



IV-734 - IMPACTO DO USO DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALAGADO: UMA ANÁLISE TEMPORAL E REGIONAL

Henrique Cruvinel Borges Filho⁽¹⁾

Engenheiro Florestal e Mestre pela Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB). Pós-graduação *lato sensu* em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento pelo Instituto de Geologia da UnB. Gerente da Gerência de Bacias da Mananciais da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB).

Gabriel dos Santos Rodrigues⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Florestal pela Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB). Estagiário da CAESB.

Maria Goreth Gonçalves Nobrega⁽¹⁾

Engenheira Florestal e Mestre em Ciências Ambientais e Florestais, pela Universidade de Brasília (UnB). Analista de Sistemas de Saneamento na Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB).

Elber Menêzes da Costa⁽¹⁾

Engenheiro Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestrado em Fisiologia Vegetal pela UFV. Analista de Sistemas de Saneamento da CAESB.

Carlo Renan Caceres de Brites⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Gerente de Gestão Ambiental Corporativa na CAESB. Secretário Geral do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Paranaíba no Distrito Federal. Tesoureiro da ABES-DF.

Endereço⁽¹⁾: Av. Sibiriruna - Lotes 13/21 - Centro de Gestão Águas Emendadas - Águas Claras - Brasília/DF - CEP: 71.928-720 – Tel: (61) 3383-9455 – e-mail: henriqueborges@caesb.df.gov.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar e comparar as cargas difusas de poluentes na bacia do Rio Alagado ao longo do tempo (1985, 2005 e 2022), utilizando geoprocessamento e coeficientes de exportação, e avaliar variações temporais e por unidade federativa (DF e GO). Foram utilizados mapas de uso e ocupação do solo da Plataforma MapBiomas e coeficientes de exportação de Moruzzi et al. (2012). Aplicou-se o Modelo MQUAL 1.5 para calcular a contribuição diária de poluentes com base na área de cada tipo de uso do solo. Em 2022, o DF apresentou cargas totais de fósforo (30,41 Kg/Km².dia), nitrogênio (375,54 Kg/Km².dia), DBO (1084,70 Kg/Km².dia), sólidos em suspensão (22451,62 Kg/Km².dia) e coliformes totais (6,64 x 10¹² Kg/Km².dia). GO apresentou cargas de fósforo (45,40 Kg/Km².dia), nitrogênio (488,31 Kg/Km².dia), DBO (1211,35 Kg/Km².dia), sólidos em suspensão (30970,42 Kg/Km².dia) e coliformes totais (1,01 x 10¹³ Kg/Km².dia). Atividades agrícolas, expansão urbana e pastagens são as principais fontes de poluição difusa, exigindo estratégias de gestão ambiental para assegurar a qualidade dos recursos hídricos da região. Estratégias de gestão ambiental incluem práticas de conservação do solo, recuperação de áreas degradadas, conservação de áreas naturais, educação ambiental, monitoramento e fiscalização, além da expansão da infraestrutura de drenagem pluvial e tratamento de esgotos, assegurando a qualidade dos recursos hídricos da região. É essencial realizar pesquisas para desenvolver coeficientes de exportação específicos e calibrados para a região, aprimorando a precisão das análises.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição da água; Cargas difusas; Gerenciamento Ambiental; Saneamento Ambiental; Uso e Ocupação do Solo.

**INTRODUÇÃO**

A bacia hidrográfica do Rio Alagado constitui um importante afluente do reservatório da barragem Corumbá IV, estendendo-se pelos territórios do Distrito Federal (DF) e Goiás (GO), e na escala nacional integrante da Bacia Hidrográfica do Paranaíba. A bacia do Rio Alagado é essencial para a captação e fornecimento de água destinada ao abastecimento público destes estados, e nela se situa o Sistema Produtor de Água Corumbá operado em consórcio pelas concessionárias SANEAGO e CAESB. Este sistema possui uma capacidade potencial para tratar e fornecer 2,8 metros cúbicos por segundo (m^3/s) de água.

O conhecimento sobre o uso e ocupação do solo, integrado ao entendimento das cargas difusas, é essencial para a proteção da qualidade da água dos mananciais. Ao precisar as origens de poluição difusa é possível elaborar estratégias focadas que visam minimizar o aporte de nutrientes e contaminantes sobre os recursos hídricos.

