe	4,0 µg/L	180 µg/L
Carbendazim + benomil	Ine	120 µg/L
Diuron	Ine	90 µg/L
Paraquate	Ine	Ine
Imidacloprido	Ine	Ine
Acefato	Ine	Ine
Trifloxistrobina	Ine	Ine
Piraclostrobina	Ine	Ine
Bifentrina	Ine	Ine
Epoxiconazol	Ine	Ine
Cletodim	Ine	Ine
Picoxistrobina	Ine	Ine
Protiocozazol	Ine	Ine
Lambda Cialotrina	Ine	Ine
Azoxistrobina	Ine	Ine
Tiametoxam	Ine	Ine

Legenda: VMP = valor máximo permitido; Ine = VMP inexistente.

Fonte: Os autores (2022).

O resultado desta verificação constatou que dos 24 princípios ativos mais utilizados em culturas temporárias na área da BHAI, apenas 11 tem seus valores máximos apresentados pela legislação que versa sobre padrão de potabilidade da água para consumo humano (Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05) e 9 deles têm seus limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente quanto ao padrão de qualidade dos corpos hídricos (Resolução CONAMA 357/2005). Os demais 13 ingredientes ativos

de agrotóxicos, analisados neste trabalho, não apresentam valores máximos permitidos na legislação federal brasileira.

Portanto, pode-se afirmar que dos 24 princípios ativos analisados nesta pesquisa, os quais são utilizados em culturas temporárias na área da Bacia do Alto Ivaí, 11 deles (45,8%) têm seus valores máximos permitidos pela portaria que estabelece padrões de potabilidade da água para consumo humano, ou seja, estão sob monitoramento por parte das secretarias de saúde, através do programa SisÁgua, e das concessionárias de abastecimento público, que são eles: Glifosato, Equivalente ácido de glifosato, Glifosato potássico, Sal de potássio de glifosato, Atrazina, 2,4 D, Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético, Equivalente ácido de 2,4-D, Mancozebe, Carbendazim + benomil e Diuron.

Em um estudo conduzido por (Menezes, Santos, Dutra, Tavares, & Guimarães, 2021), no período de 2014-2017, para avaliar a presença de agrotóxicos em mananciais de abastecimento público da cidade de Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil, culminou na identificação de 27 agrotóxicos presentes na água consumida por seus moradores. Dentre esses, 9 apresentaram valores acima do limite máximo estabelecidos pela legislação brasileira em termos de potabilidade da água e 11 excederam os padrões estabelecidos pela União Europeia. Além disso, 40,7% destes agrotóxicos, sendo eles a Alaclor, Atrazina, Carbendazim, Clordano, DDT+DDD+DDE, Diuron, Glifosato, Lindano, Mancozebe, Permetrina e Influralina, estão associados à ocorrência de doenças crônicas, como câncer, distúrbios endócrinos e malformações congênitas. Esses resultados evidenciam que a população da cidade de Campos dos Goytacazes, está exposta a níveis significativos de contaminação, principalmente devido à presença desses compostos químicos na água utilizada para consumo.

Os resultados obtidos, referente ao potencial de contaminação de águas superficiais, em função do uso de princípios ativos presentes nos agrotóxicos e utilizados na Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí, estão apresentados no Tabela N°5.

Tabela. N°5: Potencial de contaminación de los principios activos en aguas superficiales, segundo el método de Goss adaptado para este estudio

