

PKS PUBLIC KNOWLEDGE PROJECT	REVISTA DE GEOGRAFIA Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia	OJS OPEN JOURNAL SYSTEMS
--	--	--

ÍNDICE DE PERTURBAÇÕES AMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO, MARANHÃO

Thayrlan Silva Souza¹, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5955-7044>
Luiz Carlos Araújo dos Santos², Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5713-0269>
Rafael Brugnolli Medeiros³, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0419-655X>
Giselle Chrystina do Vale Martins⁴, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9266-6835>

¹ Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil*

² Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil**

³ Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil***

⁴ Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil****

Artigo recebido em 08/12/2022 e aceito em 26/03/2024

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo obter o índice de perturbações que causam impactos ambientais significativos na bacia hidrográfica do Rio Preto (BHRP), localizada na região Leste do estado do Maranhão, contando com aproximadamente 5235,63 km² de extensão e quatorze municípios. Nessa área, serão discutidos os impactos das queimadas, do cultivo de soja e utilização de agrotóxicos, do cultivo de eucalipto, da produção de carvão vegetal, da extração de minérios, do descarte irregular de lixo, do uso e ocupação indevidos em áreas de preservação permanente, da pastagem e da piscicultura. A BHRP, de modo geral, foi classificada com grandes perturbações, sendo evidentes as queimadas, cultivo de soja, cultivo de eucalipto e uso indevido de áreas de APPs. Concluiu-se que as perturbações ambientais provocadas por queimadas, pelo descarte irregular de resíduos sólidos e outros fatores degradantes diretos, influenciam no sistema ambiental e trazem a possibilidade de adotar-se novos indicadores, como o uso de agrotóxicos para as produções agrícolas. Algo preocupante e que, em certa medida, atinge a BHRP.

Palavras-chave: impactos ambientais, perturbações, bacia hidrográfica, Rio Preto.

* Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: thayrlansilvageo@gmail.com

** Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Professor Adjunto IV do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: luizcarlos.cecenuema@gmail.com

*** Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados, Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Humanas e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados. E-mail: rafael_bmedeiros@hotmail.com

**** Mestranda em Geografia pela Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: gisellemartins.geo@gmail.com

ENVIRONMENTAL PERTURBATIONS INDEX IN THE PRETO RIVER WATERSHED, MARANHÃO

ABSTRACT

The present work aims to obtain the index of disturbances that cause significant environmental impacts in the Rio Preto hydrographic basin (RPHB), located in the eastern region of the state of Maranhão, with approximately 5235.63 km in length and fourteen municipalities. In this area, the impacts of burning, soy cultivation and use of pesticides, eucalyptus cultivation, charcoal production, mineral extraction, irregular waste disposal, improper use and occupation in permanent preservation areas, grazing and fish farming will be discussed. The BHRP, in general, was classified with major disturbances, being evident the burning, soybean cultivation, eucalyptus cultivation and misuse of APP areas. It was concluded that the environmental disturbances caused by burning, irregular disposal of solid waste, and other direct degrading factors, influence the environmental system and bring the possibility of adopting new indicators, such as the use of pesticides for agricultural productions. Something worrisome and that, to some extent, reaches the BHRP.

Keywords: Environmental impacts, Perturbations, Watershed, Preto River.

ÍNDICE DE DISTURBIOS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RÍO PRETO, MARANHÃO

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo obtener el índice de perturbaciones que causan impactos ambientales significativos en la cuenca hidrográfica de Río Preto (CHRP), ubicada en la región oriental del estado de Maranhão, con aproximadamente 5235,63 km² de longitud y catorce municipios. En esta área se discutirán los impactos de los incendios, cultivo de soja y uso de pesticidas, cultivo de eucalipto, producción de carbón vegetal, extracción de minerales, disposición irregular de desechos, uso indebido y ocupación de áreas de preservación permanente, pastos y piscicultura. El PRHB, en general, fue catalogado como de disturbios mayores, siendo evidentes incendios, cultivo de soja, cultivo de eucalipto y mal uso de las áreas del APP. Se concluyó que las perturbaciones ambientales causadas por incendios, la disposición irregular de residuos sólidos y otros factores degradantes directos, influyen en el sistema ambiental y traen la posibilidad de adoptar nuevos indicadores, como el uso de pesticidas para la producción agrícola. Algo preocupante y que, en cierta medida, afecta a BHRP.

Palabras clave: Impactos ambientales, Perturbaciones, Cuenca Hidrográfica, rio Preto.

1. INTRODUÇÃO

No decorrer de recortes temporais sobre as análises relacionadas ao ambiente, surgiram diversos termos destinados a retratar implicações positivas ou negativas no meio. Rotineiramente, essas análises levam em consideração a relação entre parâmetros antrópicos e naturais envolvidos em tais efeitos. Entre esses termos, destacam-se as perturbações, que, aliadas à terminologia dos impactos ambientais, buscam demonstrar, por meio de índices e pesos atribuídos, os graus de perturbações ao equilíbrio do sistema ambiental. Neste trabalho, adotamos o recorte espacial da bacia hidrográfica para investigar essas questões.

A bacia hidrográfica é um ambiente onde a variedade abiótica encontra-se em grande quantidade, seja no contexto geológico, geomorfológico, hídrico e/ou climático. Nesse sentido, esses aspectos influenciarão em consequentes diagnósticos positivos ou negativos sobre a bacia, seja relacionado à própria degradação geoambiental ou à má gestão dos recursos proporcionados pela mesma. Tucci (1993) trata a bacia como um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo seu exutório, levando em consideração: as perdas intermediárias, os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente. Isso de forma natural, e na medida em que se altera um dos elementos desse ciclo, como o uso e ocupação da terra, altera-se todo o equilíbrio do sistema.

Assim, a melhor forma de entender as perturbações ambientais é por meio da utilização de índices e pesos pré-estabelecidos para os componentes estudados. Nesse contexto, o Índice de Perturbações Ambientais (IPA) corresponde a uma proposta metodológica baseada no estudo de Silva e Moraes (2016), que se fundamenta no Karst Disturbance Index (doravante, KDI) de Van Beynen e Townsend (2005). A aplicação desse índice visa compreender os elementos, geralmente antrópicos, que compõem uma determinada área e avaliar seus impactos sobre o equilíbrio do sistema ambiental.

