CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAJAUZINHO, MARANHÃO, BRASIL

GEOENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF THE HYDROGRAPHIC MICROBASIN OF THE GRAJAUZINHO RIVER, IN THE MARANHÃO STATE, BRAZIL

CARACTERIZACIÓN GEOAMBIENTAL DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GRAJAUZINHO, MARANHÃO, BRASIL

Gerson da Silva Costa Reis
Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade Metropolitana de Anápolis (FAMA) e Especialista em Gestão e Educação Ambiental pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
E-mail: gersonscr.esa@gmail.com

Edilma Fernandes da Silva
Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Docente da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).
E-mail: edilma.fernandes@ufma.br

Resumo:
Este estudo almeja realizar a caracterização geoambiental da microbacia hidrográfica do Rio Grajauzinho, localizado predominantemente em Formosa da Serra Negra, no Maranhão. O desenvolvimento da pesquisa contou com estudos bibliográficos, livros, artigos científicos e outros documentos relacionados ao tema proposto, como também foram utilizadas cartas topográficas, imagens de satélite e softwares livres para a elaboração de mapas, gráficos e análises. Desta forma, foram analisados os aspectos relacionados aos sistemas geoambientais, a fim de auxiliar futuros planejamentos hidrográficos, como princípio para delinear uma gestão hídrica sustentável da microbacia. A partir do levantamento dos dados e elaboração do mapeamento geoambiental, foi possível verificar os impactos ambientais que vêm sofrendo o Rio Grajauzinho, como o avanço descontrolado da agropecuária, sobretudo da pecuária, atividade principal da região.

Palavras-chave: Recurso hídrico, política pública, planejamento territorial.

Abstract:
This study aims to carry out the geoenvironmental characterization of the hydrographic microbasin of the Grajauzinho River, located predominantly in Formosa da Serra Negra, in the Maranhão state of Brazil. The research development involved bibliographic studies, books, scientific articles, and other documents related to the proposed theme. Additionally, topographic maps, satellite images, and open-source software were utilized for the creation of maps, graphs, and analyses. In this way aspects related to geoenvironmental systems were analyzed to assist future hydrographic planning, serving as a foundation for outlining sustainable water management of the hydrographic microbasin. Through data collection and geo-environmental mapping, it was possible to identify the environmental impacts affecting the Grajauzinho River, such as the uncontrolled expansion of agriculture, particularly livestock farming, the region's main activity.

Keywords: Water resources, public policy, territorial planning.

Resumen:
Este estudio tiene como objetivo realizar la caracterización geoambiental de la microcuenca hidrográfica del Río Grajauzinho, ubicada predominantemente en Formosa da Serra Negra, en Maranhão. El desarrollo de la investigación incluyó estudios bibliográficos, libros, artículos científicos y otros documentos relacionados con el tema propuesto. Además, se utilizaron mapas topográficos, imágenes satelitales y software de código abierto para la elaboración de mapas, gráficos y análisis. En consecuencia, se analizaron aspectos relacionados con los sistemas geoambientales con el fin de coadyuvar a la futura planificación hidrográfica, sirviendo como base para establecer una gestión hídrica sostenible de la microcuenca. A través de la recopilación de datos y la cartografía geoambiental, fue posible identificar los impactos ambientales que afectan al Río Grajauzinho, como la expansión no controlada de la agricultura, en particular la ganadería, la actividad principal de la región.

Palabras-clave: Recursos hídricos, políticas públicas, planificación territorial.

Introdução

Em uma sociedade compulsiva associada ao desenvolvimento econômico do capitalismo acaba por refletir diretamente na deterioração dos recursos naturais, causando diversos impactos e consequentemente, levando-os a danos irreversíveis. Assim, a associação entre o antropocentrismo, a expansão indiscriminada e o consumo exacerbado denotam diretamente na ampliação dos impactos ambientais e, nas últimas décadas, o Brasil vivenciou graves conflitos ecológicos e problemáticas socioambientais decorrentes do consumo desenfreado, entusiasmado pelo crescimento econômico (Leandro *et al.*, 2016; Trindade *et al.*, 2016; Teixeira; Rizzatti, 2022).

Essa intensificação antropocêntrica sobre o meio ambiente, como a agropecuária, vem refletindo na mudança dos usos e ocupações do solo, principalmente em áreas de proteção ambiental. Diante deste fenômeno, verifica-se a importância do geoprocessamento como arcabouço operacional no planejamento ambiental de bacias hidrográficas e suas vertentes (Sousa; Lima, 2021).

Pois, a delimitação das unidades geoambientais pelo geoprocessamento de imagem de satélite resulta no acesso às relações de causa e efeito entre os elementos que a compõem e, sua utilização permite o monitoramento e estudo de fenômenos antrópicos a partir das análises geoambientais (Crepani *et al.*, 2001; Santos *et al.*, 2019; Gama *et al.*, 2021).

Assim, o uso de geotecnologias como instrumentos para a identificação e análise de atividades antrópicas se constitui em uma

ferramenta relevante na compreensão dos impactos na dinâmica ambiental (Gama *et al.*, 2021).

Logo, "a integração de informações disponíveis sobre as imagens de satélite, simultaneamente à sua interpretação, leva a melhores e mais completos resultados no sentido de entender o meio ambiente de maneira holística" (Crepani *et al.*, 1996, p. 129). Neste sentido, Trindade *et al.* (2016, p. 15) concordam que "a percepção do ambiente pode ser uma questão relevante quando empregada para dar entendimento e importância à bacia hidrográfica e à ocupação do seu entorno".

Concordantemente, quando o assunto é gestão e planejamento ambiental, Ortiz e Freitas (2005), Batista e Dias (2013), Campos *et al.* (2017) e Pereira, Nunes e Araújo (2021) asseguram que a utilização de dados de sensoriamento remoto e o emprego de técnicas de geoprocessamento em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas essenciais, eficientemente mais rápidas e notadamente confiáveis, sendo seu uso um artifício para a fiscalização e monitoramento das intervenções antrópicas no meio ambiente.

Não obstante, para a elaboração de um planejamento ambiental de bacias hidrográficas, deve-se atentar às formas de uso e ocupação da terra, sendo possível a identificação dos tipos de uso, a caracterização das intensidades de uso e seus indícios de manejo, assim como a quantificação do percentual das áreas ocupadas pelo tipo dentro da bacia (Santos, 2004) e (IBGE, 2013).

Como vimos, o estudo geoambiental de bacias hidrográficas está diretamente ligado ao planejamento ambiental e territorial do mesmo, ou seja, o estudo do uso e ocupação territorial é fundamental

para um planejamento de bacias visando à conservação ambiental (Cunha; Guerra, 2001; Carvalho, 2014; Lima; Silva, 2015).

Sendo assim, para assegurar a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, é essencial uma gestão planejada, descentralizada e participativa, de modo que proporcione o uso múltiplo das águas em conformidade com a Lei nº 9.433/1997, que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Dessa forma, este estudo pretende realizar a caracterização geoambiental para um planejamento territorial e ambiental porvindouro, visto que a área carece de estudos e ações acerca do planejamento urbano e ambiental de modo que propicie a mitigação dos impactos socioambientais na microbacia hidrográfica do rio Grajauzinho, em Formosa da Serra Negra, Maranhão.

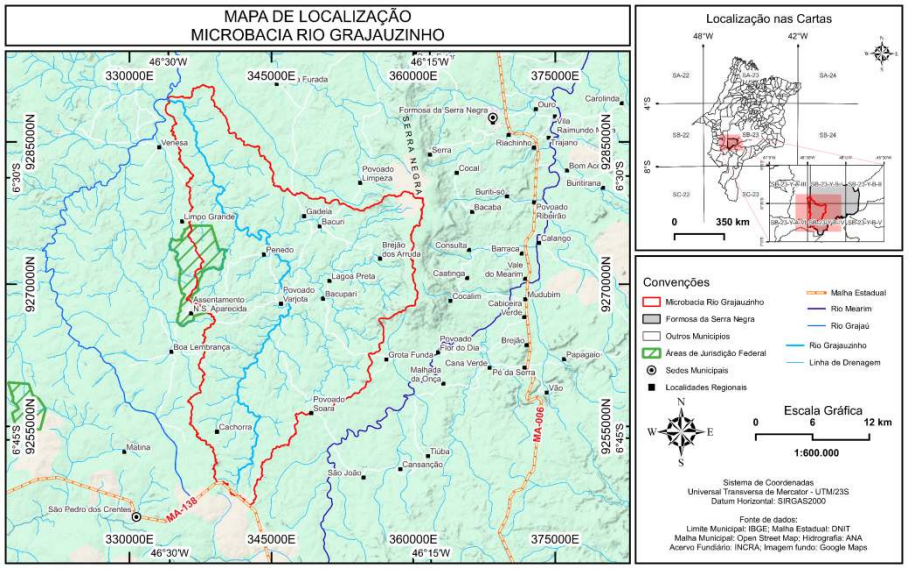
Para tanto, foram analisados os aspectos relacionados aos sistemas geoambientais a fim de auxiliar futuros planejamentos hidrográficos e como princípio para delinear uma gestão hídrica sustentável na microbacia do rio Grajauzinho. Deste modo, foram elaborados mapas temáticos capazes de assessorar entidades governamentais e não governamentais na gestão destes sistemas geoambientais.