Principio activo	Potencial de transporte asociado al sedimento		Potencial de transporte disuélvulo en agua	
	Criterio	Respuesta	Criterio	Respuesta
Glifosato	NA	MP	NA	MP
Equivalente ácido de Glifosato	NA	MP	NA	MP
Glifosato Potásico	NA	MP	NA	MP
Sal de Potásico de Glifosato	NA	MP	NA	MP
Atrazina	NA	MP	$DT_{50} > 35, K_{oc} < 100.000, S > 1$	AP
2,4-D	$DT_{50} \leq 40, K_{oc} \leq 900, S \geq 0,2$	BP	NA	MP
Sal de dimetilamina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina)	$DT_{50} \leq 40, K_{oc} \leq 900, S \geq 0,2$	BP	NA	MP
Equivalente ácido de 2,4-D	$DT_{50} \leq 40, K_{oc} \leq 900, S \geq 0,2$	BP	NA	MP
Mancozebe	$DT_{50} \leq 1$	BP	NA	MP
Carbendazim	NA	MP	NA	MP
Diurom	$DT_{50} \geq 40, K_{oc} \leq 500, S \leq 0,5$	AP	$DT_{50} > 35, K_{oc} < 1.000.000, S \geq 1$	AP
Paraquate	$K_{oc} \geq 1.000.000$	AP	NA	MP
Imidacloprido	NA	MP	$DT_{50} > 35, K_{oc} < 100.000, S \geq 1$	AP
Acefato	$DT_{50} \geq 4, K_{oc} \leq 900, S \geq 0,5$	BP	NA	MP
Trifloxistrobina	NA	MP	NA	MP
Piraclostrobina	NA	MP	NA	MP
Bifenrina	NA	MP	NA	MP
Epoxiconazol	NA	MP	NA	MP
Cletodim	$DT_{50} \leq 40, K_{oc} \leq 900, S \geq 0,5$	BP	NA	MP
Protiocozol	$DT_{50} \geq 40, K_{oc} \geq 1000$	AP	$DT_{50} > 35, K_{oc} < 100.000, S \geq 1$	AP
Lambda Cialotrina	NA	MP	$K_{oc} \geq 100.000$	AP
Azoxistrobina	NA	MP	$DT_{50} > 35, K_{oc} < 100.000, S \geq 1$	AP
Tiametoxam	NA	MP	$DT_{50} > 35, K_{oc} < 100.000, S \geq 1$	AP
Picoxistrobina	I	I	I	I

Legenda: AP = alto potencial – vermelho; MP = médio potencial - amarelo; BP = baixo potencial - verde; I = inconclusivo – cor roxa; NA = não aplicável – cor branco;

Fonte: Os autores (2022).

Um aspecto a ser analisado, que pode incidir em danos sobre a saúde pública se refere a classificação toxicológica dos agrotóxicos. No Brasil, este enquadramento era balizado pela Portaria nº 03 do Ministério da Saúde, de 16 de janeiro de 1992 (Brasil, 1992), que apresentava quatro classes a citar: Classe I - Produtos Extremamente Tóxicos; Classe II - Produtos Altamente Tóxicos; Classe III - Produtos Medianamente Tóxicos; Classe IV - Produtos Pouco Tóxicos. No entanto, por necessidade de adequação aos padrões internacionais de rotulagem, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), reclassificou os agrotóxicos em seis novas categorias, que são elas: Categoria 1: Produto Extremamente Tóxico; Categoria 2: Produto Altamente Tóxico; Categoria 3: Produto Moderadamente Tóxico; Categoria 4: Produto Pouco Tóxico; Categoria 5: Produto Improvável de Causar Dano Agudo e 6: Não Classificado – Produto Não Classificado (Brasil, 2019).

Diante do exposto, ao se comparar a antiga Portaria nº 03 do Ministério da Saúde, de 16 de janeiro de 1992, com a atual (Tabela N°6), em termos de classificação toxicológica, tem-se que 12,5% desses ingredientes ativos seriam enquadrados na Classe I, 12,5% na Classe II, já na Classe III esse número ficaria em 37,5%, enquanto que os agrotóxicos de Classe IV representariam 20,8%, além de 12,5% teriam que ser analisados devido a classificação específica para cada produto e 4,2% não apresentam enquadramento. No entanto, a reclassificação apresentada pela ANVISA, por meio da Resolução RE nº 2080, de 31 de julho de 2019, estabeleceu novas categorias e os dados deste estudo indicaram que apenas 4,2% dos produtos analisados são considerados Categoria 1 (extremamente tóxico), 8,3% são enquadrados na Categoria 3 (produto moderadamente tóxico), 20,8% são considerados produtos pouco tóxicos (Categoria 4), 37,5% são classificados como produtos improváveis de causar dano agudo (Categoria 5) e 29,2% não apresentam classificação toxicológica, segundo a Resolução RE nº 2080/ 2019.

Essa comparação permite afirmar que alguns dos agrotóxicos que antes eram considerados nocivos para saúde humana, de acordo com a nova classificação toxicológica adotada pelo Brasil, deixaram de ser, como é o caso do 2,4-D, que passou da Classe I (produto extremamente tóxico) para a Categoria 4 (produto pouco tóxico), ou ainda o Cletodim que, de produto altamente tóxico (Classe II), passou a ser enquadrado na categoria 5 (produto improvável de causar dano agudo).