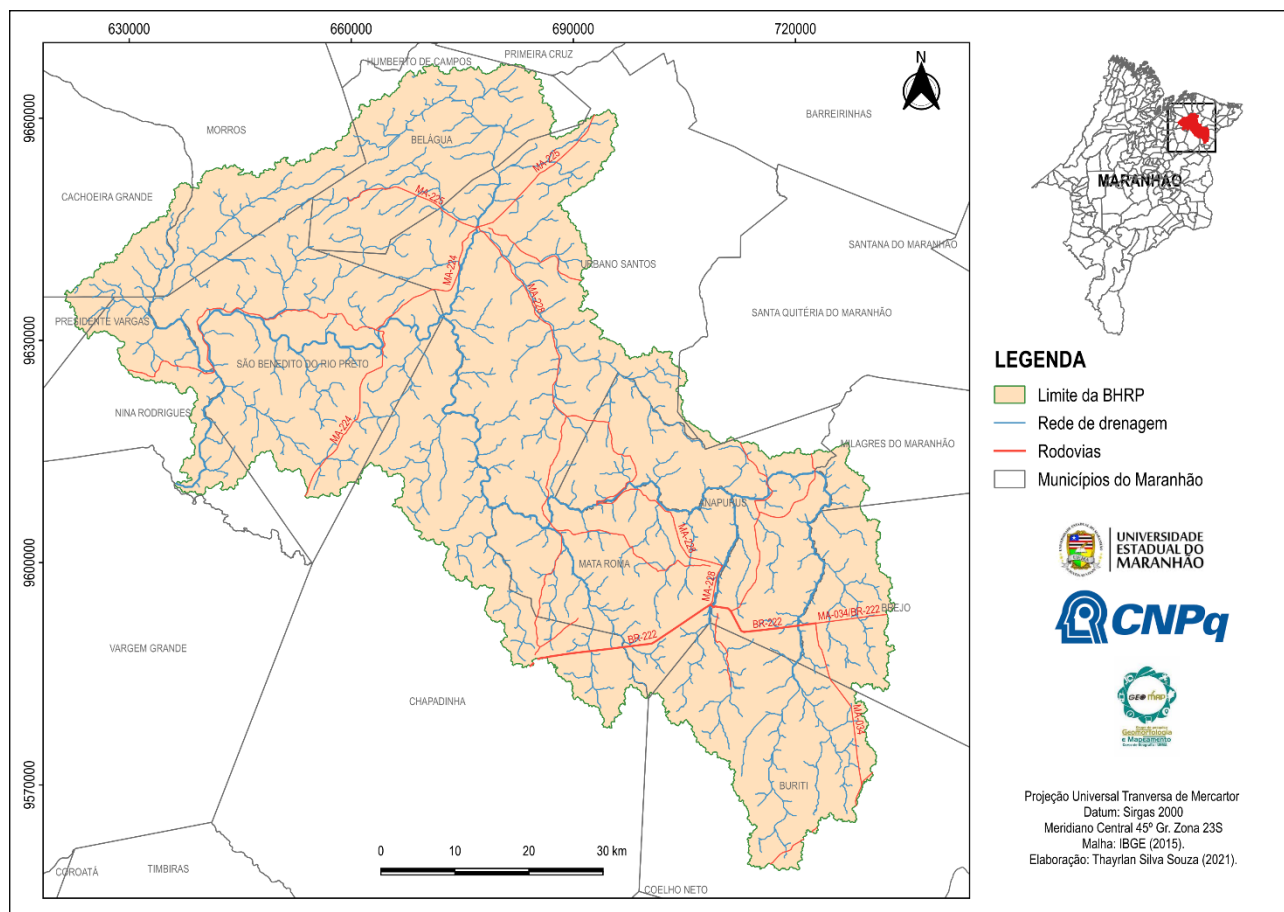
A escolha da área da Bacia Hidrográfica do Rio Preto (BHRP) se justifica devido à tentativa de amenizar o déficit de estudos existentes, principalmente no âmbito da geodiversidade maranhense, uma linha de pesquisa recente em relação às Geociências no Brasil. As identificações geoambientais que serão determinadas no presente estudo mostrar-se-ão de grande importância não somente para abranger o conceito de geodiversidade em geral, mas também na elaboração de políticas públicas acerca de fatores que a envolve, sendo esses: possíveis potencialidades de recursos naturais presentes na área, atividades agrícolas que ameaçam, tanto a geodiversidade como a biodiversidade, as vulnerabilidades sociais e ambientais, entre outros fatores.

Somado a isso, é possível notar que a falta de dados referentes a aspectos ambientais no Maranhão é um grande empecilho que vem impactando negativamente as pesquisas da região. Tendo isso em vista, esta pesquisa visa avançar nesta vertente, contribuir com o desenvolvimento científico do Estado, trazer novos mapeamentos, propor recomendações importantes para o uso e ocupação da terra e para minimizar os impactos antrópicos nessa importante região maranhense.

Dessa forma, surgem as perturbações ambientais que causam impactos significativos na região em estudo. Neste trabalho, considerou-se os impactos das queimadas (perda da biodiversidade, desequilíbrio ambiental), impactos do cultivo de soja e utilização de agrotóxicos (supressão da cobertura vegetal, presença de substâncias tóxicas), impactos do cultivo de eucalipto (supressão da vegetação, desertificação), impactos da produção de carvão vegetal (desmatamento, emissão de gases para a atmosfera), impactos da extração de minérios (poluição atmosférica e danos aos recursos hídricos), impactos do descarte irregular de lixo (contaminação do solo e poluição dos corpos d'água), impactos do uso e ocupação indevidos em Áreas de Preservação Permanente (APPs), (desmatamento da mata ciliar), impactos da pastagem (desmatamento para a revegetação através de queimadas) e impactos da piscicultura.

A BHRP está situada na região leste do Maranhão, abrangendo cerca de 5235,63 km² de extensão e quatorze municípios. Desses, 10 pertencem à Mesorregião Leste Maranhense: Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Buriti, Brejo, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Santa Quitéria do Maranhão — com exceção do último, os demais pertencem à Microrregião de Chapadinha (**Figura 1**).

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Preto – MA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No processo de desenvolvimento dos mapas referentes à BHRP, utilizou-se como ferramenta os *softwares* ArcGIS 10.2.2 e QGIS 2.18.6, para a produção da base cartográfica do presente trabalho, e o SPRING 5.5.2, utilizado para vetorização/delimitação da área de estudo.

Quanto à operacionalização do mapa de localização, foram utilizados arquivos *shapefiles* compatíveis com o *software* ArcGIS 10.2.2, sendo aplicados os *shapefiles* das unidades federativas (UFs), dos municípios maranhenses, do contorno da bacia, da drenagem e das cidades ponto, encontrando-se todos nos bancos de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para o mapeamento da densidade de queimadas, foram adquiridos no banco de dados do INPE (BDQUEIMADAS), em formato *shapefile*. Essas informações são disponibilizadas diariamente para o domínio público. O *download* dos focos de calor se deu referente ao bioma Cerrado pertencente ao Maranhão, em que se utilizou um intervalo de tempo de um ano, especificamente do ano de 2020, das 00:00h a 23:59h do primeiro dia do ano, até 00:00h a 23:59h do último dia. Tais dados de focos de calor foram obtidos a partir de todos os satélites disponíveis no momento da exportação, dentre eles: AQUA, TERRA MANHÃ, TERRA TARDE, AQUA MANHÃ,

GOES-13, GOES-16; NOAA-15 NOITE, NOAA-15 MANHÃ, NOAA-18 TARDE, NOAA-18 MANHÃ, MSG-3; METOP-B, METOP-C, NOAA-19 TARDE, NOAA-19 MANHÃ, NOAA-20, NPP-375.

Obtidos os dados vetoriais, procedeu-se a importação das informações para o ambiente de trabalho do QGIS para a realização da reprojeção e recorte dos vetores para o limite da bacia. Esses dados processados foram a base para a geração do mapa de densidade de focos de queimadas, a partir da função “Mapa de Calor”.