A análise das cargas difusas utiliza técnicas de geoprocessamento e equação de carga difusa, aplicando ferramentas em ambiente SIG como unir, recortar e separar usos do solo por cor, com base em dados geográficos oficiais.

Neste estudo foram estimadas as quantidades diárias de fósforo, nitrogênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sólidos em suspensão e coliformes totais provenientes de diferentes classes de uso e ocupação do solo.

O fósforo e o nitrogênio são identificados como elementos responsáveis pela eutrofização, com origens naturais e antropogênicas. Ambos são fundamentais para o crescimento de algas, e concentrações elevadas podem ter impactos negativos nos recursos hídricos. A DBO é considerada um indicador do potencial de consumo de oxigênio dissolvido em corpos d'água, associado a matéria orgânica. Os sólidos em suspensão e a presença de coliformes totais também são abordados, relacionando-se a impurezas em ecossistemas aquáticos e à possibilidade de conter microrganismos patogênicos (Von SPERLING 2007).

O propósito deste estudo foi realizar uma estimativa indireta e efetuar comparações das cargas difusas ao longo do tempo na bacia do braço do Rio Alagado do lago da represa da Corumbá IV, aprimorando as discussões sobre o controle da poluição dos recursos hídricos, as quais tendem a se concentrar exclusivamente nos padrões de tratamento de efluentes lançados pontualmente.

Objetivo do Trabalho

O objetivo deste estudo foi estimar de forma indireta (dados secundários) e comparar as cargas difusas depositadas ao longo do tempo, referente aos anos de 1985, 2005 e 2022, utilizando geoprocessamento e coeficientes de exportação publicados por Moruzzi et al. (2012), além de avaliar se há variações temporais e por unidade federativa (DF e GO) que compõe essa bacia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os mapas de uso e ocupação do solo empregados neste estudo provêm da Plataforma MapBiomas (MAPBIOMAS 2009). A escolha do ano de 1985 foi feita pelo fato de ser o mais antigo disponível do MapBiomas. O ano de 2005 foi selecionado pelo motivo de ser o mais próximo antes de ter sido inaugurada a operação da represa Corumbá IV e o ano de 2022 pela razão de ser o mais recente, já com o lago da represa consolidado. As datas dos mapas de 1985, 2005 e 2012 foram selecionadas para maximizar o contraste no uso do solo ao longo do período, aproveitando os intervalos ampliados para destacar mudanças significativas. Em seguida, confeccionou-se os mapas por unidade federativa que compõe a bacia hidrográfica em questão.

Para estimar as cargas difusas de poluentes como fósforo total, nitrogênio total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos em suspensão e coliformes, este estudo aplicou coeficientes de exportação (CE) que correlacionam o tipo de uso do solo à quantidade de poluentes gerados. Esses coeficientes foram retirados do trabalho de Moruzzi et al. (2012). Adotou-se o Modelo MQUAL 1.5 que relaciona uso e ocupação do solo à qualidade da água, permitindo com isso, calcular a contribuição diária de poluentes com base na área de cada tipo de classe de uso e ocupação do solo. A fórmula utilizada foi $CD = A \times CE$, onde CD representa a carga difusa diária, A é a área total de cada uso do solo, e CE é o coeficiente de exportação específico.

Na Tabela 1 a seguir estão os coeficientes de exportação (CE) apresentados no estudo de Moruzzi et al. (2012), porém com algumas adaptações para realidade dos usos da bacia em análise.

Tabela 01: Coeficientes de exportação (CE) para cada tipo de área de uso e ocupação de solo da bacia do Rio Alagado, adaptado (MORUZZI, 2012).

Uso e Ocupação do solo	Fósforo total	Nitrogênio total	DBO	Sólidos em suspensão	Coliformes totais
	Kg/Km ² .dia				
Atividade Agrícola	0,346	2,95	7,32	230	1x10 ¹¹
Cerrado Campestre	0,028	0,50	1,06	30	1x10 ⁸
Cerrado Florestal	0,039	0,60	1,20	20	1x10 ⁸
Pastagem	0,050	0,90	2,25	40	1x10 ⁹
Solo Exposto	0,034	1,27	5,54	50	1x10 ⁹
Área Urbana	0,034	1,27	5,54	50	1x10 ⁹

RESULTADOS

Na Tabela 2 e visualmente na Figura 1 são discriminadas as áreas (A) correspondentes a cada classe de uso do solo para os respectivos estados DF e GO.