Localização e caracterização econômica da área de estudo

A área de estudo, microbacia hidrográfica do Rio Grajauzinho (MHRG), está situada, predominantemente, no município de Formosa da Serra Negra, Maranhão (Figura 1). O rio Grajauzinho deságua no rio Grajaú dentro do município de Sítio Novo, nas coordenadas S 6°25'34,804" W 46°30'2,632". O rio tem uma

extensão de cerca de 63,50 km² e uma área aproximada de 608,68 km², tendo sua nascente localizada na Serra da Menina, limítrofe natural com o município de São Pedro dos Crentes.

Figura 1: Localização do objeto de estudo



Fonte: Autor (org.), 2023

O município de Formosa da Serra Negra está inserido na Mesorregião do Centro Maranhense e Microrregião do Alto Mearim e Grajaú. Conforme o último censo demográfico, sua população é de 17.719 pessoas, sendo que 66,73% dos munícipes residem na zona rural (IBGE, 2022a).

No objeto de estudo há uma área de jurisdição federal, o assentamento rural Nossa Senhora Aparecida, de responsabilidade do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (Figura 1).

Conforme o Censo Agropecuário de 2017, as principais atividades econômicas da região estão focadas na pecuária, com

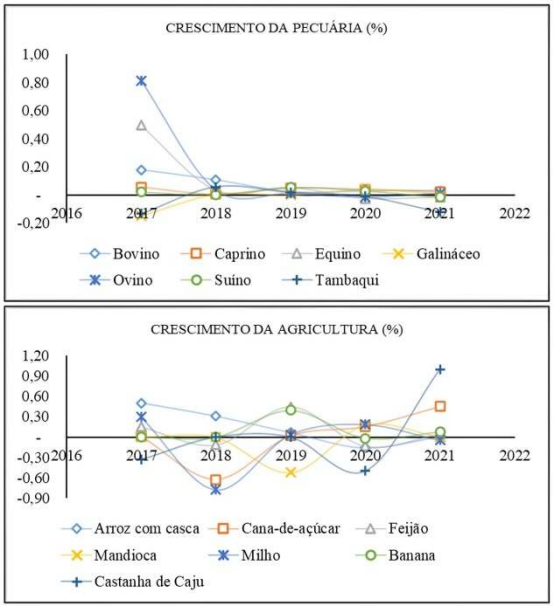
criações de bovinos, caprinos, equinos, galináceos, ovinos, suínos e criação de peixes, como o tambaqui (Quadro 1). O setor pecuarista teve crescimento médio de 4,27% nos últimos 5 anos, conforme dados da Pesquisa Pecuária Municipal (Gráfico 1) (IBGE, 2022a).

Quadro 1: Principais atividades econômicas na região de Formosa da Serra Negra-MA

Censo Agropecuário de 2017		
Lavoura		**Pecuária**
Permanente	Temporária	
Banana	Arroz	Bovino
Castanha de Caju	Cana-de-açúcar	Caprino
	Feijão	Equino
	Mandioca	Galináceo
	Milho	Ovino
		Suíno
		Tambaqui

Fonte: Autor (org.), 2023, com base em IBGE (2022).

Gráfico 1: Crescimento da agropecuária [2017-2021] no município de Formosa da Serra Negra-MA



Fonte: Autor (org.), 2023, com base em IBGE (2022).

Além disso, na agricultura, há lavouras de arroz e feijão para a subsistência familiar e plantações de cana-de-açúcar, mandioca e milho, principalmente para ração animal, como também culturas permanentes de banana e cajueiros (Quadro 1). O setor mantém uma média de crescimento de 3,24% no período, conforme dados da Pesquisa Agrícola Municipal (Gráfico 1) (IBGE, 2022a).

Metodologia

Para o desenvolvimento da pesquisa quantiqualitativa foi realizada uma pesquisa teórica com base em estudos bibliográficos, livros, artigos científicos e outros documentos relacionados ao tema proposto. Também foram pesquisados dados que referenciavam geograficamente a área nas cartas topográficas e por meio da utilização de dados secundários fornecidos gratuitamente, como imagens de satélite e arquivos vetoriais.

Assim, foi construído um banco de dados geográficos no QGIS v3.22 (*Software* SIG), conforme listado no Quadro 2. Desta forma, com a obtenção dos dados vetoriais e *rasters*, foram elaboradas as peças técnicas que subsidiaram a caracterização geoambiental da microbacia.

Quadro 2: Composição de dados secundários

Dados Geoambientais				
Produto	**Escala**	**Projeção**	**Fonte**	**Data**
Geologia Geomorfologia Pedologia	1:250.000	UTM	IBGE	2021
Uso e Cobertura da Terra	1:100.000	UTM	Projeto MapBiomas	2022
Hidrografia	1:1.000.000	UTM	ANA	2017
Imagens de Satélites				
Produto	**Satélite**	**Órbita**	**Quadro**	
MDS	Alos Palsar	27379	7050	
Bandas	**Resolução**	**Fonte**	**Data**	
L	12,5 m	ASF	2011	

Fonte: Autor (org.), 2023.

Para a definição da área de estudo e geração de produtos como declividade e hipsometria, foi realizado o processamento de imagem de radar do sensor *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR), integrante do satélite ALOS, na plataforma de dados da (*Alaska Satellite Facility* (ASF), que disponibiliza gratuitamente modelos digitais de elevação e superfície em resolução de 12,5 m.

A delimitação da bacia consiste na aplicação de técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG, por meio das ferramentas GRASS, semelhante à metodologia de Bruno (2017). Assim, posteriormente, conduziu-se o recorte do Modelo Digital de Superfície (MDS) pela camada de máscara (bacia), obtendo o modelo de elevação, declividade e hidrografia.

Em seguida, com a delimitação definida, foi realizado o processamento dos dados do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA), no qual executou-se o recorte no estado e, posteriormente, em ambiente SIG, realizando-se o recorte da área de estudo e, assim, caracterizou-se a microbacia quanto às informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas.

O BDiA é um projeto do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no qual é reunida em uma plataforma web a coleção do Mapeamento de Recursos Naturais e do projeto SIVAN. A base geoambiental é fruto de expedições de campo, interpretação de imagens de sensores orbitais e levantamento bibliográfico, disponíveis para download em formato vetorial (IBGE, 2021).

Para a geração do mapa temático de uso e cobertura da terra, foram utilizados dois recursos web: MapBiomas e Google Earth Engine (GEE). O MapBiomas é um conjunto de algoritmos de processamento de imagem dentro da plataforma GEE, que utiliza como base imagens Landsat, com resolução espacial de 30 m, para mapear as principais classes de cobertura da terra (Souza Jr *et al.*, 2020).

Dessa forma, o fluxo de trabalho para o mapeamento geoambiental da MHRG seguiu as metodologias já preconizadas por Dalla Corte *et al.* (2020) e Milhomem (2021) quanto ao geoprocessamento dos dados no *Software* GIS.

Além disso, efetuou-se um estudo a respeito do grau de fragilidade ambiental proposto por Ross (1994; 2012), que consiste na inferência geográfica através da geração de matrizes ponderadas dentro do SIG, ou seja, utiliza-se a correlação entre as variáveis relevo, litologia/solo, vegetação/uso do solo e pluviosidade/ temperatura, atribuídos por valores qualitativos do tipo fraco, médio, forte, aplicando-se pesos de 1 a 5 para cada variável, conforme o Quadro 3. A variável relevo será representada pela mensuração do índice de dissecação, uma vez que, idem recomenda-o para escalas pequenas e médias. O cálculo deste item seguirá a metodologia de Guimarães *et al.* (2017).