No desenvolvimento do mapa de áreas de interesse mineral foram utilizados arquivos *shapefiles* compatíveis com o software QGIS 2.18.6, sendo usado o das UFs, dos municípios maranhenses, do contorno da bacia e o da área com alta potencialidade mineral, obtidas junto à Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Para preenchimento das demais áreas, foi utilizado o relevo sombreado, folhas nº 03S45_RS e 03S435RS, como plano de fundo. Esses dados estão disponíveis no site do TOPODATA/INPE.

Para a produção do mapa de descarte irregular de resíduos sólidos também se utilizou o *software* QGIS 2.18.6, no qual juntaram-se dados tabulados sobre descarte irregular de resíduos por domicílio (domicílios particulares permanentes com resíduo queimado na propriedade, domicílios particulares permanentes com resíduo enterrado na propriedade, domicílios particulares permanentes com resíduo jogado em terreno baldio ou logradouro, domicílios particulares permanentes com resíduo em rio, lago ou mar, e domicílios particulares permanentes com outros destinos do resíduo), utilizando-se a tabela de atributos do limite da bacia por municípios, em que apenas categorizou-se em baixo, médio e alto.

Com tais mapeamentos gerados, iniciou-se a criação do índice de perturbações ambientais na BHRP, em que se recorreu à metodologia proposta por Silva e Moraes (2016), que fora desenvolvida a partir dos princípios do KDI, de Van Beynen e Townsend (2005), medindo os fatores de perturbações ambientais no carste, considerando o grau de interferência antrópica. Para isso, adaptou-se tal metodologia para analisar as perturbações ambientais da BHRP, de modo que se determinou atividades impactantes, como as queimadas, cultura de soja, cultura de eucalipto, produção de carvão, extração de minerais, construção de moradias, descarte de lixo, uso e ocupação da terra indevido em APPs, pastagem e piscicultura, como indicadores, no qual atribuiu-se a cada um peso de 0 a 3, baseando-se na extensão da gravidade do impacto, obtida na análise. O peso 0 (“zero”) significa que não há perturbações antrópicas, enquanto a nota 1 (“um”) é concedida quando se tem alterações leves, a nota 2 (“dois”) é atribuída às alterações graves e a nota 3 (“três”) aos casos de perturbações irremediáveis.

Com os valores atribuídos para cada indicador, os mesmos foram somados e divididos pelo número total de indicadores e depois divididos por 3, que é a nota máxima que cada indicador pode alcançar, sendo o resultado interpretado a partir da **Tabela 1**, em que quanto mais próximo de 1, maior será o grau de impacto.

Tabela 1 - Classificação de perturbações ambientais.

Pontuação	Grau de Distúrbio
0,80 – 1,00	Altamente Perturbada
0,60 – 0,79	Moderadamente Perturbada
0,40 – 0,59	Perturbada
0,20 – 0,39	Baixo Impacto
0,00 – 0,19	Intacta

Fonte: Adaptado de Van Beynen e Townsend (2005).

Quando o indicador for considerado importante, mas com dados insuficientes para avaliá-lo em uma das quatro notas, atribui-se a variável “*Lack of Data*” (LD), ou seja, falta de dados. O nível de confiabilidade será obtido a partir da soma das variáveis LDs, em que, para se calcular tal coeficiente, divide-se o número de LDs pelo número total de indicadores. Assim, quanto maior o valor, menor o coeficiente de confiabilidade. Valores com LD menores que 0,1 caracterizam alta confiança do índice, enquanto valores maiores que 0,4 sugerem insuficiência de dados.

Por fim, o trabalho de campo, em sua síntese, foi fundamental e teve como objetivo demonstrar, checar e analisar parâmetros reais de áreas mapeadas, onde determinada escala permite um diagnóstico mais preciso do objeto de estudo. Nessa etapa da pesquisa, utilizou-se da observação direta dos elementos presentes no espaço, de modo que se realizou um minucioso reconhecimento da área de estudo, visando em seguida realizar uma análise da geodiversidade, fazendo uma averiguação das informações já selecionadas nos materiais bibliográficos e cartográficos referentes à BHRP.

De início, análises na área foram realizadas entre os dias 14, 15 e 16 de setembro de 2018, nos municípios de São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Chapadinha e Belágua, onde se objetivou a ratificação principalmente de parâmetros relacionados às classes de uso da terra na BHRP.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BHRP, em sua caracterização geomorfológica, geológica, vegetacional, climática e pedológica, corresponde a uma correlação direta da paisagem natural com o uso e ocupação da terra. Assim, faz-se necessário analisar os impactos dos diferentes tipos de usos no contexto geoambiental, a fim de apresentar como determinada ação irá impactar o meio físico. Logo, é preciso destacar que o arcabouço geológico da região se vincula, em grande parte, pelos Depósitos Eólicos Continentais Antigos e os Grupos Barreiras e Itapecuru. O primeiro está caracterizado por compor campos de

dunas fixas constituídos por areias esbranquiçadas, de granulometria fina a média, bem selecionadas e maduras. Os grupos se ligam aos arenitos, argilitos, siltitos, folhelhos intercalados com arenitos depositados em vários ambientes, fatos que proporcionaram um relevo predominante de tabuleiros, denominados de Tabuleiros de Chapadinha, com declives aplainados a onduladas, sem grandes alterações e formas abruptas do relevo.

Os solos, em geral, se vinculam aos plintossolos, argissolos, latossolos e neossolos, com predominância para os latossolos amarelos (mais de 50% da área da BHRP). Tais aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos propiciaram uma rede de drenagem dendrítica com grande quantidade de canais fluviais, que percorrem espaços em áreas de clima tropical semiúmido, com 5 – 6 meses de período chuvoso e 5 – 6 meses de estiagem.

Com isso, segundo a Resolução CONAMA Nº 1/1986, em seu Art. 1º, é considerado impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Em si, o termo "perturbação" implica nos distúrbios sofridos por determinado ecossistema devido à prática de atividades impactantes. De modo geral, tal método consiste na quantificação do grau de perturbação antrópica provocada em ambientes cársticos, e na BHRP, foi adaptado para diagnosticar as perturbações de modo geral. Foram utilizadas como indicadores as atividades impactantes relacionadas com o uso e ocupação do solo (**Tabela 2**).

É correto mencionar que a atribuição de notas para as atividades levou em consideração os meios afetados pela mesma e a escala de impacto, a fim de nivelar o grau de perturbação de cada atividade. Assim, um indicador extremamente impactante, mas que não possui proporções significativas na bacia, receberá uma nota correspondente a tal situação.