Ao relacionar esse enquadramento toxicológico com o potencial de contaminação em águas superficiais, destaque deve ser dado ao Diurom, por exemplo, que está classificado como sendo um ingrediente pouco tóxico, todavia, apresenta um alto potencial de contaminação por meio do transporte associado ao sedimento e dissolvido

em água, condição preocupante, tendo em vista que é um ingrediente ativo utilizado nas culturas temporárias de soja, milho e trigo, que juntas, somam 1.649.731 hectares de área plantada na BHAI.

Conforme mencionado por (Novais, Queiroz, & Júnior, 2021), é um fato incontestável que todos os agrotóxicos representam riscos para a saúde humana e o meio ambiente. Mesmo em casos de exposição limitada ou baixas concentrações, agrotóxicos podem ter um efeito letal. Os autores enfatizaram que classificação ao qual os ingredientes ativos são submetidos refere-se estritamente à toxicidade da sua formulação, servindo como um indicador do seu potencial de causar danos agudos, mas não deve ser considerada como um parâmetro para avaliar exposições prolongadas que possam resultar em problemas crônicos ou ainda os efeitos do chamado coquetel tóxico. Daí decorre a preocupação e os alertas que pesquisadores da área da saúde e da área ambiental fazem em termos de impactos sobre os seres vivos.

Tabela. N°6: Comparação do enquadramento toxicológico dos princípios ativos utilizados na BHAI

Princípio Ativo	Classificação Toxicológica	
	Portaria nº 03/1992	Resolução RE nº 2080/2019
Glifosato	Classe IV - Pouco Tóxico	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
Equivalente ácido de Glifosato	Classe IV - Pouco Tóxico	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
Glifosato Potássico	Classe III - Medianamente Tóxico	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
Sal de Potássio de Glifosato	Classe IV - Pouco Tóxico	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
Atrazina	Classe III - Medianamente Tóxico	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
2,4-D	Classe I - Extremamente Tóxico	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina)	Classe I - Extremamente Tóxico	Categoria 4 - Pouco Tóxico
Equivalente ácido de 2,4-D	Classe IV - Pouco Tóxico	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
Mancozebe	--	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
Carbendazim	Classe III - Medianamente Tóxico	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
Diurom	Classe III - Medianamente Tóxico	Categoria 4 - Pouco Tóxico
Paraquate	Classe I - Extremamente Tóxico	Categoria 1 - Extremamente Tóxico
Imidacloprido	Classe III - Medianamente Tóxico	Categoria 3 - Moderadamente Tóxico

Acefato	Classe III - Medianamente Tóxico	Categoria 4 - Pouco Tóxico
Trifloxistrobina	Classe II - Altamente Tóxico	--
Piraclostrobina	Específica para cada produto	--
Bifentrina	Específica para cada produto	--
Epoconazol	Específica para cada produto	--
Cletodim	Classe II - Altamente Tóxico	Categoria 5 - Improvável de Causar Dano Agudo
Protioconazol	Classe IV - Pouco Tóxico	--
Lambda Cialotrina	Classe III - Medianamente Tóxico	Categoria 3 - Moderadamente Tóxico
Azoxistrobina	Classe III - Medianamente Tóxico	Categoria 4 - Pouco Tóxico
Tiametoxam	Classe III - Medianamente Tóxico	--
Picoxistrobina	Classe II - Altamente Tóxico	--

Fonte: Os autores (2022).

De acordo com a avaliação qualitativa realizada, em função do transporte associado ao sedimento, tem-se que 3 princípios ativos (Paraquate; Protioconazol e Diurom) foram considerados com alto potencial de contaminação. Já o Glifosato; Glifosato Potássio, Equivalente ácido de Glifosato; a Atrazina; o Sal de Potássio de Glifosato; Lambda Cialotrina; Tiametoxam. Carbendazim; Trifloxistrobina; Piraclostrobina; Epoconazol; Azoxistrobina e Bifentrina foram os 15 princípios ativos enquadrados como substâncias com médio potencial de contaminação, relacionado ao transporte de sedimento, enquanto que o Mancozebe, 2,4-D, Acefato, Cletodim, Equivalente ácido de 2,4-D e o Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina) foram considerados de baixo potencial, totalizando 6.

Em relação ao potencial de transporte dissolvido em água, nenhuma substância apresentou baixo potencial de contaminação, por outro lado, 7 foram considerados de alto potencial, sendo eles a Atrazina, Imidacloprido, Protioconazol, Diurom, Lambda Cialotrina, Azoxistrobina e Tiametoxam, e os outros 16 princípios ativos, a citar o Glifosato; Glifosato Potássio; Equivalente ácido de Glifosato; Paraquate; o Sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina); 2,4-D; Cletodim; Equivalente ácido de 2,4-D; Sal de Potássio de Glifosato; Mancozebe; Carbendazim; Trifloxistrobina; Piraclostrobina; Epoconazol; Acefato e a Bifentrina, foram considerados de médio potencial de contaminação, tomando-se por base o critério de transporte dissolvido em água.

