

FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NIOAQUE-MS**ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE NIOAQUE-MS RIVER HYDROGRAPHIC
BASIN****FRAGILIDAD AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO NIOAQUE-
MS****Edwina Santos da Costa¹****Emerson Figueiredo Leite²**

Resumo: Constantemente o ser humano tem modificado a natureza, explorando os diferentes recursos disponíveis e assim, torna-se imprescindível ter um conhecimento sobre a área para que o uso e ocupação seja consciente e respeite a capacidade local. Tendo como objetivo analisar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Nioaque utilizou-se a metodologia proposta por Ross (1994) para análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais, substituindo o fator cobertura vegetal proposto pelo autor, pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Foram levantadas as características cartográficas e teóricas da área correspondentes a geomorfologia, solo, uso da Terra e cobertura vegetal. Os dados geoespaciais foram manipulados e processados nos *softwares* Spring/INPE 5.2.7 e QGIS 3.10, possibilitando a realização de técnicas de mapeamento e análise ambiental subsidiadas pelo sensoriamento remoto e geoprocessamento que apontam para a situação ambiental natural e potencial. Como resultado, a fragilidade ambiental da bacia demonstrou predomínio das classes média, com 33,89% e forte, com 31,87%. O que pode ser associado as características físicas analisadas no cruzamento de informações, relação relevo/solo e relação uso da terra/vegetação que constituem material intermediário ao mapa de fragilidade ambiental.

Palavras-chave: Análise Sistêmica; Cobertura vegetal; NDVI; Planejamento ambiental.

Abstract: Human beings have constantly modified nature, exploring the different available resources and thus, it is essential to have knowledge about the area so that the use and occupation is conscious and respects the local capacity. Aiming to analyze the environmental fragility of the Nioaque River basin, the methodology proposed by Ross (1994) was used for empirical analysis of the fragility of natural environments, replacing the vegetation cover factor proposed by the author by the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The cartographic and theoretical characteristics of the area corresponding to geomorphology, soil, land use and vegetation cover were surveyed. The geospatial data were manipulated and

¹ Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Aquidauana/MS. E-mail: edwina_2018@hotmail.com. Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/6817592504438600>. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-7922-7253>.

² Pós-doutorado em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Professor Associado 2 da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Aquidauana-MS. E-mail: emerson.leite@ufms.br. Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/0091491869222740>. Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-2672-187X>.

processed in Spring/INPE 5.2.7 and QGIS 3.10 software, enabling the realization of mapping and environmental analysis techniques supported by remote sensing and geoprocessing that point to the natural and potential environmental situation. As a result, the environmental fragility of the basin showed a predominance of the middle classes, with 33.89% and strong, with 31.87%. What can be associated with the physical characteristics analyzed in the crossing of information, relief/soil relation and land use/vegetation relation that constitute intermediate material to the map of environmental fragility.

Keywords: Systemic Analysis; Vegetal cover; NDVI; Environmental planning.

Resumen: El ser humano ha modificado constantemente la naturaleza, explorando los diferentes recursos disponibles y por ello, es fundamental tener conocimiento sobre el área para que el uso y ocupación sea consciente y respete la capacidad local. Con el objetivo de analizar la fragilidad ambiental de la cuenca del río Nioaque, se utilizó la metodología propuesta por Ross (1994) para el análisis empírico de la fragilidad de los ambientes naturales, reemplazando el factor de cobertura vegetal propuesto por el autor por el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Se relevaron las características cartográficas y teóricas del área correspondientes a geomorfología, suelo, uso de suelo y cobertura vegetal. Los datos geoespaciales fueron manipulados y procesados en el software Spring/INPE 5.2.7 y QGIS 3.10, posibilitando la realización de técnicas de mapeo y análisis ambiental apoyadas por teledetección y geoprocésamiento que apuntan a la situación ambiental natural y potencial. Como resultado, la fragilidad ambiental de la cuenca mostró un predominio de las clases medias, con 33,89% y fuerte, con 31,87%. Lo que se puede asociar a las características físicas analizadas en el cruce de información, relación relieve/suelo y relación uso del suelo/vegetación que constituyen material intermedio al mapa de fragilidad ambiental.

Palabras clave: Análisis sistémico; Cobertura vegetal; NDVI; Planificación ambiental.