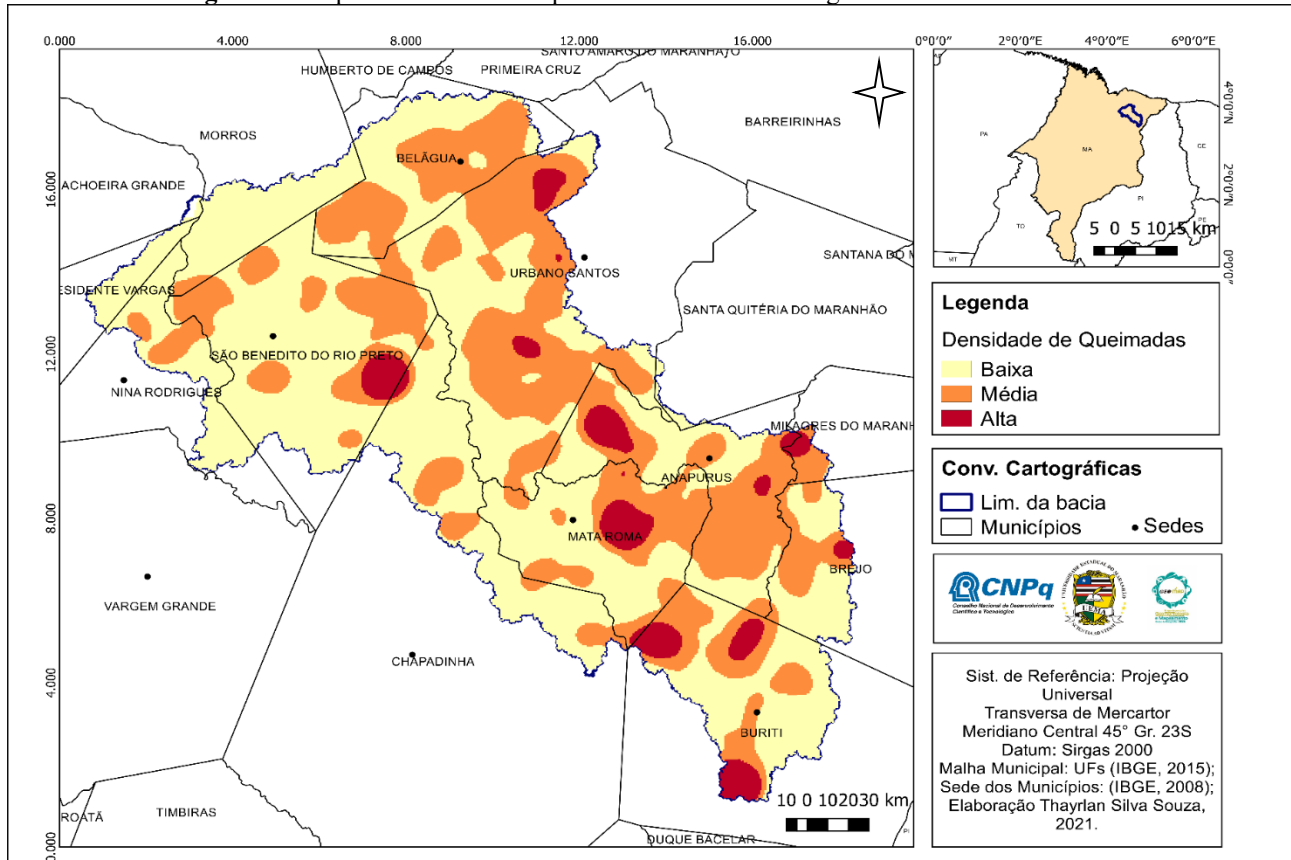
Tabela 2 - Avaliação dos indicadores nas áreas de estudo.

INDICADORES	Escala	Bacia Hidrográfica do Rio Preto
Queimadas	Mac/Mes/Mic	3
Cultivo de soja	Mac/Mes/Mic	3
Cultivo de eucalipto	Macro	2
Produção de carvão vegetal	Macro	2
Extração de minério	Meso	1
Construção de moradias	-	<i>Lack of Data</i>
Descarte de lixo	Macro	2
Uso e ocupação da terra indevido em APPs	Mac/Mes/Mic	3
Pastagem	Micro	1
Piscicultura	Micro	0
Valores totais indicadores	-	17
Número de indicadores	-	10
Índice de perturbações ambientais (IPA)	-	0,56
Valor de LDs	-	0,1

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Quando consideradas as queimadas, estas apresentam um dos maiores impactos que um determinado ambiente pode sofrer, já que elas, independentemente da escala de abrangência, possuem a capacidade de perturbar diversos parâmetros geoambientais (**Figura 2**). Fatores naturais também determinam a ocorrência das queimadas, porém, atividades antrópicas relacionadas à agricultura, questões culturais, atividades criminosas, falta de conhecimento por parte da população e outros fatores, contribuem para essa correlação conturbada das queimadas para com o meio natural.

Figura 2 - Mapa de densidade de queimadas na Bacia Hidrográfica do Rio Preto – MA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Em relação às queimadas, optou-se pela nota 3, no que diz respeito à classificação de 0 a 3 proposta na metodologia. Tal nota foi atribuída considerando os diversos fatores que impactam o meio geoambiental a partir das queimadas, ou seja: a degradação do solo, com a diminuição da biodiversidade e da retenção da umidade no solo; a erosão, causada pela compactação do solo; e a diminuição da qualidade do ar, causada principalmente pela emissão de gases tóxicos na atmosfera.

A identificação dentro do limite da BHRP de 4748 Focos de queimadas no período de um ano, correspondendo a 13 focos por dia, influenciou diretamente nessa classificação. A **Figura 2** expõe a concentração de focos de queimadas da BHRP referente ao período anual: 01/01/2020 a 31/12/2020.

Observa-se que uma grande extensão da bacia corresponde a uma predominância de média e alta densidade de queimadas, concentrando-se mais ao leste da área de estudos. Os municípios de Anapurus, Mata Roma, Urbano Santos (**Figura 3**) e Buriti apresentam essa variância preocupante, resultando em grandes áreas com altos índices de queimadas.

Figura 3 - Queimada em povoado no município de Urbano Santos.



Fonte: Autores (2018).

Outro fator impactante é a soja, como uma monocultura, que faz parte diretamente da economia brasileira, tendo um papel importante na geração de empregos e no abastecimento das cidades maranhenses e de outros estados. As monoculturas de soja encontram-se presentes na bacia em larga escala, e no presente trabalho, optou-se por avaliá-la com a nota 3. Tal classificação se deu à agricultura de soja pelo fato de que, como em outros tipos de monoculturas, faz-se necessária a utilização de áreas com uma cobertura vegetal nativa, ocorrendo a supressão da mesma para compor a monocultura, impactando sobre a fauna e a flora. Nesse sentido, Andrade *et al.* explanam que:

A expansão de áreas com monoculturas traz problemas a qualquer ecossistema, na medida em que retira a cobertura vegetal original e a substitui total ou parcialmente, por imensas áreas com algumas ou mesmo com uma única cultura. Concomitantemente à descaracterização da paisagem natural, haverá a impactação sobre a fauna silvestre nativa, que perderá as condições do seu habitat natural (ANDRADE *et al.*, 2009, p.5592).

Um dos parâmetros também analisados para chegar a essa conclusão foi a qualidade da água, um dos componentes geoambientais mais afetados pela utilização de defensivos agrícolas, e no caso da BHRP, segundo Presoti (2008), a situação é ainda mais preocupante, devido à utilização do inseticida organoclorado aldrin, proibido por lei desde setembro de 1985 em todo o território brasileiro.