A Picoxistrobina teve sua análise considerada inconclusiva para ambos os critérios analisados neste trabalho, uma vez que a falta de dados referente as suas propriedades físico-químicas não foram encontradas na literatura pelos autores.

Com base na análise qualitativa efetuada, afirma-se que os princípios ativos Paraquate, Atrazina, Imidacloprido, Protioconazol, Diurom, Lambda Cialotrina, Azoxistrobina e Tiametoxam têm maior potencial de contaminação das águas superficiais nas áreas de cultivo dentro da Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí, devido ao seu alto potencial de transporte, associados a sedimento e/ou dissolução em água, indicando que o milho e trigo são as culturas temporárias que mais contribuem com essa condição.

Vale frisar que em 2017, por meio da Resolução da Diretoria Colegiada nº 177, a ANVISA proibiu o uso do Paraquate em território nacional, a partir do ano de 2020, devido aos riscos que essa substância representa para a saúde da população (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2017). Maior atenção deve ser dada ao Protioconazol, utilizado nas culturas de soja, milho, trigo e feijão e ao Diurom, aplicado para a cultura da soja, milho e trigo, que foram classificados como elementos de alto potencial de contaminação da água, em ambos os critérios analisados.

Conclusão

Conclui-se, com base em uma análise qualitativa, que as culturas de soja, milho, trigo, feijão e aveia foram as principais espécies plantadas na área da Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí. Os resultados também permitiram identificar que essas culturas temporárias utilizam um ou mais dos 24 princípios ativos mais utilizados no estado do Paraná.

Em relação ao potencial de contaminação da água superficial por agrotóxicos, na área da BHA, concluiu-se que o Protioconazol, Diurom, Atrazina, Imidacloprido, Lambda Cialotrina, Azoxistrobina, Tiametoxam e Paraquate, são os princípios ativos com maior potencial de contaminação das águas superficiais em função da análise do potencial de transporte dissolvido em água e associado ao transporte de sedimento.

Portanto, das culturas temporárias avaliadas, as que possuem maior potencial de contaminação das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí são a soja, milho e trigo que, por sua vez, representam as maiores áreas de lavoura temporária dentro da bacia estudada.

Ao considerar os efeitos negativos do uso frequente de agrotóxicos sobre a saúde humana e o meio ambiente, especialmente os recursos hídricos, em áreas predominantemente agrícolas, torna-se imprescindível o estabelecimento de ações de monitoramento físico-químicos a longo prazo, para a criação de um banco de dados e o acompanhamento de indicadores de contaminação a nível de bacias hidrográficas.

Referências Bibliográficas

Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. (2020). Comércio e Uso de agrotóxicos no Paraná de 2013-2018. Fonte: http://www.saude.ufpr.br/portal/observatorio/wp-content/uploads/sites/12/2015/11/SIAGRO_Com%C3%A9rcio_Uso_agrot%C3%B3xicos_Paran%C3%A1_2013_2018-1.pdf

Agência Nacional de Águas. (2019). Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água - RNQA. Fonte: <http://portalpnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2017). Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 177, de 21 de setembro de 2017. Fonte: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2017/rdc0177_21_09_2017.pdf

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2020). Monografias autorizadas. Fonte: <http://antigo.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas>.

Brasil. (1992). Ministério da Saúde. Fonte: Portaria nº 03, de 16 de janeiro de 1992: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1992/prt0003_16_01_1992.html

Brasil. (2005). Ministério do Meio Ambiente. Fonte: Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf

Brasil. (2017). Ministério da Saúde. Fonte: SisÁgua: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf.

Brasil. (2017). Ministério da Saúde. Fonte: Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017: Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html

Brasil. (2019). Ministério da Saúde. Fonte: Resolução-RE nº 2.080, de 31 de julho de 2019: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-re-n-2080-de-31-de-julho-de-2019-208203097>

Brasil. (2021). Ministério da Saúde. Fonte: Portaria GM/MS Nº 888 de 04 de maio de 2021: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html

Campos, R. M. (2013). Análise quantitativa e temporal da área mata ciliar de trechos da bacia do rio Ivaí – Paraná – Brasil. Dissertação. Maringá: Universidade Estadual de Maringá.