Quadro 3: Grau de fragilidade das variáveis de cobertura da terra, litologia e relevo

Grau de Proteção Dados ao Solo Pela Cobertura Vegetal Quanto à Ação das Águas Pluviais		
Grau de Proteção	Tipos de Cobertura	
Muito Forte (1)	Florestas naturais	
Forte (2)	Florestas cultivadas com diversidade de espécies e vários estratos. Formações arbustivas naturais abertas com estrato graminoso, formações arbustivas densas de origem segundaria (capoeira)	
Médio (3)	Formações naturais ou cultivadas de gramíneas (pastagem), e agricultura de ciclo longo (banana)	
Fraca (4)	Agricultura de ciclo curto (soja, arroz irrigado)	
Muito Fraco (5)	Áreas desmatadas, áreas não vegetadas	
Grau de Fragilidade à Erodibilidade dos Tipos de Solos Quanto ao Escoamento Superficial		
Grau de Fragilidade	Tipos de solo	
Muito Fraco (1)	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo, textura argilosa., desenvolvimento de litologias como gabro, diabásio, basalto.	
Fraca (2)	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo, textura média/argilosa.	
Média (3)	Nitossolos, Aluvissolos, Neossolos, Terra Roxa, textura média/argilosa, desenvolvimento de arenitos finos em associação com argilitos.	
Forte (4)	Plintossolos, Cambissolos, textura média/arenosa,	
Muito Forte (5)	Neossolos litólicos e Neossolos Quartzarenicos, desenvolvimento de arenitos.	
Índices de Dissecação do Relevo		
Grau de Dissecação	Índice	Tipos de Morfologia
Muito Fraco (1)	11, 12, 13, 21, 22	Superfícies planas com declividades inferiores a 2%. Formas de topos planos com drenagem de fraco entalhamento. E declividades entre 2 e 5%.
Fraca (2)	14, 15, 23, 24, 25, 35	Formas de topos planos ou ligeiramente convexizados com canais de drenagem de fraco entalhamento. E declividades entre 5 a 10%.
Média (3)	32, 33, 34	Formas de topos convexos de pequena dimensão interfluvial e canais pouco entalhados e formas de topos convexos ou planos de dimensão interfluvial pouco maior e canais medianamente entalhados. E declividades entre 10 a 20%.
Forte (4)	31, 41, 42, 43, 44, 51, 52, 53	Formas com topos planos a convexos e amplos com canais de forte entalhamento ou formas de topos planos ou convexos de pequena dimensão interfluvial e médio entalhamento dos canais. E declividades entre 20% a 30%.
Muito Forte (5)	45, 54, 55	Formas de topos aguçados ou convexos de dimensões interfluviais de média a pequena e forte entalhamento dos canais. E declividades acima de 30%.
Classe de Fragilidade Quanto as Variações Pluviométricas		
Classes	Características Pluviométricas	
Muito Fraco (1)	Precipitação regular ao longo do ano, com volumes anuais não superiores a 1000 mm/ano	
Fraca (2)	Precipitação regular ao longo do ano, com volumes anuais não superiores a 2000 mm/ano	
Média (3)	Precipitação anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, no verão com intensidade pluviométrica de dezembro a março	
Forte (4)	Precipitação anual desigual com períodos secos entre 3 e 6 meses, com alta intensidade pluviométrica no verão entre novembro e abril quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas	
Muito Forte (5)	Precipitação anual regular, ou não, com grandes volumes ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, precipitações irregulares ao longo do ano, com períodos de alta intensidade e médias anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido)	

Fonte: Autor (org.), 2023, com base em Ross (inédito) *apud* Spörl (2007), Ross (2004; 2012) e Guimarães *et al.* (2017).

Após o geoprocessamento dos dados geoambientais, realizou-se a análise quantiqualitativa por meio do seu processamento no do *Software* Excel, como cálculo de áreas e sua distribuição dentro da área de estudo.

Ademais, conduziu-se uma visita de campo na região para elucidação dos fatos correntes, na qual contou-se com a orientação local do Sr. José Orge Alves Santana Filho (Zé Filho da 'Soara), visto que, de acordo com Graeff *et al.* (2019), o trabalho de campo oferece ao estudante/pesquisador uma oportunidade única de experimentar o conhecimento teórico na materialidade do espaço geográfico, uma vez que a relação teoria/prática é indissociável, a fim de entender a organização e a dinâmica do ambiente.

Resultados e discussão

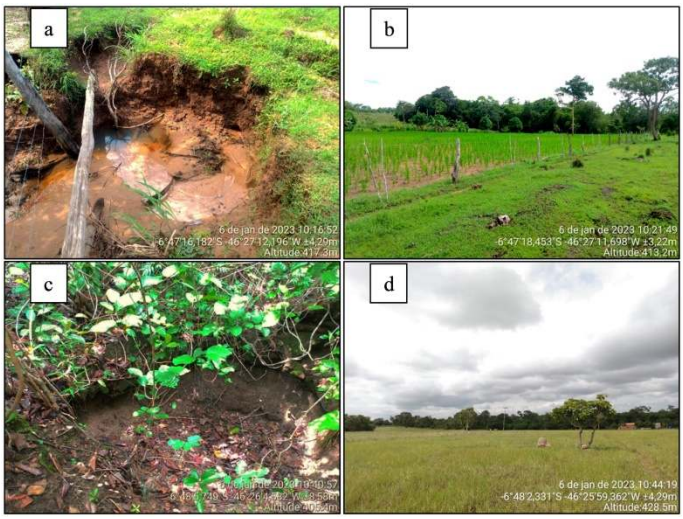
A degradação ambiental causada pela ação humana é visível na microbacia do rio Grajauzinho e, de forma triste, também nas suas cabeceiras, que deveriam estar preservadas.

Nas regiões das cabeceiras, foram identificadas duas nascentes. A primeira (Figura 2a, Figura 3) encontra-se obstruída e vulnerável ao assoreamento devido ao intenso pisoteio de gado, não possuindo área de preservação permanente – APP. Além disso, suas margens estão ocupadas por atividades agrícolas e pecuárias (Figura 2b, Figura 3).

A segunda (Figura 2c, Figura 3), por sua vez, extinguiu-se, não apresentando mais exsurgência. Parte da APP-N2 foi preservada

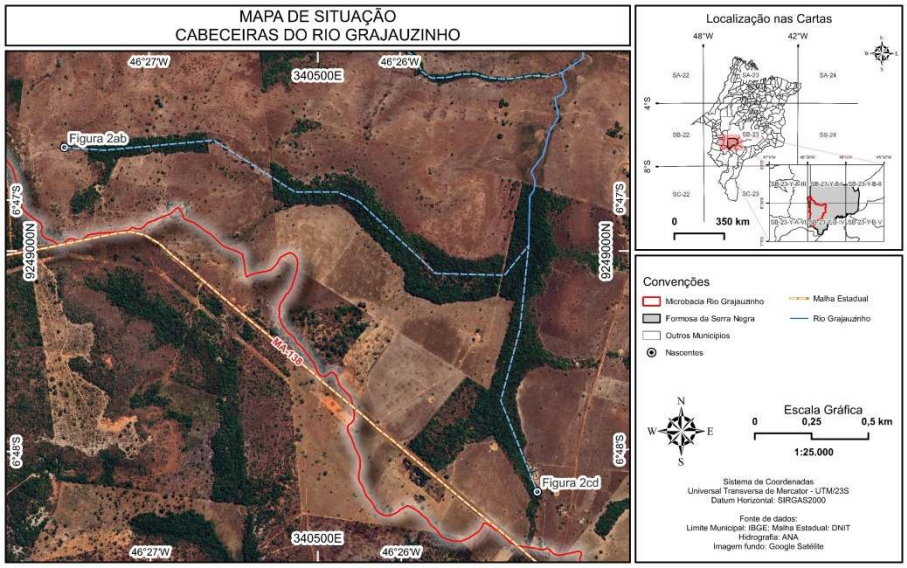
em faixas inferiores ao estabelecido pela legislação, e seus arredores são compostos por atividades pecuárias (Figura 2d, Figura 3).

Figura 2: Imagens da região das cabeceiras do rio Grajauzinho – MA



Fonte: Autor (2023). (a) Nascente (N1) aflorando em céu aberto, descoberta de vegetação, em meio a pastagem. (b) APP-N1 degradada, plantações de frutíferas e arroz as margens do leito d'água. (c) Nascente (N2) extinta. (d) APP-N2 preservada e isolada em faixas menores que a legislação, com pastagem aos seus redores.

Figura 3: Mapa de situação das cabeceiras do rio Grajauzinho – MA



Fonte: Autor (org.), 2023.