A presença de resíduos de inseticidas OC's (aldrin, na concentração de $1,5 \mu\text{g L}^{-1}$), nas amostras de água analisadas, causa surpresa e grande preocupação. Os OC's foram descartados para uso fito e domissanitário desde a década de 70 nos Estados Unidos da América (EUA) e na Europa (BARCELÓ e HENNION, 1997). Os principais motivos de tal restrição envolveram sua toxicidade elevada para peixes e para grande parte da microbiota aquática, seu elevado potencial de bioacumulação nos organismos (com consequente contaminação em toda a cadeia alimentar), sua

grande resistência à degradação microbiana e sua elevada persistência em todos os compartimentos ambientais (PRESOTI, 2008, p.73).

Sendo as áreas com plantio de soja o “epicentro” dos impactos, proporcionalmente as áreas mais impactadas serão aquelas com maior quantidade de hectares do cultivo, onde na BHRP se mostram presentes com maior intensidade nos municípios de Buriti, Brejo e Mata Roma, ao sul e sudeste, e mais ao centro no município de Urbano Santos.

Ainda dentro do contexto das monoculturas, o eucalipto, muito presente no Maranhão, corresponde a uma monocultura de bastante utilidade no Brasil. A grande facilidade no cultivo e a gama de produtos que podem ser gerados a partir dele, torna-o um dos principais agentes inseridos pelo meio antrópico ao meio ambiente.

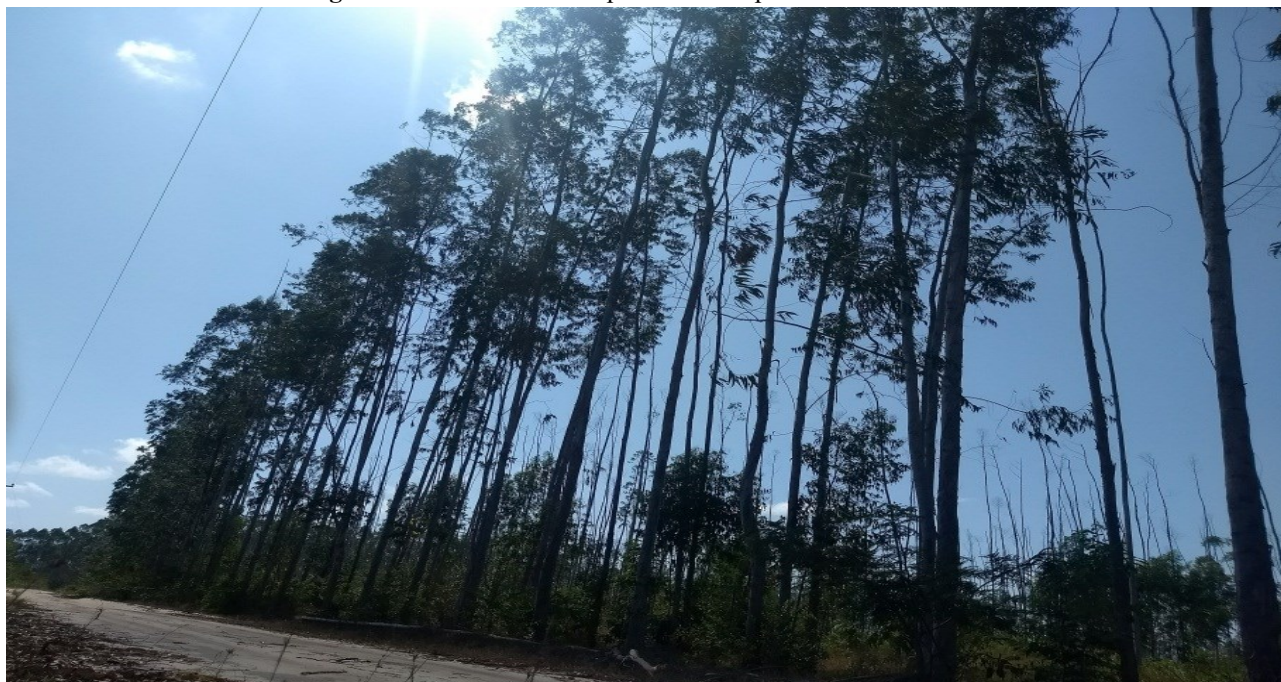
As monoculturas por si só já são caracterizadas como intensas causadoras de impactos ambientais, principalmente no que diz respeito à supressão da vegetação. O eucalipto no Brasil já é inserido como uma alternativa para as consequências dos impactos nas florestas nativas. Nesse viés, Soares (2021) coloca que:

Evidencia-se que a expansão da fronteira agrícola no contexto do eucalipto desempenhou a partir de 1980 um papel decisivo na transformação da paisagem, se antes dessa década havia áreas com vegetação nativa, típica do Cerrado, atualmente ela sede lugar a um monocultivo baseado no agronegócio onde há um alto investimento em capital, tecnologia, bactericidas, adubos sintéticos e ainda financiamentos por agências de fomento, ou seja, tudo que possa ser essencial para expansão do capital (SOARES, 2021, p. 156)

Além da supressão da vegetação nativa, outros parâmetros ambientais que devem ser considerados quando se fala do eucalipto, podem ser: a desertificação, a instabilidade na fertilidade do solo e, principalmente, o meio hídrico.

Apesar dos fortes impactos causados pelo cultivo do eucalipto (**Figura 4**) na BHRP, tal monocultura não está situada na bacia em larga escala, com plantios identificados nos municípios de Belágua, Urbanos Santos, Santa Quitéria do Maranhão e Buriti. Por conta dessa baixa escala de impacto, tal prática recebeu a nota 2, tendo em conta todos esses parâmetros.

Figura 4 - Cultivo de eucalipto no município de Urbano Santos.



Fonte: Autores (2018).

Ao considerar-se a ocupação em APPs, nota-se que a expansão urbana e a expansão do agronegócio ocorrem de forma desorganizada, já que muitas vezes invadem áreas que são desfavoráveis e inapropriadas para ocupação, causando impactos sociais e ambientais.

As Resoluções CONAMA Nº 302/2002 (BRASIL, 2002) e Nº 369/2006 (BRASIL, 2006) estabelecem os casos em que é necessária a criação de APP, geralmente quando há impactos negativos ao meio ambiente que precisam ser contidos. Tais resoluções também estabelecem os critérios para delimitação, de acordo com as características da área.

As áreas de APPs que margeiam os canais de drenagem e corpos d'água são compostas por vegetação ciliar. Elas são muito importantes e influenciam na estrutura tanto das comunidades aquáticas como terrestres e afetam os processos funcionais do fluxo do canal (SANTOS, 2012). Para uma bacia hidrográfica, a mata ciliar desempenha o papel de: sustentar o solo nas suas margens e evitar o processo de erosão, formação de corredores ecológicos, manutenção da biodiversidade, proteção de mananciais, ciclagem de nutrientes e na manutenção da qualidade da água (GONÇALVES *et al.*, 2005; MORAIS; SOARES; NASCIMENTO; 2017).