Dores, E. F., & De-Lamonica-Freire, E. M. (2001). Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: Águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise preliminar. Química Nova, pp. 27-36.

Figueredo, A. d. (2021). Diagnóstico de outorgas e vazões na unidade hidrográfica do Alto Ivaí - Paraná. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Freitas, H., & Cubas, M. G. (2023). Água com agrotóxicos sai da torneira de 210 cidades no Brasil. Fonte: Repórter Brasil: <https://reporterbrasil.org.br/2023/10/27-agrotoxicos-sao-detectados-na-agua-consumida-em-sao-paulo-fortaleza-e-campinas/>

Fundação Oswaldo Cruz. (2019). Afinal, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo? Fonte: <https://cee.fiocruz.br/?q=node/1002#:~:text=Na%20lista%20o%20Brasil%20fica,da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20agr%C3%ADcola%20como%20refer%C3%Aancia>

Goss, D. W. (1992). Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. Weed Technology, pp. 701-708.

Habib, M. (2012). Ecodebate. Fonte: <https://www.ecodebate.com.br/2012/08/24/agrotoxicos-e-a-poluicao-das-aguas/#:~:text=Maior%20parte%20dos%20agrot%C3%B3xicos%20n%C3%A3o, traz%20graves%20riscos%20%C3%A0%20sa%C3%BAde&text=Ent%C3%A3o%2C%20pode%2Dse%20dizer%20que,%C3%A1gua%20subterr%C3%A2nea%E2>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011). Atlas do Saneamento 2011: Saneamento e meio ambiente. Fonte: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap3.pdf

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). Cidades e Estados. Fonte: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente. (1996). Portaria nº 84, de 15 de outubro de 1996.

Fonte:

http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/mma_ibama/1996/prt0084_15_10_1996.html

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. (2018). Boletim de Comercialização de Agrotóxicos e Afins: Vendas de Agrotóxicos e Afins por Classe de Periculosidade Ambiental. Fonte: <https://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. (2022). Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Fonte: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. (2017). de Desenvolvimento Sustentável por Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná. Fonte: http://www.ipardes.pr.gov.br/sites/ipardes/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/Revista%20Indicadores%20de%20Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1vel.pdf

Londres, F. (2011). Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida. Fonte: <http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2011/09/Agrotoxicos-no-Brasil-mobile.pdf>.

Marques, M. N. (2005). Avaliação do impacto de agrotóxico em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo: uma contribuição à análise crítica da legislação sobre o padrão de. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo. São Paulo.

Menezes, J. F., Santos, J. V., Dutra, J. A., Tavares, M. G., & Guimarães, H. A. (junho de 2021). CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS POR AGROTÓXICOS: ANÁLISE DOS IMPACTOS CAUSADOS NA SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL. Revista Perspectivas Online: Biológicas & Saúde, pp. 19-35.

Menezes, T. C., & Heller, L. (2005). Proposta de metodologia para priorização de sistemas de abastecimento de água para a vigilância da presença de agrotóxico. Fonte: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental: Disponível em: <https://docplayer.com.br/42223549-Vii-proposta-de-metodologia-para-priorizacao-de-sistemas-de-abastecimento-de-agua-para-a-vigilancia-da-presenca-de-agrotoxico.html>

Kreutz, C.; Moresco Mezzomo, M. D.; Sachet Salami, S. C.; De Lima Ceci, R. S.; Suszek Gonçalves, M |

Potencial de contaminación em águas superficiais: um estudo na bacia hidrográfica do Alto Ivai

Milhome, M. A., Sousa, D. d., Lima, F. d., & Nascimento, R. F. (2009). Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. *Eng. Sanit. Ambient.*, pp. 363-372.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2023). Sistema de Agrotóxico e Fitossanitário. Fonte: <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrofit/index.htm>

Novais, C. M., Queiroz, T. M., & Júnior, S. S. (2021). Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos no estado do mato grosso: risco para o abastecimento urbano. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1.

Oliveira Júnior, e. a. (n.1 de v. 28 de 2019). Sistema de Información de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Sisagua): características, evolución y aplicabilidad. *Epidemiol. Serv. Saúde*, pp. 1-13.

Palorin, M., Ribeiro, C. V., & Leandrini, J. A. (2010). Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. *Campo Mourão: Fecilcam*.

Salati, P. (2023). Aprovação de agrotóxicos no Brasil bate recorde anual desde 2016. Fonte: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2023/02/06/aprovacao-de-agrotoxicos-no-brasil-bate-recorde-anual-desde-2016.ghtml>