Introdução

A análise da fragilidade ambiental de um ambiente fornece subsídio ao planejamento ambiental e ao uso e ocupação adequando a área analisada. Os resultados encontrados em uma análise da fragilidade correspondem ao grau de proteção, considerando suas características físicas e antrópica, uma vez que as influências humanas nos ambientes naturais causam mudanças significativas na paisagem.

Devido a crescente influência humana de maneira exploratória nos diferentes meios naturais, se faz necessário análises que possam determinar a fragilidade de cada ambiente. Portanto, o presente trabalho objetivou demonstrar a importância dos cuidados que devem ser tomados em relação ao meio natural, ressaltando a importância do planejamento em bacias hidrográficas, considerando a fragilidade uma importante ferramenta de subsídio ao planejamento ambiental.

A bacia hidrográfica é considerada um sistema complexo e dinâmico composta por um conjunto de terras drenadas, conectadas entre si por canais alimentados pela captação natural

da água das chuvas, escoando para o ponto mais baixo, formando um arranjo hierarquizado (CHRISTOFOLETTI, 1980; PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2002; FINKLER, 2004; SANTOS, 2004; PORTO; PORTO, 2008; TAVARES; MENDES; NETO, 2022).

Toda atividade executada dentro da área da bacia que altere o escoamento da água ou sua qualidade pode ter impacto qualitativos ou/e quantitativos dos recursos hídricos da bacia. Devido às suas características intrínsecas, a bacia hidrográfica é uma unidade importante no estudo das atividades ligadas ao uso e à conservação dos recursos naturais (BACK, 2014).

As modificações em uma bacia hidrográfica podem afetar além do ponto que se origina, impactando todo o arranjo sistêmico natural. Ross (1994, p.64) destaca que “torna-se cada vez mais urgente o Planejamento Físico Territorial não só com a perspectiva econômica-social mas também ambiental”. Os maiores problemas ambientais estão ligados a atividades antrópicas que conforme crescem alteram cada vez mais o ambiente natural, podendo causar danos a médio e longo prazo.

As ações antrópicas, principalmente a atividade agropecuária, tem crescido gradativamente e com isso o meio natural altera sua funcionalidade. Neste sentido, as análises espaciais dos ambientes naturais, de maneira contínua, demonstram-se de grande relevância, a fim de identificar e acompanhar as mudanças ocorrentes.

Pesquisas desenvolvidas na área por Leite & Rosa (2009) apontam para o avanço do desmatamento no município e consolidação de áreas de pastagens e lavouras, tendo seu uso predominante pelas atividades ligadas à agropecuária.

Falcão e Leite (2018) destacam que a bacia hidrográfica do Rio Nioaque tem predominância de pastagem, porém o maior Potencial Natural a Erosão (PNE) analisado corresponde a apenas 3,54% (Classes moderada a forte, 2,446% e Forte, 1,105%) da bacia, concentrando-se nas áreas mais elevadas, formadas por solos da classe Neossolo Litólico. Além disso, os mesmos autores destacam o fator topográfico como maior influenciador nos processos erosivos, de acordo com as variáveis analisadas.

A bacia hidrográfica do rio Nioaque concentra-se em área de “grande variabilidade pluviométrica anual na bacia e regiões circunvizinhas” (MELCHER, 2019, p. 79). Essa característica destaca a importância da cobertura vegetal, uma vez que o solo desprotegido do revestimento vegetativo sofre diretamente o processo da erosão causado pelo impacto da água da chuva.

A bacia do rio Nioaque possui, em sua maior extensão, baixa densidade hidrográfica, constituído por solos pobremente drenado. Inicialmente a resposta hidrográfica é alta, mas em seguida, em interface planalto-planície, tem uma baixa velocidade de escoamento superficial, associados a forma alongada da bacia e ao relevo (em sua maior área) mais plano, correspondendo a uma baixa capacidade de gerar novos cursos d'água, o que indica que os processos erosivos na área não são recentes (COSTA; LEITE, 2020).

O planejamento ambiental utiliza diversos métodos para fazer uma avaliação detalhada sobre a área e a fragilidade dos ambientes, neste contexto, demonstra o grau de sensibilidade em que a área se encontra. Deste modo, a análise da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Nioaque é de grande importância para subsidiar o planejamento ambiental, apontando áreas com maior fragilidade que devem ser poupadas, colaborando assim para a conservação do meio ambiente.