Assim, optou-se pela nota 3 a ocupação em APPs, referente a perturbações irremediáveis, considerando que a ocupação irregular no entorno da BHRP remonta um estado de vulnerabilidades e impactos negativos em vista da ocorrência de supressão da vegetação ciliar, de difícil reversão, originadas de múltiplas alterações no meio natural.

Já as pastagens são ecossistemas agrícolas que podem também trazer efeitos negativos ao meio ambiente. Por exemplo, a expansão das pastagens plantadas sobre áreas de vegetação natural (para a BHRP, o Cerrado) resulta em perda de habitat e ameaça à diversidade biológica. Ademais, o manejo inadequado das pastagens naturais, ou plantadas, pode levar à sua degradação, resultando em queda na produção de forragem (consequentemente a produção animal como carnes ou laticínios é reduzida ou inviabilizada), erosão e perda de nutrientes do solo, logo ocorrerá o aumento na emissão de gases que intensificam o efeito estufa (DIAS-FILHO, 2011).

Os impactos diretos são relacionados ao consumo das pastagens e à imediata queda na taxa de absorção de CO₂ água e nutrientes pela flora, por causa da redução na área e na massa de folhas e raízes. Os impactos indiretos resultam das mudanças nas propriedades do solo, microclima, ciclagem de nutrientes e nas interações competitivas entre plantas (DIAS-FILHO; FERREIRA, 2013).

Na BHRP, em casos de recuperação de pastagens, muitos produtores desmatam ou iniciam queimadas a fim de iniciar uma revegetação a partir de plantas forrageiras. Ao realizar essas ações, os animais e as vegetações nativas são diretamente atingidos, ou seja, há a ameaça da biodiversidade da área. Assim, a nota 1 é atribuída a tal atividade levando em consideração que a pastagem, apesar de corresponder a elementos que comportam uma intensidade de perturbações, na BHRP é apresentado em escala micro de ocorrência, sendo associada principalmente a áreas de produção agrícola abandonadas.

Por fim, a piscicultura depende principalmente do ecossistema em que está inserida, devendo permanecer em equilíbrio para proporcionar a manutenção da prática. Desenvolver essa atividade sem provocar impactos ambientais é uma tarefa difícil, entretanto é possível reduzir os danos. De acordo com a piscicultura moderna, três pilares devem ser seguidos: produção lucrativa, preservação do meio ambiente e desenvolvimento social, com o intuito de não reduzir a biodiversidade e nem a estrutura do ecossistema, possibilitando a preservação da prática (CASTELLANI; BARRELLA, 2005).

Assim, optou-se pela nota 0 à piscicultura, visto que a mesma é caracterizada como uma atividade econômica ambientalmente positiva, uma vez que os produtores precisarão manter um ambiente equilibrado e estável, pois os resultados dependerão da qualidade da água. Ela é considerada como uma alternativa que solucionaria os impactos causados pela produção bovina (GALDINO; VIEIRA; PELLEGRIN, 2005; AMORIM; TOSTA, 2020). Em pesquisa na BHRP, foram identificados açudes no município de Urbano Santos, como mostra a **Figura 5**.

Figura 5 - Piscicultura no município de Urbano Santos.



Fonte: Autores (2018).

Já o carvão vegetal corresponde a uma das atividades mais antigas e de grande utilização na sociedade. A falta de técnicas mais sofisticadas para a produção faz com que esse elemento se torne um dos grandes “vilões” do ecossistema em geral, se levado em consideração o desmatamento das florestas nativas e os gases poluentes gerados na produção. Por conta dos vários usos para o carvão vegetal, sua produção ocorre com cada vez mais intensidade, principalmente no que diz respeito aos municípios rurais do Maranhão.

Na BHRP, a produção do carvão doméstico é algo comum, sendo feito a partir de um método artesanal utilizando os chamados “fornos primitivos” (ou “fornos de terra”), no caso da bacia hidrográfica, o “forno caieira” ou em trincheira. A lenha a ser carbonizada é posta em uma vala aberta no solo de 1 a 2 metros de largura e até 1 metro de profundidade, seu tamanho dependerá da quantidade de carvão a ser produzido. Após isso, a lenha é coberta por uma primeira camada de folhas e capim e uma segunda camada de terra (de 10 a 25 cm), deixando uma abertura para a ignição da carga e outra para a saída dos gases (PINHEIRO et al., 2006, apud CEMIN, 2010).

Assim, optou-se por classificar o impacto da produção de carvão vegetal com a nota 2, levando em consideração que, além da supressão à vegetação para obtenção da lenha, também acarreta problemas relacionados à qualidade do ar, com a emissão de gases poluentes. Um exemplo disso são os gases CO e o CO₂, poluentes que estão diretamente atrelados à carbonização do carvão vegetal, e agentes no processo de intensificação do efeito estufa (PINHEIRO et al., 2006, apud CEMIN, 2010).

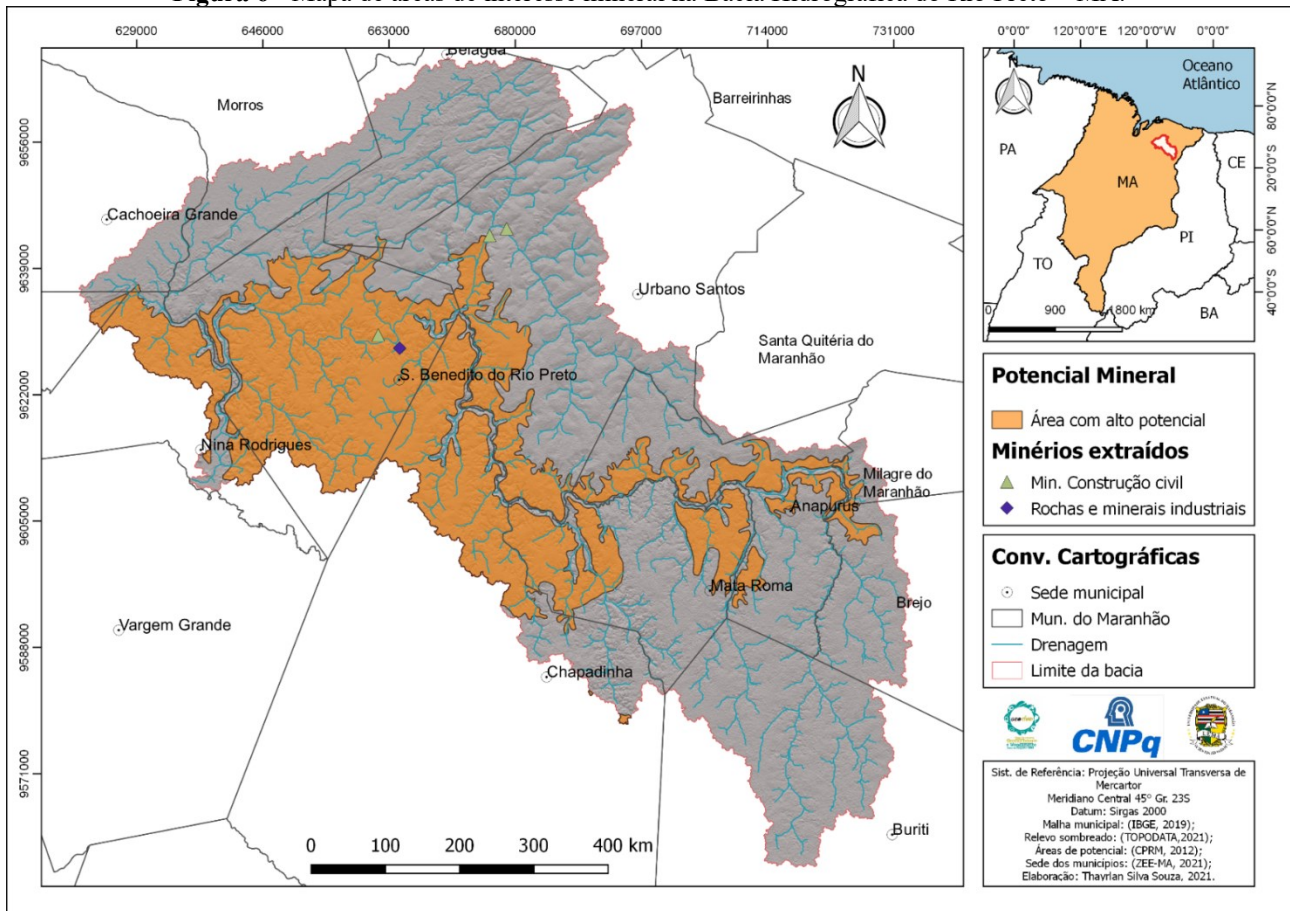
Outra prática bastante degradante na BHRP é a extração mineral. Muitas vezes, essa atividade está associada a intensos processos de impactação, causados pelos elementos utilizados no processo de identificação e refino dos minerais encontrados, sendo o mercúrio um exemplo claro disso.