Tabela 02: Percentual anual de uso e cobertura do solo na BH do braço do rio Alagado (DF/GO).

Uso e Ocupação do solo	Estado	1985		2005		2022	
		Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Atividade Agrícola	DF	72,64	11,21	60,84	9,39	65,09	10,04
	GO	109,54	16,9	84,26	13,00	99,90	15,42
Cerrado Campestre	DF	29,36	4,53	18,91	2,92	20,49	3,16
	GO	53,70	8,29	42,40	6,54	41,73	6,44
Cerrado Florestal	DF	73,56	11,35	56,03	8,65	55,74	8,6
	GO	143,26	22,11	126,52	19,52	123,64	19,08
Pastagem	DF	36,37	5,61	65,96	10,18	53,91	8,32
	GO	45,97	7,09	102,56	15,83	84,99	13,11
Solo Exposto	DF	40,84	6,30	12,81	1,98	12,03	1,86
	GO	27,76	4,28	7,00	1,08	5,81	0,90
Área Urbana	DF	14,27	2,20	52,50	8,10	59,87	9,24
	GO	0,39	0,06	9,33	1,44	11,56	1,78
Corpo d'água	DF	0,23	0,04	0,22	0,03	0,15	0,02
	GO	0,15	0,02	8,70	1,34	13,16	2,03
Total	DF/GO	648,01	100	648,04	100	648,06	100