Revisão Teórica

A bacia como unidade de pesquisa para estudos integrados

Segundo Casseti (1991, p. 49) “o homem, ao apropriar-se da natureza e transformá-la, pode processar alterações significativas na exploração biológica, gerando gradativamente modificações no potencial ecológico”. O mesmo autor ainda diz que as transformações nos ambientes naturais afetam o sistema hidrológico das vertentes e o processo erosivo é acelerado significativamente o que por sua vez, pode gerar efeitos irreversíveis se for ultrapassado os limites de recuperação.

Para Ross (1994) os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção das ações humanas. Para tanto, o conhecimento dos elementos físicos da área é essencial, visto que são a base da caracterização e conhecimento da gênese do ambiente.

O processo de ocupação humana tem grande impacto no ambiente natural, Casseti (1991) ressalta que a partir do momento de ocupação das vertentes e retirada da cobertura vegetal, as relações processuais morfodinâmicas se alteram. Além de aumento do processo erosivo, fatores como o aumento de fluxo por terra (escoamento ou comportamento paralelo) e a redução de infiltração são altamente modificadas.

Enquanto área territorial, a bacia hidrográfica tem sido adotada como unidade de análise ambiental ideal para estudos integradas, uma vez que, pelos menos os processos naturais são vistos de maneira sistêmica e dinâmica.

Porto e Porto (2008, p. 45) destacam que “a bacia hidrográfica pode ser considerada um ente sistêmico. É onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos”.

O conceito de sistema é ainda o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar problemas ambientais, visto que o ambiente natural tem seus elementos conectados e dinâmicos. O sistema permite adotar uma visão de conjunto, capaz de possibilitar uma atuação eficaz sobre o meio ambiente (TRICART, 1977). Em concordância Christofolletti (1979) salienta que um sistema deve ter: elementos ou unidades que se conectam e relacionam-se em dependência um com o outro integrando um todo que demonstram os fluxos atuantes. Compostos por uma entrada (*input*) considerada aquilo que o sistema recebe e saída (*output*) a passagem que sofre transformações em seu interior e, depois, são encaminhadas para fora.

Para conhecer um ambiente natural, primeiramente deve-se levar em conta as potencialidades do ambiente considerando as características particulares de cada elemento que o compõe, tais como dos solos, relevo, rochas, clima, cobertura vegetal, enfim de todas as componentes do estrato geográfico. Para analisar a fragilidade se exige que estes elementos sejam avaliados de forma integrada (ROSS, 1994).

A análise de fragilidade proposta na metodologia de Ross (1994, p.66) “exige estudos básicos do relevo, do subsolo, do solo, do uso da terra e do clima”, no intuito de conhecer a natureza genética da área em que se pretende aplicar a análise.

Para análise de ambientes fragilizados deve-se levar em conta a dinâmica da área e as interações dos elementos do meio natural. Para tanto, Ross (1994) baseou-se no conceito de Unidade Ecodinâmica de Tricart (1977), onde entende os meios naturais através de trocas de energia e matéria relacionando-se em equilíbrio dinâmico. Estes equilíbrios podem ser alterados, gerando desequilíbrios temporários ou permanentes, que Tricart (*op cit*) definiu como Estáveis, quando em equilíbrio, e Instáveis quando em desequilíbrio

Ross (1994) define Unidade Ecodinâmica Instável como aquelas que se modificam intensamente por ação antrópica e as Unidades Ecodinâmica Estáveis como sendo as que foram poupadas da ação humana e se mantem em equilíbrio natural. Para uma melhor definição a

respeito do grau de fragilidade das Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou Instabilidades Emergente dos ambientes o mesmo autor estabelece graus de Instabilidade, partindo da caracterização física da área.

O mapeamento que permite o conhecimento das alterações no terreno pode ser realizado por meio de interpretação de imagens de satélite. Essas imagens, conforme destaca Florenzano (2011, p. 91) permitem a identificação de elementos como: “o relevo, a vegetação, a água e o uso da terra”. Proporcionando um entendimento do conjunto de elementos, a interação destes, entre si na formação dos ambientes e o acompanhamento das mudanças temporais.