Os processos associados à mineração, evidentemente, causam danos consideráveis ao meio ambiente, eles modificam fortemente as áreas mineradas e circunvizinhas, afetadas muitas vezes pela poluição atmosférica, sonora, hídrica e visual. A proposição de mecanismos práticos que possibilitem a mitigação dos impactos negativos da mineração é necessária (LEITE *et al.*, 2017, p.7286)

Um importante trabalho referente à extração de minerais foi apresentado por Milanez (2017), em que o autor coloca que os impactos da mineração nos recursos hídricos ocorrem em três níveis, no qual o primeiro corresponde ao elevado consumo de água; o segundo, aos problemas associados à extração mineral em si, levando ao rebaixamento do lençol freático e ao comprometimento da recarga dos aquíferos; por fim, ao risco de contaminação dos corpos d'água.

Na BHRP, não foram identificadas áreas de mineração intensiva com o uso de recursos hídricos, porém, no município de Chapadinha, pontos de extração de minério (areia e seixo) foram encontrados (**Figura 6**). Os minerais em questão são bastante utilizados na construção civil e, no caso dos seixos, no desenvolvimento de paisagens antrópicas. A nota 1 foi atribuída referente a tal atividade, levando em consideração o fato de que a extração de minérios na bacia ocasiona perturbações na atmosfera, a partir das partículas que são jogadas na bacia durante a quebra do material.

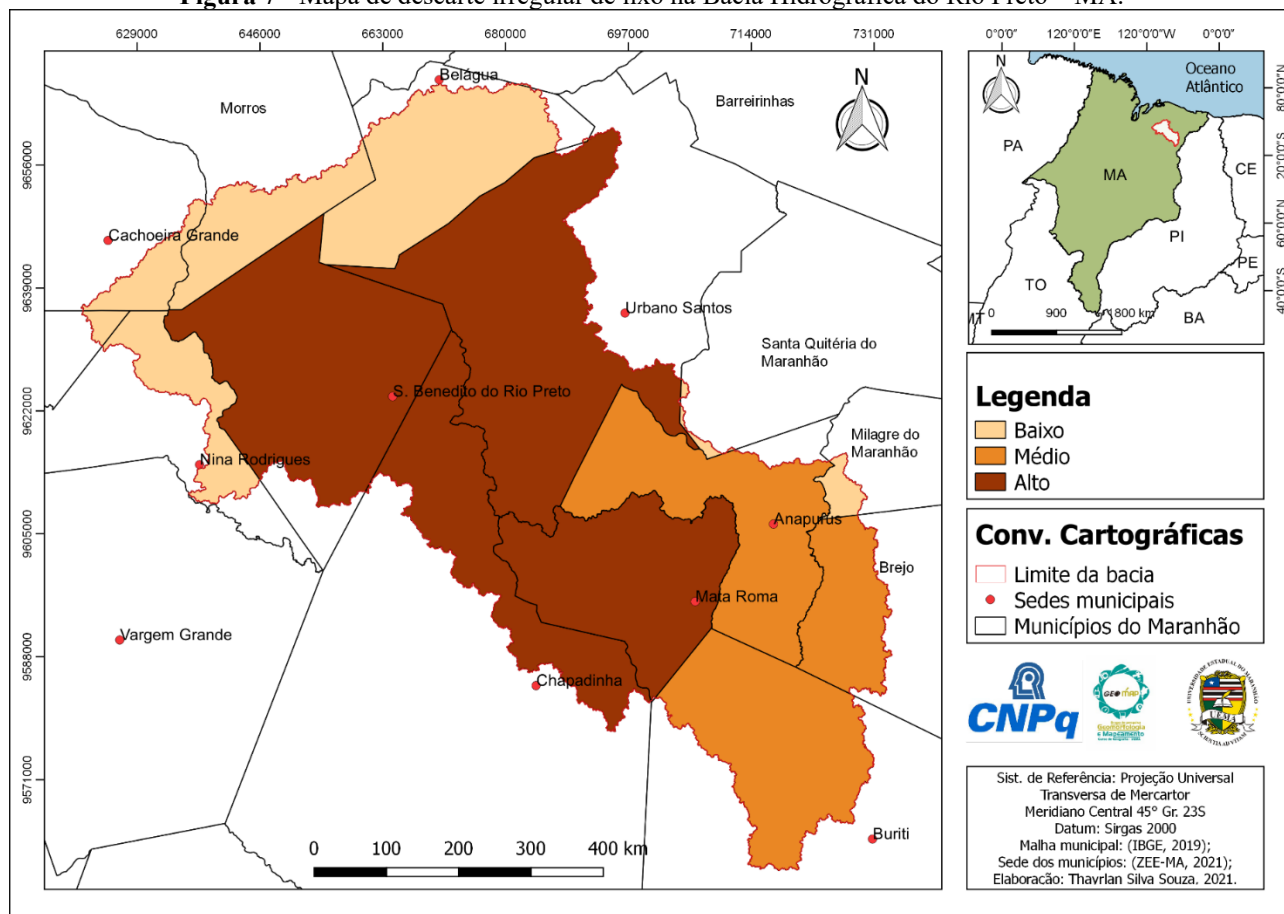
Figura 6 - Mapa de áreas de interesse mineral na Bacia Hidrográfica do Rio Preto – MA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Outro fator negativo presente na BHRP é o descarte irregular de lixo (**Figura 7**). Várias são as práticas “arcaicas” utilizadas para tal processo, em que muitas das vezes, principalmente em povoados mais isolados, pode-se observar a queima dos resíduos, o descarte em cursos d’água, ou até mesmo a criação de amontoados, que além de preocupante para o contexto ambiental, também é um dos principais indicadores de vulnerabilidade ambiental naquela região.