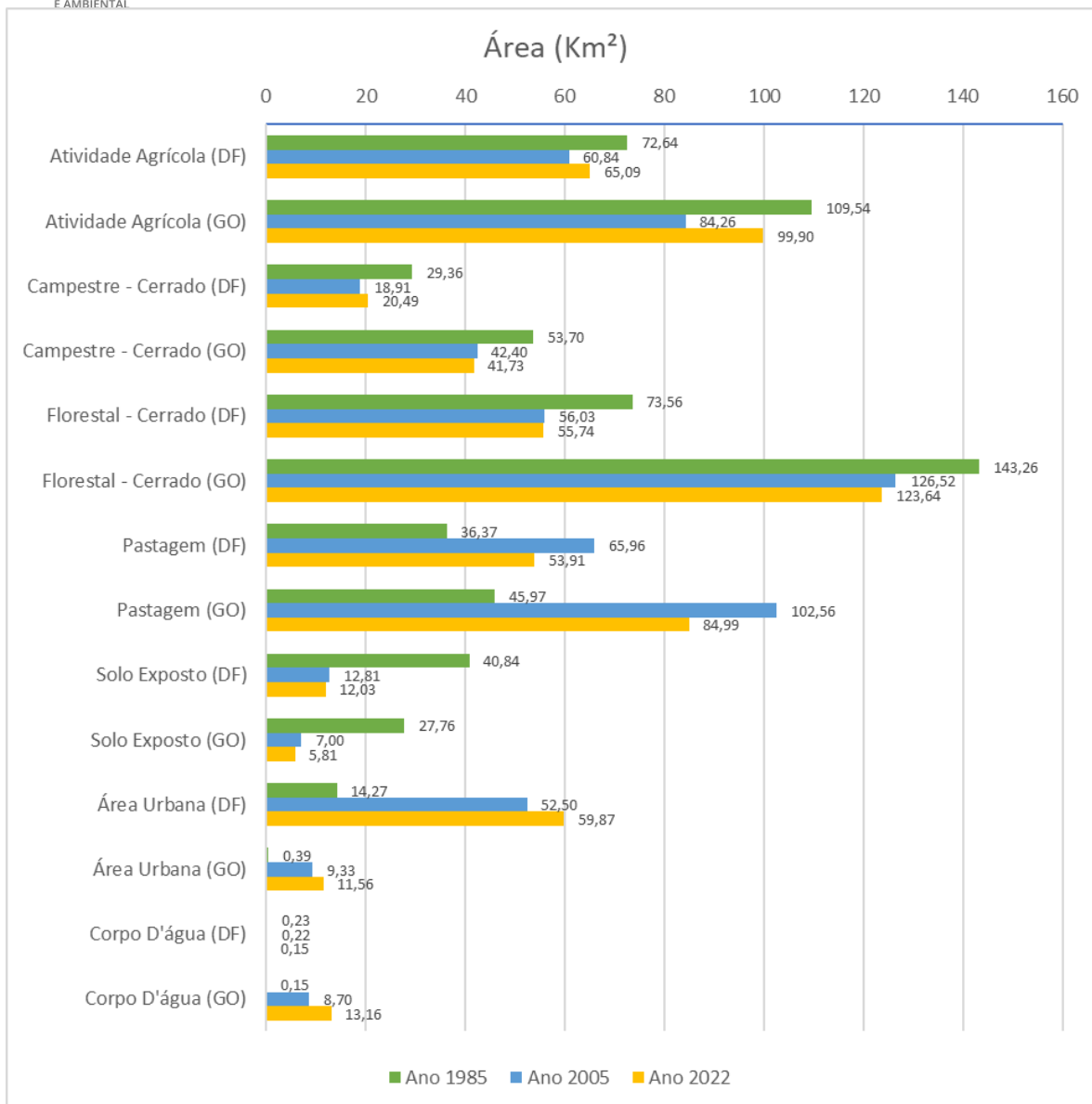


Figura 1: Área (Km²) ocupada por cada uso do solo nos anos de 1985, 2005 e 2022.

Os mapas gerados para cada estado (DF e GO) estão representados nas Figura 1 e 2:

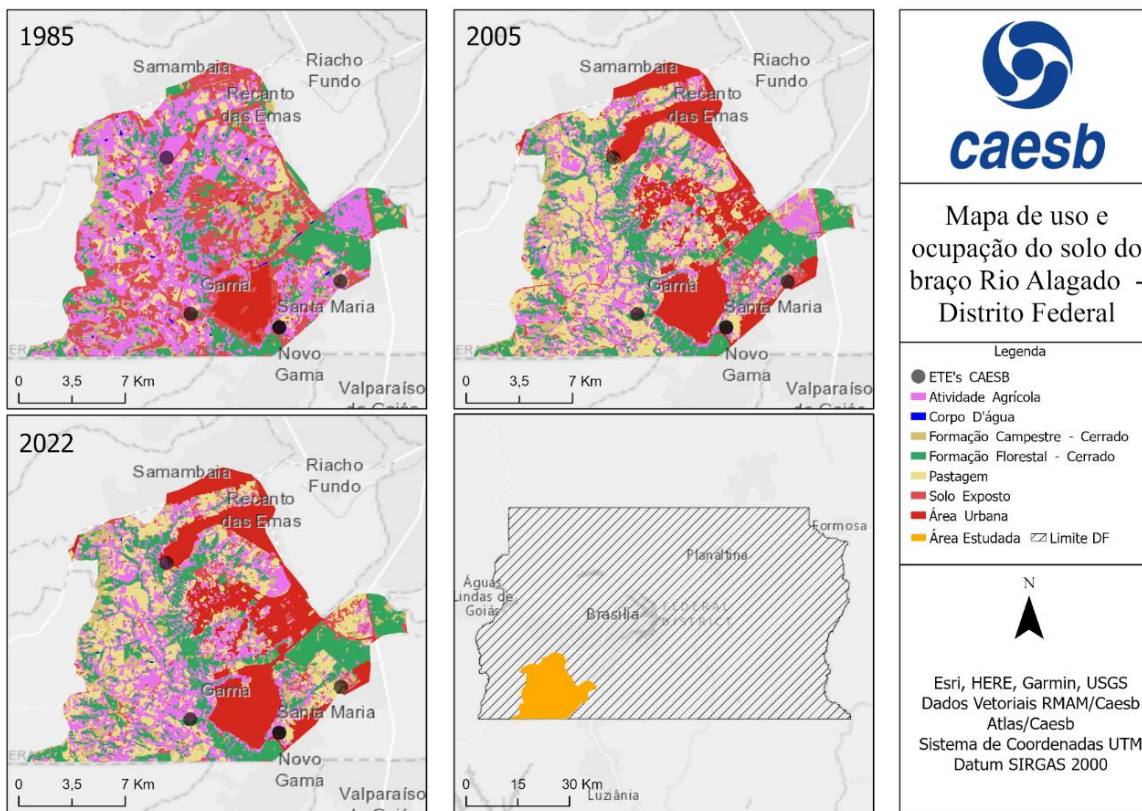


Figura 02: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da bacia hidrográfica do braço do Rio Alagado dentro do Distrito Federal, em 1985, 2005 e 2022.