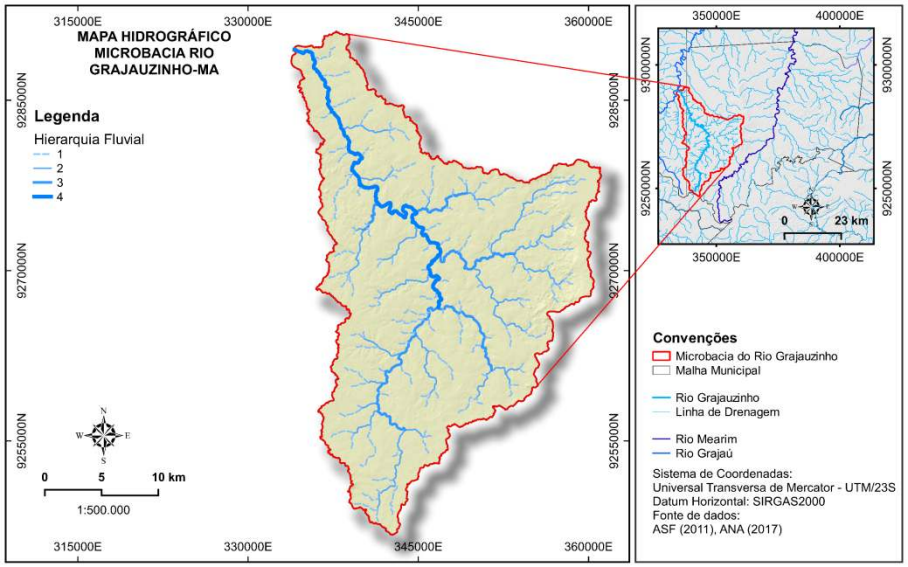
O crescimento da pecuária na região vem aumentando o assoreamento das nascentes e vertentes do rio. O descumprimento da legislação ambiental é algo comum, como evidenciado nas imagens. Nelas, percebe-se o desrespeito à lei, que determina o isolamento da área em um raio de 50 metros ao redor das nascentes e 30 metros ao longo do curso d'água.

As possíveis causas para os acontecimentos descritos acima podem estar relacionadas à falta de sensibilização ambiental, às irregularidades no uso do solo, à desproporção entre o uso pecuário e o uso agrícola, às práticas inadequadas de manejo do solo e à falta de fiscalização.

Quanto à caracterização geoambiental, apresentam-se adiante os mapas: Hidrográfico, Declividade e de Hipsometria, elaborados a partir de metodologias recomendadas e descritas.

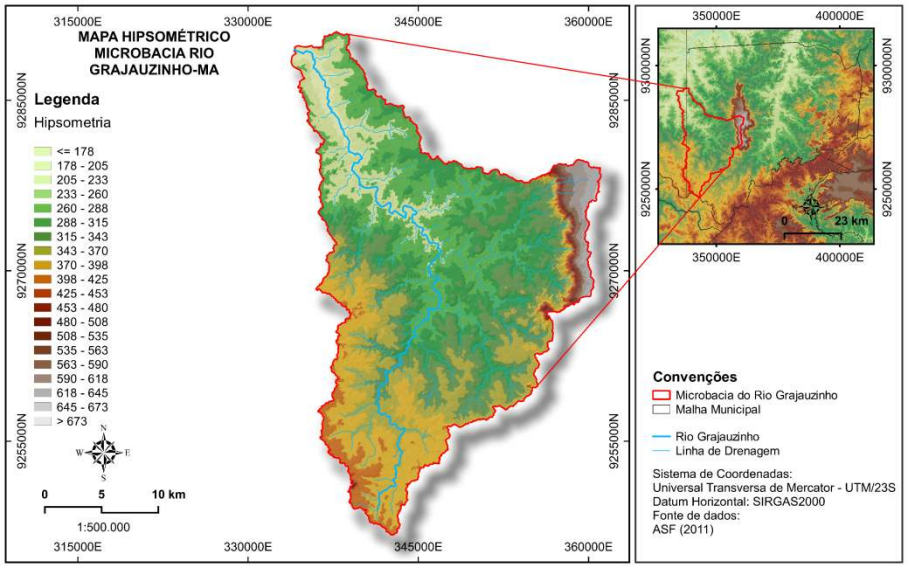
Quanto às características hidrográficas (Figura 4) e hipsométricas (Figura 5), o grau de ramificação da MHRG corresponde à ordem 4, tendo como afluentes principais os riachos Mutuca e do Jenipapo no alto curso e os riachos do Coco, do Mamão, Mosquito, São Luiz, Penedo e Santa Maria no médio curso. Do outro lado, o rio Grajauzinho se encontra no alto curso do rio Grajaú, e do rio Mearim com altitudes variando de 212m no exutório a 656m na Serra Negra.

Figura 4: Mapa hidrográfico da microbacia do rio Grajauzinho – MA



Fonte: Autor (org.), 2023.

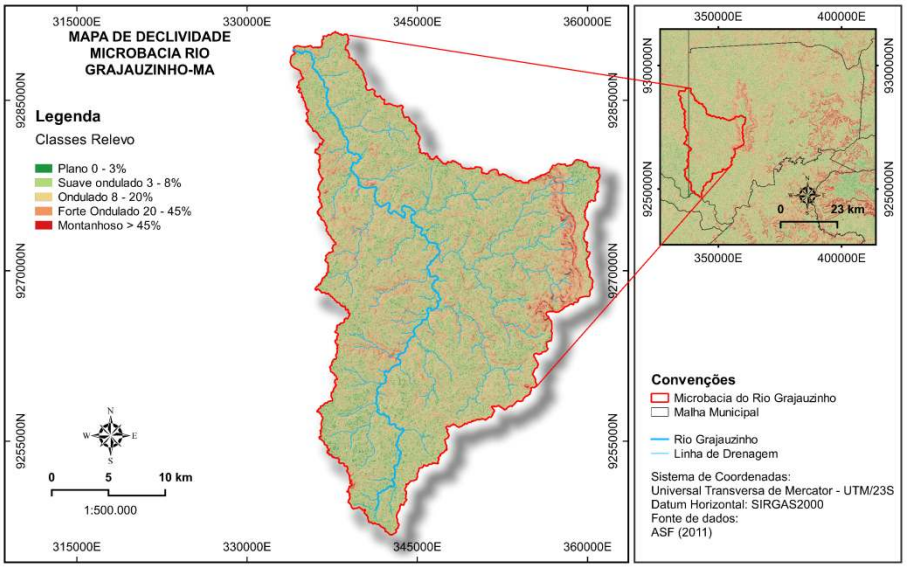
Figura 5: Mapa hipsométrico da microbacia do rio Grajauzinho – MA



Fonte: Autor (org.), 2023.

Quanto aos aspectos da declividade (Figura 6 e Tabela 1), nota-se que a MHRG é caracterizada como ondulada, com declives entre 8 e 20%, e suavemente ondulada com declive entre 3 e 8%, juntas representam 77,29% da área de estudo. Além disso, há classes com menor representatividade, sendo 13,26% da MHRG caracterizada como plana, com declive entre 0 e 3%, e 9,06% como fortemente ondulada, com declive entre 20 e 45%. Na região da Serra Negra, há declives nas faixas maiores que 45%, o que representa sua caracterização em apenas 0,49% da MHRG.

Figura 6: Mapa de declividade da microbacia do rio Grajauzinho – MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

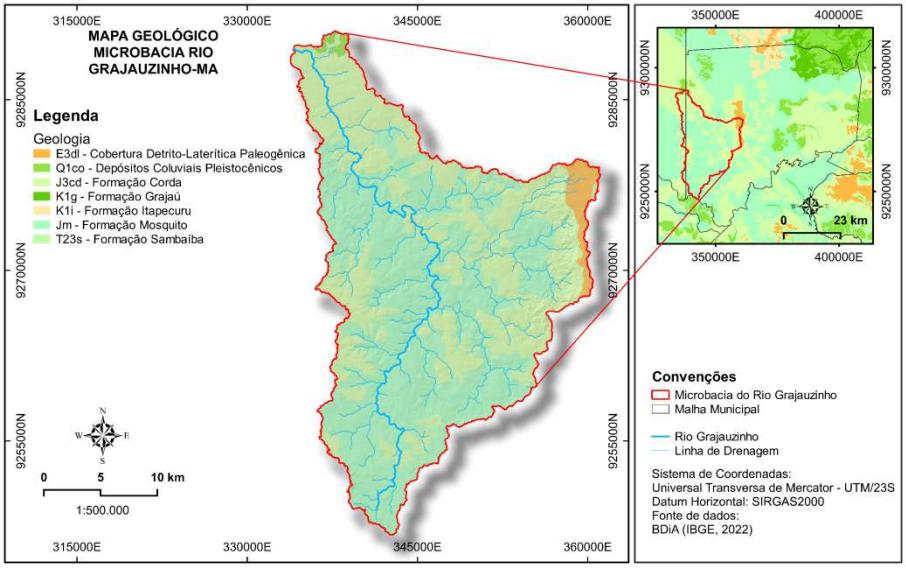
Tabela 1: Classe de declividade da microbacia do rio Grajauzinho – MA.