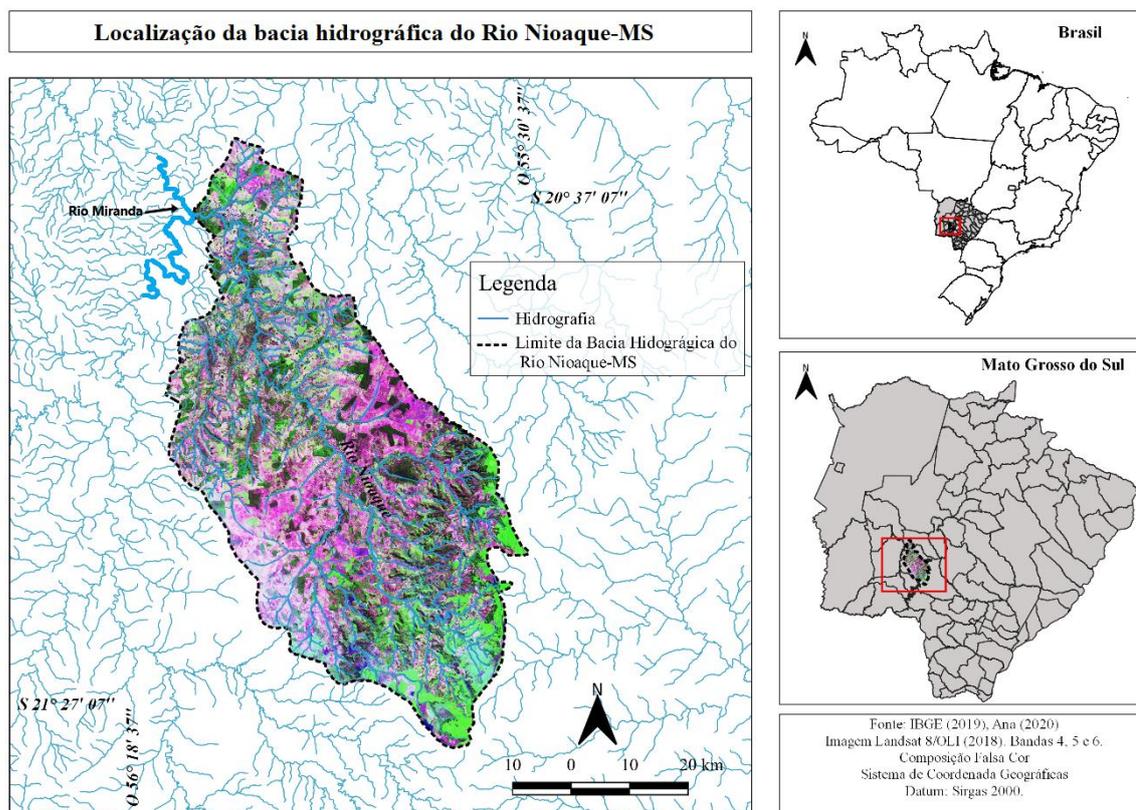
Para a classificação dos graus de fragilidade Ross (1994), quantifica as informações geradas, fornecendo pesos que variam de 1 a 5 para cada classe dos elementos analisados. A identificação da fragilidade ambiental “proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território” (SPÖRL; ROSS, 2004, p. 40).

Materiais e Métodos

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Nioaque-MS localiza-se no Estado de Mato Grosso do Sul nas coordenadas geográficas: paralelos 20°35' e 21°35' S e meridianos 55°30' e 56°10' W.Gr, (Figura 1), compreendendo os municípios de Maracaju, Anastácio e sua maior porção no município de Nioaque-MS. A bacia está na interface planalto-planície, de Maracaju, sendo um importante afluente da margem direita do rio Miranda-MS.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2020).

A bacia do rio Nioaque está localizada na região de clima AW, conforme critérios de Köppen (1948), sendo caracterizado por “clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco)” com precipitações superiores a 750mm anuais (EMBRAPA, 2006, p. 27).

Em geral as estações do ano no Mato Grosso do Sul são bem definidas, tendo um inverno marcado por ser mais frio e seco e um verão mais quente e úmido, com maiores índices de chuva. O que correspondem aos períodos de cheia e estiagem do pantanal.

Conforme a alteração do homem no ambiente, tais como a retirada da vegetação, a temperatura pode variar aquecendo o solo, além de deixar o solo exposto no período chuvoso, podendo aumentar os processos de erosões, principalmente em áreas apontadas como mais frágeis.