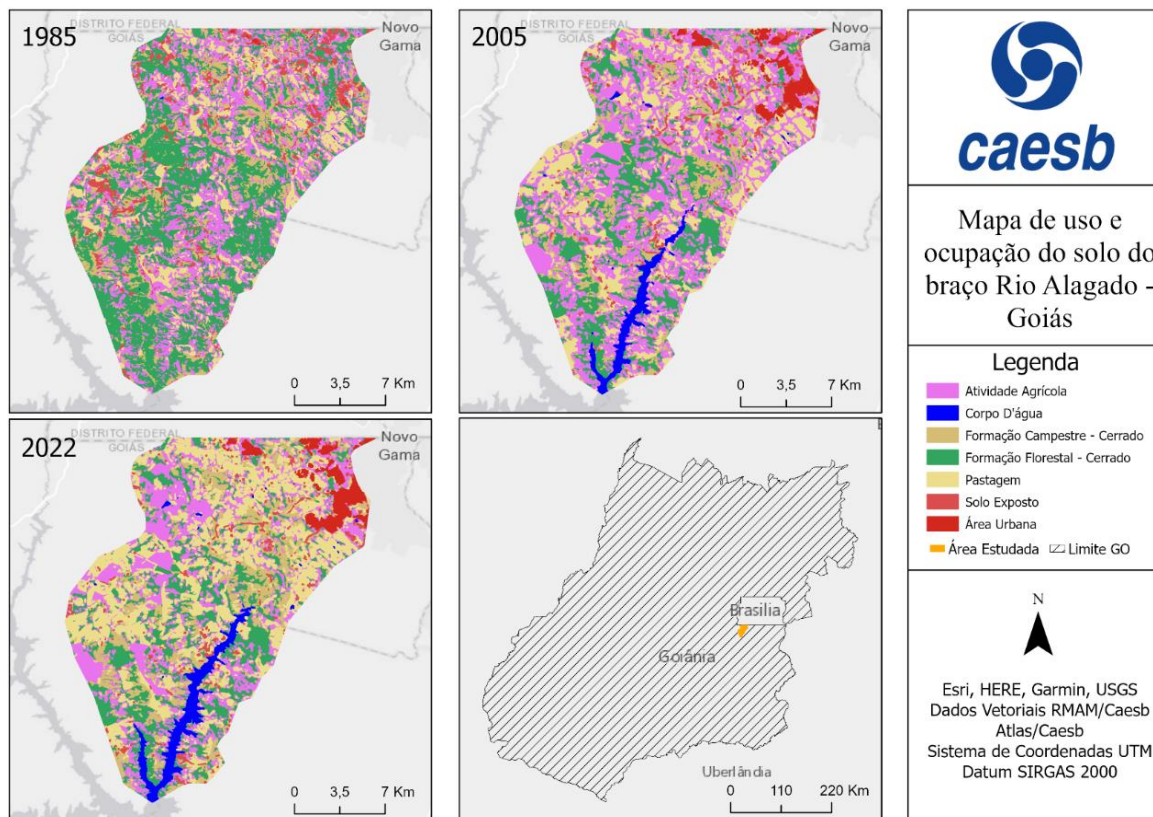


Figura 03: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da bacia hidrográfica do Rio Alagado dentro GO em 1985, 2005 e 2022.

A Tabelas 3 apresenta as estimativas das cargas difusas geradas na bacia em estudo.

Tabela 03: Cargas Difusas na bacia hidrográfica do Rio Alagado (DF/GO).