Classe		Área (Km²)	%
	Plano 0 - 3%	80,71	13,26
	Suave ondulado 3 a 8%	193,61	31,81
	Ondulado 8 a 20%	276,22	45,38
	Forte ondulado 20 a 45%	55,14	9,06
	Montanhoso > 45%	3,00	0,49
	Total	**608,68**	**100,00**

Fonte: Autor (org.), 2023.

Ainda, quanto aos aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos da MHRG, em termos geológicos, está inserida na porção sudoeste da província Parnaíba, representada pelas Formações Mosquito (FM) e Corda (FC) (Figura 7), datadas do período juro-triássico (Góes; Feijó, 1994; IBGE, 2022b), assim como estão inseridas, respectivamente, nas sub-províncias mosquito-sardinha e alpercatas. Há também a presença de Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica e Depósitos Coluviais Pleistocênicos do período cenozoico (IBGE, 2022b).

Figura 7: Mapa dos aspectos geológicos da microbacia do rio Grajauzinho – MA



Fonte: Autor (org.), 2023.

A Formação predominante é a Mosquito, correspondendo a 56,94% da microbacia (Tabela 2). Oliveira (2017) argumenta que esta Formação está associada às atividades magmáticas e sua derivação se originou do magmatismo ocorrido durante o desdobramento do supercontinente Pangeia e a abertura do Atlântico Central. Sua composição é principalmente de derrames basálticos com intercalações areníticas (inferior) e silexitos (superior), os basaltos são cinza escuros a esverdeados, resultando em colorações amareladas, avermelhadas ou acastanhadas (Góes, Feijó, 1994; Ballén, 2012; Garcia, 2015).

Tabela 2: Aspectos geológicos da microbacia do rio Grajauzinho – MA

Litologia		Área (Km²)	%
Jm	Formação Mosquito	346,58	56,94
J3cd	Formação Corda	243,26	39,97
E3dl	Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica	15,59	2,56
Q1co	Depósitos Coluviais Pleitocênicos	3,25	0,53
	Total	**608,68**	**100,00**

Fonte: Autor (org.), 2023.

A Formação Corda, presente em 39,97% da microbacia (Tabela 2), é uma formação sedimentar do Grupo Mearim constituída essencialmente por arenitos dos tipos quartzoarenitos, sublitoarenito e subarcósio, e composições menores de siltitos argilosos, argilitos e folhelhos. Apresentam aspectos cinza-arroxeados a róseo-avermelhados (Góes, Feijó, 1994; Lima, 2013; Garcia, 2015).

Dessa forma, Correia Filho *et al.* (2011) argumentam que a ocorrência do contato intercalado da Formação Corda com os basaltos da Formação Mosquito resulta em uma litologia representada por

arenitos grosseiros a conglomerados, arroxeados a marrons-avermelhados.

A Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica, presente em 2,56% da microbacia (Tabela 2), é composta por formações concrecionárias paleogênicas que ocorrem principalmente nas superfícies tabulares. Sua composição predominante é de arenito caulínico, argila, bauxita, caulim e laterito ferruginoso (IBGE, 2011). Com abrangência de 0,53% da microbacia (Tabela 2), os Depósitos Coluviais Pleistocênicos consistem em areias e, predominantemente, cascalhos (Sarges; Nogueira; Riccomini, 2009; IBGE, 2022b). Lima (2013) destaca sua localização expressiva no alto curso do rio Grajau, logo, que evidentemente se situa na MHRG.

O relevo predominante na região são as formas com topos convexos (39,9%) (Tabela 3), que, conforme Nascimento e Souza (2013), têm uma característica marcante na morfologia devido à amplitude baixa, característica das colinas suaves e contínuas. Com 31,3% da região, está presente a forma pediplano retocado inumado (Tabela 3). Esta forma de relevo é caracterizada por uma sucessão de cumes e vales um tanto irregulares, com uma ligeira inclinação na direção da encosta, ocorrendo eventualmente em chapadas e nos topos de planaltos (IBGE, 2011).

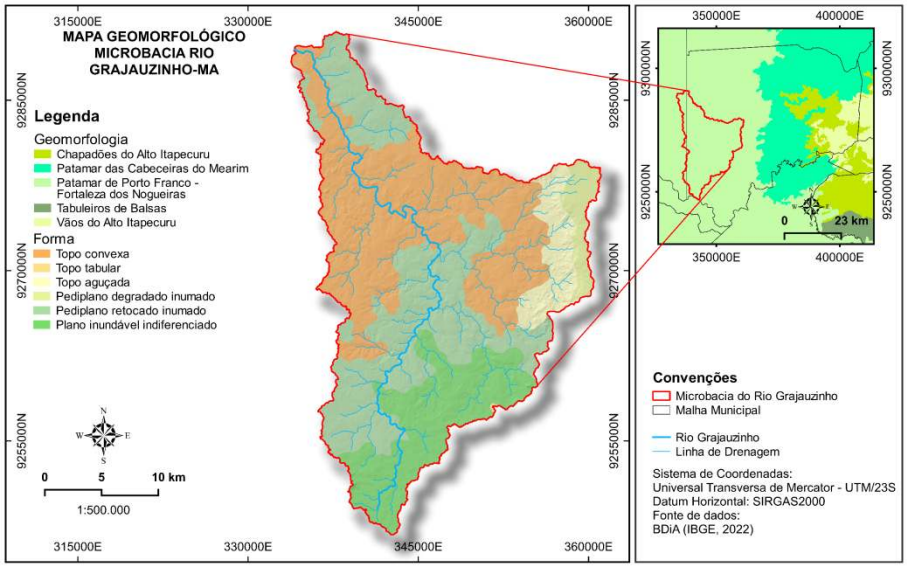
Tabela 3: Aspectos geomorfológicos da microbacia do rio Grajauzinho – MA

Forma Relevo	Área (Km²)	%
Topo convexo	242,62	39,86
Pediplano retocado inumado	190,70	31,33
Plano inundável indiferenciado	110,96	18,23
Topo aguçado	38,59	6,34
Pediplano degradado inumado	25,44	4,18
Topo tabular	0,37	0,06
Total	**608,68**	**100,00**

Fonte: Autor (org.), 2023.

Observa-se que a geomorfologia da região da MHRG apresenta relevo do domínio do Patamar de Porto Franco/Fortaleza dos Nogueiras (Figura 8), região das chapadas e patamar das cabeceiras dos rios Grajaú e Balsas (IBGE, 2022b). Conforme Silva e Barreto (2014), estes patamares possuem superfícies aplainadas (pediplano) e topos tabulares com elevado grau de dissecação. Lima (2013) argumenta que os planaltos dissecados presentes na bacia do rio Grajaú se originaram da ação erosiva sobre a cobertura detrito-laterítica.

Figura 8: Mapa dos aspectos geomorfológicos da microbacia do rio Grajauzinho – MA

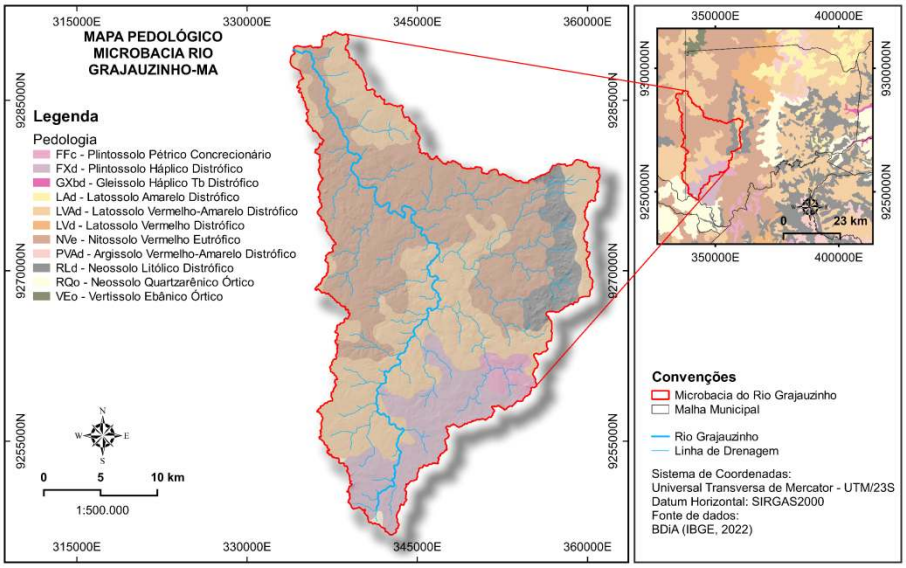


Fonte: Autor (org.), 2023.

Quanto aos aspectos pedológicos da MHRG, o solo predominante na região é o Nitossolo Vermelho Eutrófico (Figura 9), representando 41,36% da área da microbacia (Tabela 4), enquanto

36,60% é composto por Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Em proporções menores, há presença de Plintossolo Háplico Distrófico (13,70%), Neossolo Litólico Distrófico (5,90%), Plintossolo Pétrico Concrecionário (2,24%) e Neossolo Quartzarênico Órtico (0,20%).