Metodologia

Para a elaboração deste trabalho, primeiramente foi realizado o levantamento bibliográfico da temática proposta e levantamento cartográfico da área. Baseado na proposta metodológica para análise de fragilidade ambiental estabelecida por Ross (1994), que procura relacionar os componentes físicos do extrato geográfico de maneira integrada, onde o autor apoia-se no conceito de Ecodinâmicas preconizado por Tricart (1977), que analisa o ambiente de forma sistêmica e dinâmica.

Para a elaboração da carta geomorfológica foi utilizando como base de informações os Padrões de Formas expressos através da Matriz de Índice de Dissecação do Relevo desenvolvidos por Ross (1992). Em que foi feito o cruzamento de dados de Dissecação vertical e horizontal, utilizando a ferramenta de calculadora de campo no *software* Q-GIS 3.10, tendo como base imagens SRTM 30m (20S57 e 21S57).

Na identificação dos solos foi realizado a compilação de dados em *shapefile* disponibilizados pela EMBRAPA (2006), verificando-se 4 classes de solo que foram relacionados conforme a distribuição de peso proposta por Ross (1994).

As imagens de satélite utilizadas correspondem ao Landsat-8, sensor OLI - (Operational Land Imager) que são disponibilizadas gratuitamente no Catálogo de Imagens do INPE. “O sensor OLI possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática”, o que permite composições de bandas para diversas finalidades (EMBRAPA, 2022, p.1).

O mapa que demonstra o estrato vegetativo foi elaborado a partir das bandas 4 (Vermelho) e 5 (Infravermelho próximo), do satélite Landsat 8 do ano de 2018, possibilitando obter os valores de Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI).

O NDVI, segundo Almeida *et al.* (2001, p. 378) é “uma medida de capacidade fotossintética da vegetação, quanto maior o NDVI mais ativa fotossinteticamente é a cobertura vegetal”. Ou seja, quanto maior os valores, maior vegetação e posteriormente maior proteção vegetal. Tendo o NDVI valores variando de -1 a 1.

Para o mapa de uso da terra utilizou-se imagens de satélite Landsat 8 de junho de 2018, bandas 4 (Vermelho), 5 (Infravermelho próximo) e 6 (Infravermelho médio). Aplicando-se a segmentação de imagens e posteriormente a técnica de classificação Ioseg, contida no *software* Spring 5.2.7. Esse classificador “a princípio, aceita todos os *pixels* da cena como pertencentes

a uma única classe. Posteriormente, começa a dividir a cena em diferentes classes, segundo as diferenças espectrais observadas nos pixels” (MOREIRA, 2005, p. 293).

Para discutir as características físicas correspondentes do ambiente analisado, apoiou-se nas descrições dos elementos físicos contidas no RADAMBRASIL (1992) e nos manuais do IBGE (Pedologia e Uso da Terra). A definição das classes temáticas de uso e cobertura terrestre foram realizadas a partir do IBGE (2013), sendo definida três classes: Remanescente Florestal, Uso Antrópico e Urbano.

Para elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental, realizou-se o cruzamento das informações de Uso da Terra e NDVI (Uso/Vegetação) e Índice de Dissecação do Relevo e Solo (Relevo/Solo), gerando mapas intermediários que por fim cruzaram-se novamente para o mapa final. Com esse material foi possível identificar áreas com maior e menor grau de fragilidade, fornecendo subsídio ao planejamento ambiental e ao uso e ocupação da Terra.

Resultados e Discussões

Características do Relevo e Solo

O Índice de Dissecação do Relevo (IDR) é composto pelo cruzamento das variáveis de grau de Dissecação Vertical e de Dissecação Horizontal, ou seja, o entalhamento dos vales e o nivelamento topográfico de acordo com as meias bacias geradas.

Para elaboração desse mapa utilizou-se como base a Matriz de Índice de dissecação (Quadro 1), que classifica esta variável geomorfológica em 5 classes conforme a nota de peso atribuída.