Cargas Difusas	Ano	Unidade da Federação	Atividade Agrícola	Cerrado Campestre	Cerrado Florestal	Pastagem	Solo Exposto	Área Urbana	Total
			Kg/Km ² .dia						
Fósforo Total	1985	DF	25,1	0,8	2,9	1,8	1,4	0,5	32,5
		GO	37,9	1,5	5,6	2,3	0,9	0,0	48,3
	2005	DF	21,1	0,5	2,2	3,3	0,4	1,8	29,3
		GO	29,2	1,2	4,9	5,1	0,2	0,3	41,0
	2022	DF	22,5	0,6	2,2	2,7	0,4	2,0	30,4
		GO	34,6	1,2	4,8	4,3	0,2	0,4	45,4
Nitrogênio Total	1985	DF	214,3	14,7	44,1	32,7	51,9	18,1	375,8
		GO	323,2	26,9	86,0	41,4	35,3	0,5	513,1
	2005	DF	179,5	9,5	33,6	59,4	16,3	66,7	364,9
		GO	248,6	21,2	75,9	92,3	8,9	11,9	458,7
	2022	DF	192,0	10,3	33,4	48,5	15,3	76,0	375,5
		GO	294,7	20,9	74,2	76,5	7,4	14,7	488,3
DBO	1985	DF	531,7	31,1	88,3	81,8	226,3	79,0	1.038,2
		GO	801,9	56,9	171,9	103,4	153,8	2,2	1.290,0
	2005	DF	445,3	20,0	67,2	148,4	71,0	290,9	1.042,9
		GO	616,8	44,9	151,8	230,8	38,8	51,7	1.134,8
	2022	DF	476,5	21,7	66,9	121,3	66,7	331,7	1.084,7
		GO	731,3	44,2	148,4	191,2	32,2	64,0	1.211,4
Sólidos em	1985	DF	16.706,1	880,7	1.471,1	1.454,8	2.042,0	713,4	23.267,9

Suspensão	2005	GO	25.194,8	1.610,9	2.865,1	1.838,8	1.387,8	19,5	32.916,9	
		DF	13.992,9	567,3	1.120,6	2.638,5	640,4	2.625,2	21.584,9	
	2022	GO	19.380,0	1.272,0	2.530,5	4.102,3	350,0	466,4	28.101,1	
		DF	14.970,7	614,7	1.114,7	2.156,3	601,6	2.993,6	22.451,6	
	Coliformes Totais	1985	DF	$7,26 \times 10^{12}$	$2,94 \times 10^9$	$7,36 \times 10^9$	$3,64 \times 10^{10}$	$4,08 \times 10^{10}$	$1,43 \times 10^{10}$	$7,37 \times 10^{12}$
			GO	$1,10 \times 10^{13}$	$5,37 \times 10^9$	$1,43 \times 10^{10}$	$4,60 \times 10^{10}$	$27,8 \times 10^9$	$0,39 \times 10^9$	$1,10 \times 10^{13}$
2005		DF	$6,08 \times 10^{12}$	$1,89 \times 10^9$	$5,60 \times 10^9$	$6,60 \times 10^{10}$	$1,28 \times 10^{10}$	$5,25 \times 10^{10}$	$6,22 \times 10^{12}$	
		GO	$8,43 \times 10^{12}$	$4,24 \times 10^9$	$1,27 \times 10^{10}$	$10,3 \times 10^{10}$	$7,00 \times 10^9$	$9,33 \times 10^9$	$8,56 \times 10^{12}$	
2022		DF	$6,51 \times 10^{12}$	$2,05 \times 10^9$	$5,57 \times 10^9$	$5,39 \times 10^{10}$	$1,20 \times 10^{10}$	$5,99 \times 10^{10}$	$6,64 \times 10^{12}$	
		GO	$9,99 \times 10^{12}$	$4,17 \times 10^9$	$1,24 \times 10^{10}$	$8,50 \times 10^{10}$	$5,81 \times 10^9$	$11,6 \times 10^9$	$1,01 \times 10^{13}$	

Os resultados das cargas difusas totais ao contexto de uso e ocupação do solo nos estados do DF e GO (Tabela 3) demonstram padrões distintos. No DF, há predominância de área urbana e atividade agrícola, representado por 19,28% do território em 2022, o que reflete uma maior contribuição dessas categorias para as cargas difusas totais. Especificamente, o DF apresentou em 2022 uma carga total de P de 30,41 Kg/Km².dia, N total de 375,54 Kg/Km².dia, DBO de 1084,70 Kg/Km².dia, sólidos em suspensão de 22451,62 Kg/Km².dia e coliformes totais atingindo $6,64 \times 10^{12}$ Kg/Km².dia .

Em contraste, GO destaca-se pela sua maior área de pastagens e atividades agrícolas, que juntas ocupam 28,53% do estado, o que para uma configuração diferente das cargas difusas, com o estado apresentando uma carga total de fósforo de 45,40 Kg/Km².dia, nitrogênio total de 488,31 Kg/Km².dia, DBO de 1211,35 Kg/Km².dia, sólidos em suspensão de 30970,42 Kg/Km².dia e coliformes totais chegando a $1,01 \times 10^{13}$ Kg/Km².dia em 2022.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na Tabela 02 nota-se uma tendência de alteração das áreas naturais com perda de 19,43% (58,28 Km²) em toda a bacia ao longo dos 37 anos. Há uma tendência de conversão dessas regiões em espaços ocupados por atividade agrícola, pastagens e áreas urbanas, destacando mudança para ambientes com maior potencial de impacto sobre a qualidade da água, aspecto que será analisado na sequência do texto.