Figura 9: Mapa dos aspectos pedológicos da microbacia do rio Grajauzinho – MA.



Fonte: Autor (org.), 2023.

Tabela 4: Aspectos pedológicos da microbacia do rio Grajauzinho – MA

Classe de Solos		Área (Km²)	%
Nve	Nitossolo Vermelho Eutrófico	251,75	41,36
LVAd	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	222,78	36,60
FXd	Plintossolo Háplico Distrófico	83,39	13,70
RLd	Neossolo Litólico Distrófico	35,91	5,90
FFc	Plintossolo Pétrico Concrecionário	13,63	2,24
Rqo	Neossolo Quartzarênico Órtico	1,22	0,20
	Total	**608,68**	**100,00**

Fonte: Autor (org.), 2023.

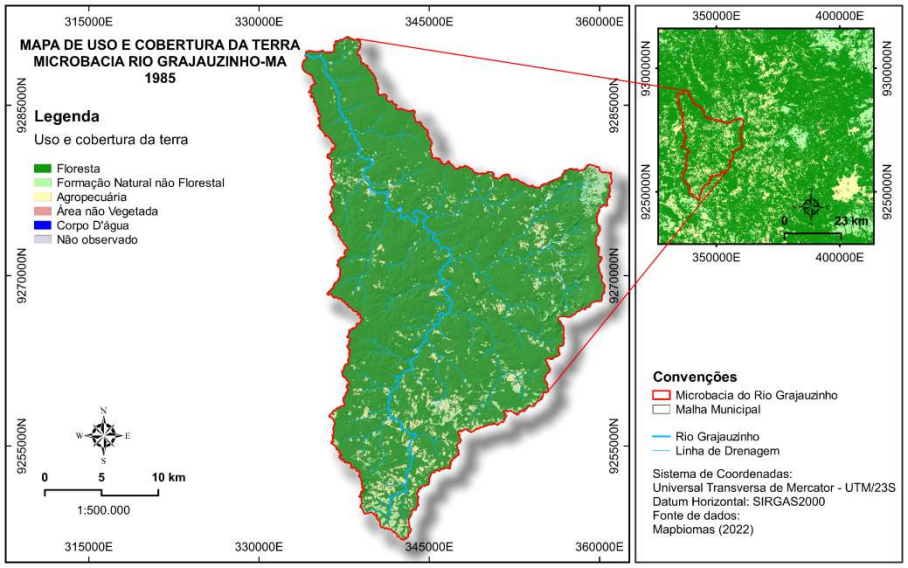
Os Nitossolos Vermelhos Eutróficos, associados à denominação de Terra Roxa, são solos de alta fertilidade derivados de rochas ígneas, como o basalto. Devido à sua ocorrência em relevos

ondulados a fortemente ondulados, estes solos apresentam suscetibilidade à erosão. São caracterizados por serem profundos, ricos em matéria orgânica e nutrientes, com boa drenagem e permeabilidade, tornando-os importantes para a agropecuária brasileira (Santos; Zaroni; Almeida, 2021) e Santos; Zaroni (2021).

Nos estudos de Lima (2013), verifica-se a agregação do relevo suavemente ondulado (topo convexo) com os solos de terra roxa e que neste estudo verificou-se nos mapas expostos (Figuras 8 e 9). Estes fatores (relevo e fertilidade), possivelmente, estão relacionados com a expansão do agronegócio no Estado do Maranhão, especialmente no município de Grajaú.

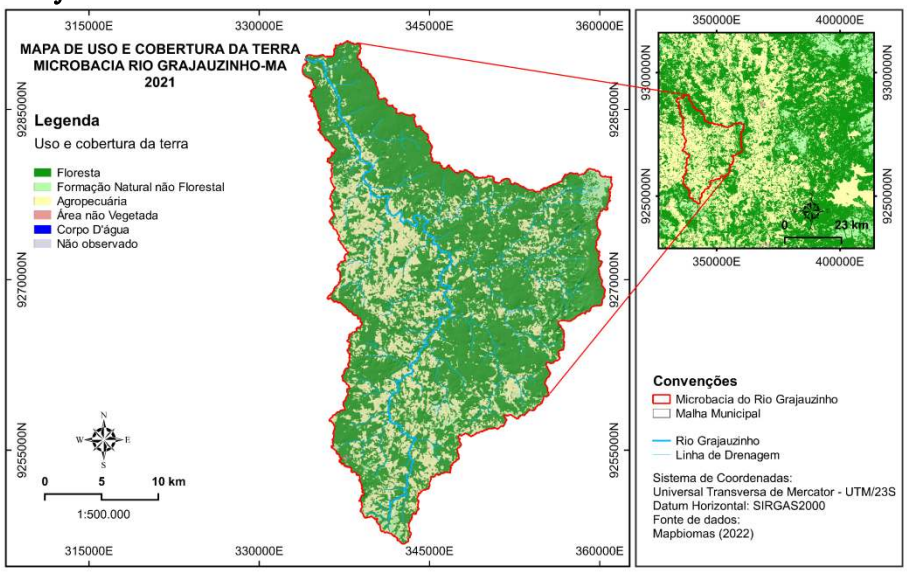
Quanto ao uso e cobertura da terra na MHRG, vale ressaltar a importância de comparar o resultado deste item em uma linha temporal, para que possamos ver a evolução espaço-temporal da ação antrópica na região da MHRG. Deste modo, na sequência, apresentam-se os mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 1985 (Figura 10) e 2021 (Figura 11), com base no Projeto MapBiomas (2022).

Figura 10: Uso e cobertura da terra (1985) da microbacia do rio Grajauzinho – MA



Fonte: Autor (org.), 2023.

Figura 11: Uso e cobertura da terra (2021) da microbacia do rio Grajauzinho – MA



Fonte: Autor (org.), 2023.

A vegetação predominante é a floresta, com 71,65% da área, com tipos de vegetação com predomínio de espécies arbóreas, com

formação de dossel contínuo (Mata Ciliar, Mata de Galeria), assim como formações savânicas com estratos arbóreo e arbustivo-herbáceos definidos (Cerrado denso, Cerrado típico e Cerrado ralo). Com 3,04%, predominante na Serra Negra, estão presentes as formações campestres com predominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) e algumas áreas de formações savânicas como o Cerrado rupestre. E com 25,27% da área está presente atividades da agropecuária, com predominância de pastagem para criação de gado.

Assim, conforme a Tabela 5, pode-se observar que, em um período de 37 anos, a ação antrópica na MHRG cresceu mais de 340%. Essa expansão, que corresponde a 3,21 km², cerca de 428 campos de futebol de área desmatada anualmente para agropecuária, é alarmante, especialmente quando comparada ao crescimento do setor em todo o território nacional, que foi apenas 147% no mesmo período (Girardi, 2022).

Além disso, a perda de vegetação nativa na MHRG foi de 21,45% no período, é significativamente maior do que a média nacional observada por Girardi (2022), cerca de 13,1%. Esses números demonstram a pressão desproporcional sobre a biodiversidade local, evidenciando a necessidade urgente de políticas e ações que visem a proteção e a conservação desse importante ecossistema.

Tabela 5: Uso e cobertura da terra na microbacia do rio Grajauzinho – MA

Classe		1985		2021	
		Área (Km²)	%	Área (Km²)	%
	Floresta	555,23	91,22	436,12	71,65
	Formação Natural não Florestal	18,56	3,05	18,5	3,04
	Agropecuária	34,88	5,73	153,81	25,27
	Área não vegetada	-	-	0,25	0,04
	Corpo D'Água	0,01	-	-	-
	Não observado	-	-	-	-
	Total	608,68	100,00	608,68	100,00

Fonte: Autor (org.), 2023.

Quanto aos aspectos climáticos, a região está englobada na transição do clima semiárido para o úmido equatorial, no qual o estado do Maranhão, especificamente nessa região, apresenta diferentes variações climáticas e pluviométricas. O município de Formosa da Serra Negra, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima tropical (AW') subúmido seco, no qual se observam duas estações bem definidas: verão e inverno (Correia Filho *et al.*, 2011).

Devido à insuficiência de estações pluviométricas para determinar a precipitação na microbacia do rio Grajauzinho, justifica-se a utilização da estação 00646005 disponibilizada pela plataforma HidroWeb (ANA, 2022) (Tabela 6), cuja localização está a uma distância considerável da microbacia.