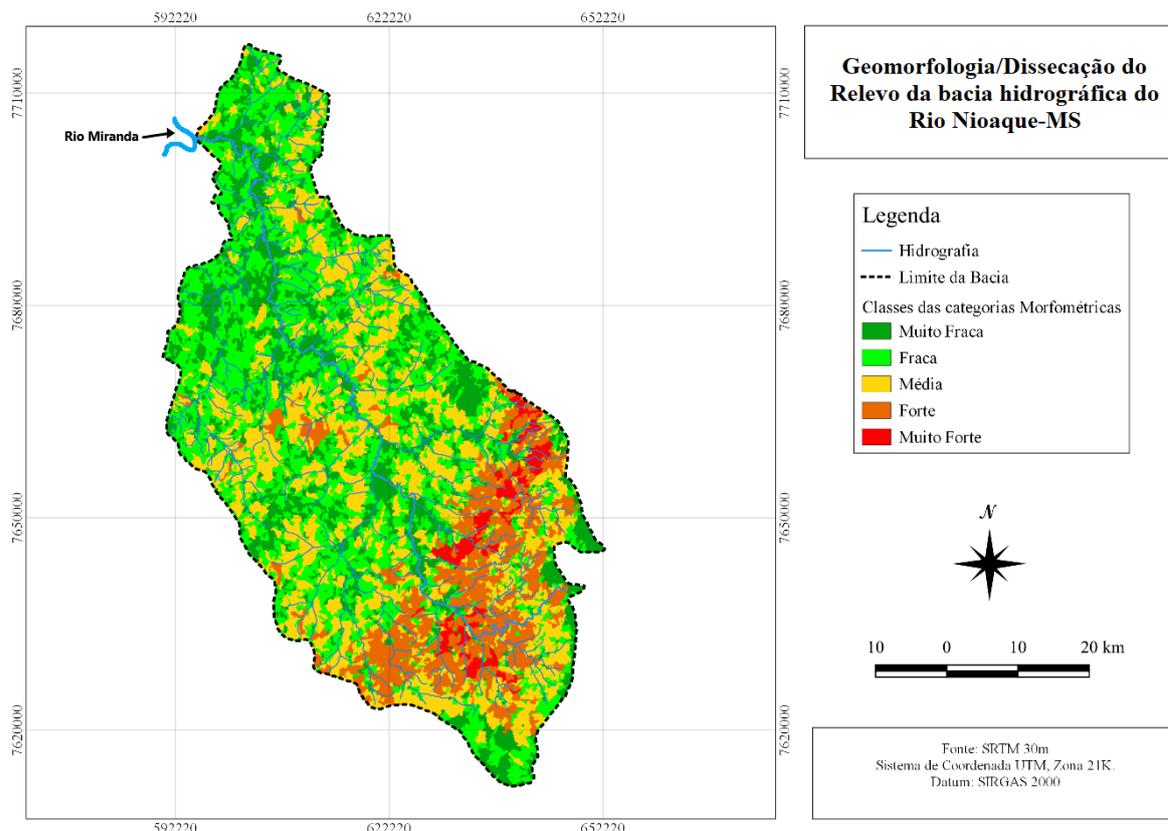
Quadro 1 - Categoria morfometria do Índice de dissecação do Relevo conforme Ross (1994).

1 Muito Fraco	11	12	13	14	15
2 Fraco	21	22	23	24	25
3 Médio	31	32	33	34	35
4 Forte	41	52	43	44	45
5 Muito Forte	51	52	53	54	55

Fonte: Guimarães *et al.* (2017).

Conforme a aplicação morfométrica gerou-se o mapa de geomorfologia (Figura 2 e Tabela 1), onde é possível observar a predominância da classe média e forte na distribuição da área da bacia.

Figura 2 – Geomorfologia da bacia hidrográfica do Rio Nioaque, MS.



Fonte: Autores (2020).

Ao analisarmos o IDR, observa-se que cerca de 35,32% da área da bacia está compreendida pela classe de média fragilidade. Este índice é baseado “na relação de densidade de drenagem/dimensão interfluvial média para a dissecação no plano horizontal e nos graus de entalhamento dos canais de drenagem para a dissecação no plano vertical” (ROSS, 1994, p. 67).