A análise das cargas difusas por classe de solo, Tabela 03, evidencia que a Atividade Agrícola na Bacia em estudo apresenta os maiores coeficientes para quase todos os poluentes, sugerindo que este uso tem maior impacto e pode contribuir para a deterioração da água do Lago Corumbá IV captada para o abastecimento público.

A redução da carga de P em ambos os estados pode ser diretamente ligada ao enchimento de reservatórios, que expandiu a área de corpos d'água e, conseqüentemente, reduziu a contribuição poluente das áreas de pastagem e agrícolas.

Por outro lado, as classes Campestre e Florestal do Cerrado mostram cargas mais baixas para todos os poluentes, indicando que áreas naturais são essenciais para o manejo da bacia, pois ajudam a preservar a qualidade da água por meio da filtragem e retenção.

Já as cargas geradas pelas pastagens são moderadas quando comparados à classe Atividades Agrícolas, mas ainda representam uma fonte elevada de poluição, especialmente para N e P. Isso evidencia que práticas de pastoreio também têm impacto sobre a qualidade da água. No DF, por exemplo, o N Total proveniente de pastagens aumentou de 32,73 Kg/Km².dia (1985) para 48,52 Kg/Km².dia (2022), evidenciando a crescente contribuição desta classe para a poluição por N.

Para a classe Solo Exposto verifica-se cargas que indicam um impacto moderado na exportação de poluentes. O solo exposto, em particular, é uma preocupação devido à sua susceptibilidade à erosão, que atua no carregamento sedimentos com impacto direto sobre os sólidos em suspensão na água.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



Por fim, os resultados para a classe Área Urbana destacam a poluição em termos de DBO e sólidos em suspensão. Isso ressalta a necessidade de infraestrutura adequada para a drenagem das águas pluviais e para a coleta e tratamento de esgoto nessas regiões.

Verificando os resultados para cada estado, o DF tem um maior impacto em área urbana e atividade agrícola, pois possui maior área dessas classes, ocupando 19,28% do estado em 2022. Já o GO possui maior influência quanto a pastagem e atividade agrícola, ocupando 28,53% da área do estado.

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

A avaliação das cargas difusas na bacia hidrográfica do Rio Alagado, por meio do emprego de dados secundários, proporcionou uma estimativa da quantidade dos poluentes que são despejados nesta bacia.

As atividades agrícolas, expansão urbana e pastagens são identificadas neste estudo como as principais fontes de poluição difusa, uma vez que essas três categorias juntas ocupam 57,91% de toda a bacia em 2022, exigindo a implementação de estratégias de gestão ambiental da bacia hidrográfica em questão.

Essas estratégias incluem um conjunto de ações que visem a adoção de práticas de conservação do solo, recuperação de áreas degradadas, conservação de áreas naturais, educação ambiental, monitoramento e fiscalização das atividades potencialmente poluidoras, além da expansão da infraestrutura de drenagem pluvial e coleta e tratamento de esgotos, assegurando, desta forma, os padrões do enquadramento dos recursos hídricos da região.

Por fim, é fundamental a realização de pesquisas direcionadas ao desenvolvimento de coeficientes de exportação que sejam específicos e calibrados para a região, de modo a aprimorar a acurácia deste tipo de análise.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA

1. MAPBIOMAS. Site do Google Earth Engine (GEE), 2009. Ferramenta para exportar mapas e estatísticas de área para as geometrias e períodos selecionados. Disponível em: <https://code.earthengine.google.com/d53153d320300d8e2a32864584113590>. Acessado em 20/02/2024.
2. MORUZZI, R.B., et al. Avaliação de cargas difusas e simulação de autodepuração no Córrego da Água Branca, Itirapina (SP). São Paulo, UNESP, Geociências, v. 31, n. 3, p. 447-458, 2012.
3. Von SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 1ª edição. Belo Horizonte, Minas Gerais: Editora UFMG, 2007. 588p.