Tabela 6: Dados da estação pluviométrica 00646005

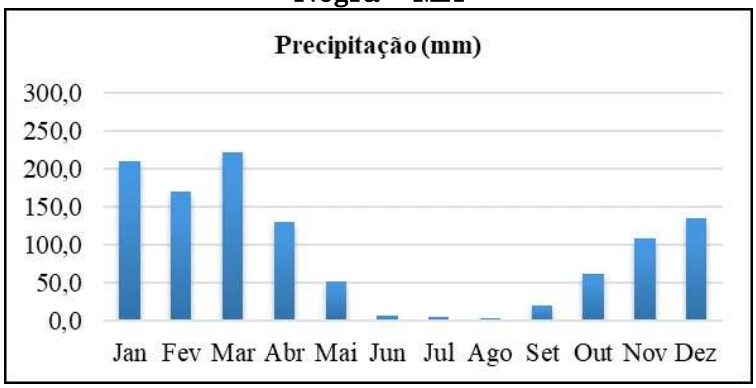
Bacia:	Atlântico, Trecho Norte/Nordeste
Unidade da Federação:	MA
Município:	Fortaleza dos Nogueiras / Formosa da Serra Negra
Responsável:	ANA
Operadora:	CPRM
Tipo:	Pluviométrica
Código:	646005
Nome:	Fazenda São Vicente
Latitude:	6°49'12" S
Longitude:	46°19'48" W
Início (Pluviômetro):	30/4/1984

Fonte: Autor (org.), 2023.

Assim, com as médias de precipitação da estação 00646005, verificou-se que o inverno é marcado pela estiagem no período entre maio e outubro, com média de precipitação entre 4 e 62 mm (Gráfico 2) sendo o menor índice de chuva registrado no mês de agosto.

O verão é marcado pelo período chuvoso entre novembro e abril, com média de precipitação entre 107 e 221 mm, sendo o mês de março o que apresenta os maiores índices de precipitação do ano. A precipitação média anual registra 1125 mm de chuva. Estes dados são referentes ao período de 1984 a 2021.

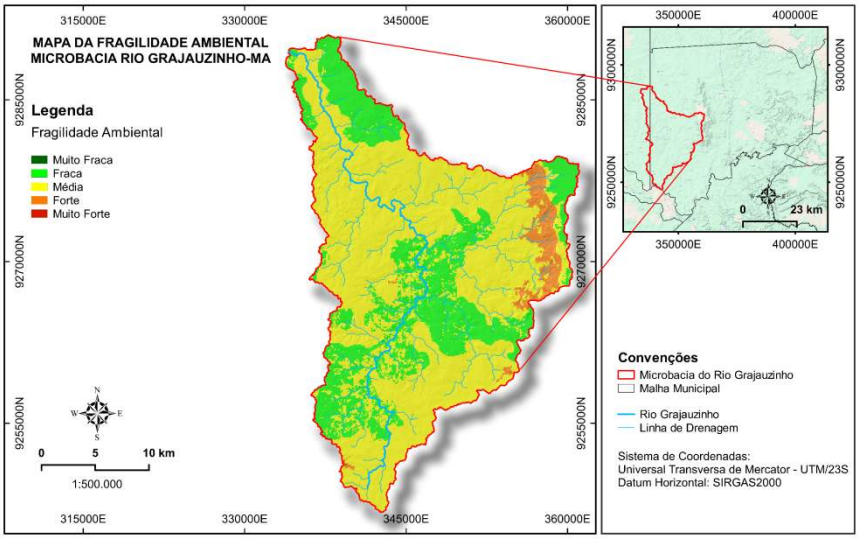
Gráfico 2: Precipitação média no município de Formosa da Serra Negra – MA



Fonte: Autor (org.), a partir de ANA (2022).

Após a caracterização geoambiental da MHRG, foi possível elaborar o mapa temático de fragilidade ambiental (Figura 12). O resultado foi obtido pela média aritmética dos produtos raster após a ponderação de cada sistema geoambiental, conforme as proposições metodológicas.

Figura 12: Mapa da fragilidade ambiental da microbacia do rio Grajauzinho – MA



Fonte: Autor (org.), 2023.

Desse modo, verifica-se uma distribuição preocupante da fragilidade ambiental na microbacia, cerca de 67,62% apresenta níveis médios (Tabela 7). Um dado preocupante, no qual indica um potencial para processos erosivos, especialmente durante os períodos de chuvas intensas. E ainda, cerca 3,94% apresenta fragilidade forte, concentrada em uma área especifica, nas encostas da Serra Negra. Essa constatação aponta a necessidade urgente de uma abordagem mais integrada e proativa alinhada com a preservação e gestão ambiental desses locais.

Tabela 7: Fragilidade ambiental na microbacia do rio Grajauzinho – MA

Classe Fragilidade	Área (km²)	%
Muito Fraca	0,00	-
Fraca	173,10	28,44
Média	411,61	67,62
Forte	23,97	3,94
Muito Forte	0,00	-
Total	**608,68**	**100,00%**

Fonte: Autor (org.), 2023.

Considerações finais

Este estudo possibilitou compreender que a caracterização geoambiental envolve, sobretudo, a compreensão dos componentes naturais e antropogênicos, permitindo identificar e mitigar possíveis impactos ambientais relacionados aos sistemas geoambientais. Esta caracterização também permite o desenvolvimento de estratégias eficazes para o uso sustentável da terra, a preservação dos ecossistemas e a conservação dos recursos naturais.

Afinal, a caracterização geoambiental é de extrema importância para a compreensão do meio ambiente e para a tomada

de decisões relacionadas à exploração dos recursos naturais. Através dela, é possível identificar as áreas de maior vulnerabilidade aos impactos antrópicos, bem como as áreas com maior potencial para a preservação dos recursos naturais.

Desse modo, verificou-se que a disposição de terras férteis, aliada a um relevo suave a ondulado, favoreceu o crescimento das atividades pecuárias na microbacia hidrográfica do rio Grajauzinho, o que resultou na degradação ambiental das vertentes e, sobretudo, das nascentes. Concordantemente, este avanço ocorre em toda a extensão dos rios Grajaú e Mearim.

Verificou-se, ainda, que as áreas com fragilidade ambiental média são resultantes da associação das formas de relevo, como topo convexo com solos Nitossolos Vermelhos (Terra Roxa), e pediplano imudável com os solos Plintossolos. Essa influência mútua pode resultar em áreas mais suscetíveis a erosões pluviais. Já os Latossolos Vermelhos, associados aos relevos com colinas suaves e contínuas, resultam em áreas com fragilidade fraca, ou seja, menos suscetíveis a erosões.

Percebe-se na região da microbacia hidrográfica do Rio Grajauzinho o avanço indiscriminado das atividades pecuárias, demostrando a importância e urgência da elaboração de planos que possam mitigar tais impactos ambientais, cabendo ao poder público a mobilização e diligência das normas ambientais, com foco na regularidade ambiental.

Devido aos dados alarmantes do crescimento agropecuário na região, recomenda-se, urgentemente, o desenvolvimento de um plano de ações voltadas para a gestão, educação e regularização ambiental, sobretudo a recuperação das áreas de preservação

permanente. Além disso, é fundamental a criação de um comitê de bacia hidrográfica, para que a conservação e preservação da biodiversidade local sejam prioridades nas comunidades utilizadoras desse ecossistema.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb:** sistemas de informações hidrológicas. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/. Acesso em: 18 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Catálogo de metadados**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home. Acesso em: 22 set. 2022.

ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF). **Alos Palsar**. Disponível em: https://search.asf.alaska.edu/#/. Acesso: 20 set. 2022.

BALLÉN, Óscar Arturo Romero. **Sucessões sedimentares das formações Mosquito e Corda, exemplos de sistemas eólicos úmidos, Província Parnaíba**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

BATISTA, Claudia Cristina de Freitas; DIAS, Cristiane. O uso do geoprocessamento para análise ambiental do município de Santa Cruz de Goiás. **Revista Mediação**, [S. l.], v. 7, n. 7, 2013. Disponível em: https://www.praxia.ueg.br/index.php/mediacao/article/view/620. Acesso em: 17 set. 2022.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1997/lei-9433-8-janeiro-1997-374778norma-pl.html. Acesso em: 23 set. 2022.

BRUNO, Leandro Obadowiski. GRASS: A free and open source solution for hydrographic body analysis. **Nativa**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 24-30, 2017. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3761. Acesso em: 09 fev. 2023.

CAMPOS, Sérgio *et al.* Geoprocessamento aplicado no diagnóstico dos conflitos de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente no ribeirão das agulhas – Botucatu (SP). InterEspaço: **Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, [S. l.], v. 2, n. 6, p. 163–175, 2017. DOI: 10.18764/2446-6549/interespaco.v2n6p163-175. Disponível em: https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/6487. Acesso em: 19 set. 2022.

CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 36, p. 26–43, 2014. Disponível em: https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3172. Acesso em: 21 set. 2022.