Figura 7 - Mapa de descarte irregular de lixo na Bacia Hidrográfica do Rio Preto – MA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os resíduos geram o chorume, uma substância líquida que contém componentes tóxicos, causando impactos ambientais significativos. Ao entrar em contato com a água e o solo, ambos são contaminados, além de prejudicar a qualidade do ar devido à emissão de gases provenientes do chorume. Esses efeitos têm sérias consequências para a saúde pública, representando uma ameaça ao bem-estar coletivo (SERAFIM et al., 2003).

4. CONCLUSÃO

A BHRP, de modo geral, foi classificada como perturbada, segundo o Índice de Perturbações Ambientais (IPA). Tais perturbações foram evidentes principalmente no que diz respeito às queimadas, ao cultivo de soja, ao cultivo de eucalipto e ao uso indevido de áreas de APPs. Assim, algumas considerações devem ser feitas:

O cultivo da soja, assim como do eucalipto na BHRP, está inteiramente relacionado ao agronegócio que se instalou na região. Apesar de corresponder diretamente a uma área de produção de bens de consumo, a bacia não sustenta sua economia baseada nesse fator, de modo que práticas

como a agricultura familiar, a piscicultura e outras atividades mais localizadas, ainda predominam em relação à população da região.

No intuito de subsidiar propostas mitigadoras a esse processo de perturbação ambiental, tem-se a necessidade de um planejamento ambiental baseado em práticas que correlacionem o uso e cobertura da terra com a capacidade do ambiente de repor seus recursos. Nesse sentido, é evidente que a não adoção de tais métodos, submeterá cada vez mais a bacia a um estado de vulnerabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, M. de J.; TOSTA, M. de C. R. A piscicultura como alternativa para diminuir os impactos ambientais da produção de carne bovina. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 4. 081-0101, 2020. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/548/256>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- ANDRADE, J. B. de; SILVA, F. B.; GUSMÃO, E. R. BRITO, D. R. B.; DOURADO, G. F. Mudança da cobertura vegetal do município de Buriti - MA nos anos de 2000 e 2007: uma abordagem com o uso de geotecnologias. In: **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 25-30, 2009.
- BARCELÓ, D.; HENNION, M. C. **Trace Determination of Pesticides and their Degradation Products in Water**. Elsevier Science B.V. Amsterdam, 1997.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2002. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2002/res_conama_302_2002_apps_reservatoriosartificiais.pdf. Acesso em: 14 jul. 2022.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 001, de 23 janeiro de 1986. Dispõe sobre as diretrizes gerais para uso e implementação de Avaliação de Impacto Ambiental. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 1986. Disponível em: <http://www.ima.al.gov.br/wizard/docs/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA001.1986.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2022.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 369**, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. Disponível em: https://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_12_2013_15.00.37.7bd8d431d55dcfcfee40314c9c495266.pdf. Acesso em: 05 abr. 2021.
- CASTELLANI, D.; BARRELLA, W. Impacto da atividade de piscicultura na Bacia do Rio Ribeira de Iguape, SP - Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, v. 32, n. 2, p. 161-171, 2005.

- CEMIN, D. S. **Desenvolvimento de um Forno para Carbonização de Resíduos Agroflorestais em Pequena Escala**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/8160/1/2010_DanieladaSilveiraCemin_completa.pdf. Acesso em: 04 abr. 2024.
- DIAS-FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. As pastagens e o meio ambiente. In: REIS, R.; BERNARDES, T. F. e SIQUEIRA, G. R. (Org.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, 2013. p. 26-49.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém: Ed. do Autor, 2011. 215p.
- GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. M. **Impactos Ambientais e Socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/811632>. Acesso em: 10/03/2021.
- GONÇALVES, R. M. G.; GIANNOTTI, E.; GIANNOTTI, J. D. G.; SILVA, A. Aplicação do modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da fazenda Itaquí, no município de Santa Gertrudes, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.17, p. 73-95. 2005, Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/inflorestal/infref/RIF17-1/RIF17-1_73-95.pdf. Acesso em: 10/03/2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Censo 2010 – Base de dados: Agregados por Setores Censitários (MA_20171016.zip)**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 26 abr. 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, INPE. **Banco de Dados de queimadas**. 2021. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, INPE. **TOPODATA Banco de Dados Geomorfométricos**. 2019. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- LEITE, A. L.; FREITAS, I. G.; OLIVEIRA, E. G.; MARINHO, M. T. R. Atividade mineradora e impactos ambientais em uma empresa cearense. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 7282-7286, 2017.
- MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, v. 16, p. 93-101, 2017.
- MORAIS, I. L.; SOARES, D. M.; NASCIMENTO, A. R. T. As áreas úmidas no contexto do Código Florestal e a invasão biológica em veredas. In: SANTOS, F. R (Orgs.). **Contextualizando o Cerrado Goiano: entre questões socioeconômicas e socioespaciais e questões socioeducacionais e socioambientais**. Curitiba: Editora CRV, 2017, p. 59-86.
- PRESOTI, A. E. P. **Avaliação de impactos ambientais da sojicultura em um ecossistema aquático da Microrregião de Chapadinha, MA**. 2008. 117p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

SANTOS, L. C. A. dos. **Gestão das águas da sub-bacia hidrográfica do Rio Cacaú – Maranhão.** 2012. 377p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/12/dr/luiz.pdf. Acesso em: 04 abr. 2024.

SERAFIM, A. C. et al. Chorume, Impactos Ambientais e Possibilidades de Tratamento. In: III Fórum de Estudos Contábeis. III Fórum de Estudos Contábeis. Rio Claro: Centro Superior de Educação Tecnológica, p. 6-7, 2003. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Chorume-impactos-ambientais-e-possibilidades-de-tratamento.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2021.

SILVA, F. F.; MORAIS, F. Índice de perturbações ambientais em áreas cársticas do estado do Tocantins – primeira aplicação no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física, Recife – PE*, v. 9, n. 3, p. 766-777, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/233700/27276>. Acesso em: 04 abr. 2024.

SOARES, I. G. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental ao Processo Erosivo como Subsídio ao Planejamento e à Gestão Ambiental na Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.** 2021. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGEQ, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021. Disponível em: https://www.ppgeo.uema.br/wp-content/uploads/2021/05/IDEVAN_SOARES-DISSERTA%C3%87%C3%83O.pdf. Acesso em: 04 abr. 2024.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 1.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1993.

VAN BEYNEN, P. E.; TOWNSEND, K. M. A. Disturbance index for karst environments. **Environmental Management**, v. 36, p. 101-116. 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-004-0265-9>. Acesso em: 04 abr. 2024.