CREPANI, Edison *et al.* Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, [S. l.], v. 8, p. 129-135, 1996. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.04.10.54/doc/T206.pdf. Acesso em: 16 set. 2022.

CREPANI, Edison *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: Inpe, 2001. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf. Acesso em: 14 set. 2022.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Geomorfologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2001.

CORREIA FILHO, Francisco Lages; GOMES, Érico Rodrigues; NUNES, Ossian Otávio; LOPES FILHO, José Barbosa. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Estado do Maranhão:** relatório diagnóstico do município de Formosa

da Serra Negra. Teresina: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2011. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15452. Acesso 20 out. 2022.

DALLA CORTE, Ana Paula *et al*. **Explorando o QGIS 3.X**. [Livro Eletrônico], Curitiba: Ed. dos Autores, 2020. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3297867. Acesso em: 22 jan. 2022.

GAMA, L.H.O.M.; PAIVA, P.F.P.R.; SILVA JUNIOR, O.M. da; RUIVO, M. de L. P. Environmental modeling and use of artificial intelligence for prognosis of deforestation: the case of Rebio do Gurupi-MA. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. e13810211609, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.11609. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11609. Acesso em: 12 set. 2022.

GARCIA, Felipe Rudá de Magalhães. **Petrografia e aspectos diagenéticos dos arenitos da formação Corda e da formação Mosquito, jurássico-cretáceo da bacia do Parnaíba, região de Montes Altos (MA)**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia). Universidade Federal do Pará, Belém, 2015. Disponível em: https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/1764. Acesso em: 30 jan. 2023.

GIRARDI, Giovana. Um terço de todo o desmatamento do Brasil desde 1500 ocorreu nos últimos 37 anos. **Folha de São Paulo Online**. São Paulo, 2022. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/08/um-terco-de-todo-o-desmatamento-do-brasil-desde-1500-ocorreu-nos-ultimos-37-anos.shtml. Acesso em: 07 fev. 2023.

GOES, A.M.O., FEIJO, F.J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, 8(1): 57-67, 1994. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/375716201/Bacia-Do-Parnaiba-Goes-Boletim-de-Geociencias-Petrobras. Acesso em: 29 jan. 2023.

GRAEFF, Ademar; DE FARIA, Maria Eduarda Andrade; BOETTCHER, Neimar. O trabalho de campo na formação do geógrafo: reflexões a partir do uso do levantamento integrado de

variáveis (Lago Llanquihue, Região dos Lagos, Sul do Chile). **Anais do 14° Encontro Nacional de Prática de Ensino de Geografia:** políticas, linguagens e trajetórias, p. 3406-3416, 2019. Disponível em: https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/anais14enpeg/article/view/3165. Acesso em: 22 mar. 2023.

GUIMARÃES, F.S.; CORDEIRO, C.M.; BUENO, G.T.; CARVALHO, V.L.M.; NERO, M.A. Uma proposta para automatização do índice de dissecação do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 18, n. 1, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i1.1163. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1163. Acesso em: 24 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Banco de Informações Ambientais (BDiA)**, v. 2.18.2, Plataforma Web, 2022b. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/. Acesso em ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades:** Formosa da Serra Negra. IBGE, 2022a. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/formosa-da-serra-negra/panorama. Acesso 20 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso e Cobertura da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa Geomorfológico do Maranhão**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/unidades_da_federacao/ma_geomorfologia.pdf. Acesso 07 jan. 2023.

LEANDRO, L.A.; NEFFA, E.M.; NEFFA, K. A questão ambiental: desafios políticos, econômicos e ideológicos na perspectiva brasileira. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 14, n. 33, p. 6–40, 2015. DOI: 10.21527/2237-6453.2016.33.6-40. Disponível em: https://revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/3989. Acesso em: 10 set. 2022.

LIMA, Ernane Cortez; SILVA, Edson Vicente da. Estudos geossistêmicos aplicados à bacias hidrográficas. **Revista Equador**,

[S. l.], v. 4, n. 4, p. 03-20, 2015. Disponível em: https://comunicata.ufpi.br/index.php/equador/article/view/4367/2610. Acesso em: 09 fev. 2023.

MILHOMEM, Hélida Karla Cruz. **Análise da dinâmica do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Mearim**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2021. Disponível em: Chttps://monografias.ufma.br/jspui/handle/123456789/5429. Acesso 10 fev. 2023.

NASCIMENTO, M.D.; MOURA, N.S.V.; SOUZA, B.S.P. Utilização do mapa geomorfológico no processo ensino-aprendizagem: um estudo de caso. **Revista Geonorte**, [S. l.], v. 5, n. 22, p. 160-165, 2014. Disponível em: https://comunicata.ufpi.br/index.php/equador/article/view/4367/2610. Acesso em: 09 fev. 2023.

OLIVEIRA, Alisson Lopes. **Geologia e petrologia dos basaltos das formações Mosquito e Sardinha, Bacia do Parnaíba**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/24176. Acesso em: 27 jan. 2023.

ORTIZ, Jonas Luís; FREITAS, Maria Isabel Castreghini de. Análise da transformação do uso da terra, vegetação e impactos ambientais por meio de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Geosciences= Geociências**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 77-89, 2005. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/185. Acesso em: 18 set. 2022.

PEREIRA, Patrícia Barbosa; NUNES, Hikaro Kayo de Brito; ARAÚJO, Francisco de Assis da Silva. Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/Maranhão/Brasil. **Revista Brasileira Geografia Física**, [S. l.], v. 14, p. 1415-28, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/244598/38834. Acesso em: 20 set. 2022.

PROJETO MAPBIOMAS – **Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/. Acesso em 20 dez. 2022.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2012.

SANTOS, Fernanda Barboza dos; NASCIMENTO, Fabricio Holanda do; LEMES, Vinicius Lima. Evolução têmporo-espacial da mancha urbana com o uso de geotecnologias: estudo de caso do município de Viana, (ES). In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA**, 16, 2019, Vitoria, ES. Anais do XVI SIMPURB, v. 1, p. 3719-3737, nov. 2019. Disponível em: https://www.periodicos.ufes.br/simpurb2019/article/view/26719. Acesso em: 15 set. 2022.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José; ALMEIDA, Eliane de Paula Clemente. **Nitossolos vermelhos.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos. Brasília, 09 dez 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/nitossolos/nitossolos-vermelhos. Acesso em: 30 jan 2023.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José; ALMEIDA. **Nitossolos.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos. Brasília, 09 dez 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/nitossolos. Acesso em: 30 jan. 2023.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental:** teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SARGES, Roseane Ribeiro; NOGUEIRA, Afonso César Rodrigues; RICCOMINI, Claudio. Sedimentação coluvial pleistocênica na região de Presidente Figueiredo, nordeste do estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Geociências**, [S. l.], v. 39, n. 2, 2009. Disponível em: https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7668. Acesso em: 24 jan. 2023

SILVA, J.P.; BARRETO, H.N. Mapeamento dos índices de geodiversidade da Amazônia Legal maranhense. **Revista Geonorte**, [S. l.], v. 5, n. 18, p. 55-60, 2014. https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1440. Acesso 08 jan. 2023.

SOUSA, Francisco Wellington de Araújo; LIMA, Iracilde Maria Moura Fé. Diagnóstico socioambiental da porção oeste da bacia hidrográfica do Rio Guaribas, Piauí. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, [S. l.], v. 2, n. 2, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufpi.br/index.php/acipi/article/view/910. Acesso em: 13 set. 2022.

SOUZA JR, Carlos M. *et al*. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735. Acesso: 09 fev. 2023.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais artificiais**. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-10102007-145640/pt-br.php. Acesso em: 27 mar. 2023.

TEIXEIRA, Ariel Cezar; RIZZATTI, Maurício. Geotechnologies for the assessment of environmental conflicts in the Vacacaí-Mirim river sub-basin. **Ciência e Natura**, [S. l.], v. 44, p. e8, 2022. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/66982. Acesso em: 11 sep. 2022.

TRINDADE, Andreza Barbosa *et al.* A conservação da água como um valor para educação ambiental no ensino de geografia. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 11, n. 3, p.22-28, jun. 2016. Disponível em: https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/issue/view/57. Acesso em: 10 set. 2022.

Submetido em: 13 de março de 2024

Devolvido para revisão em: 02 de maio de 2024

Aprovado em: 12 de maio de 2024

DOI: https://doi.org/10.62516/terra_livre.2023.3348

COMO CITAR

REIS, G. S. C. R., SILVA, E. F. Caracterização geoambiental da microbacia hidrográfica do rio Grajauzinho, Maranhão, Brasil. **Terra Livre**, São Paulo, ano 38, v.2, n. 61, jul.-dez. 2023, p. 482-519. Disponível em: https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/3348. Acesso em: dd/mm/aaaa.