Tabela 1 – Índice de dissecação do Relevo

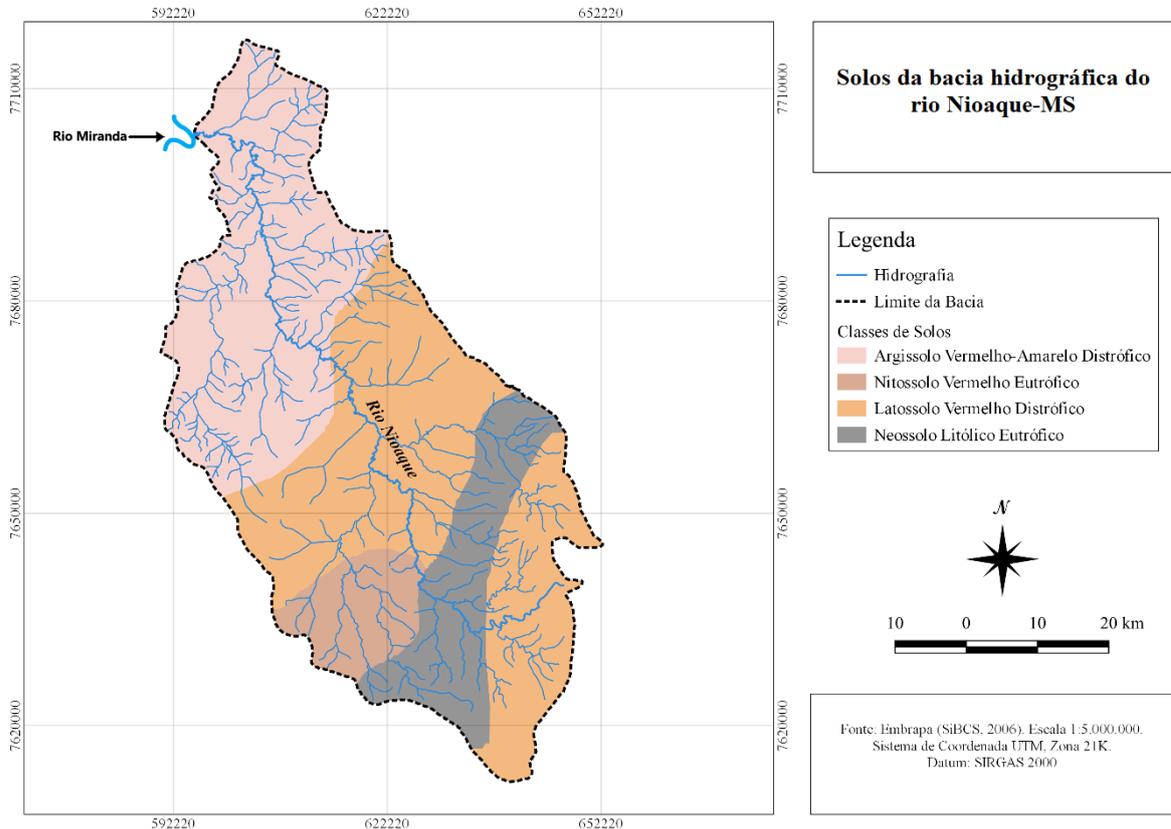
Classes	Km ²	Porcentagem %
1.Muito fraca	2.17	0,07%
2.Fraca	650.73	19,96%
3.Média	1151.45	35,32%
4.Forte	946.33	29.03%
5.Muito forte	509.32	15.62%
Total	3260 km ²	100%

Fonte: Ross (1994), organizado pelos Autores (2020).

As classes consideradas média a muito forte ocupam 79.97% da área, representando, desta forma, que a bacia em análise precisa de atenção nos processos de ocupação, considerando isoladamente estes índices e sua proporcionalidade.

A bacia do rio Nioaque-MS está composta por 4 classes de solo, os Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico; Nitossolo Vermelho Eutrófico; Latossolo Vermelho Distrófico e Neossolo Litólico Eutrófico (Figura 3, Tabela 2).

Figura 3 - Solos da bacia do rio Nioaque, MS.



Fonte: Autores (2020).

Tabela 2 – Classes de solos

Solos (Classes Dominante) Legenda: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)	Legenda RadamBrasil	Km ²	%
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico	1145,82	35,15%
Nitossolo Vermelho Eutrófico	Terra roxa estrutural	254,80	7,81%
Latossolo Vermelho Distrófico	Latossolo Vermelho Escuro álico e distrófico	1309,04	42,64%
Neossolo Litólico Eutrófico	Solos litólicos álicos, distróficos e eutróficos	469,34	14,40%
Área total		3260km ²	100%

Fonte: IBGE (2007), BRASIL (1992), organizado pelos Autores (2020).

A bacia do rio Nioaque caracteriza-se por solos, basicamente, compostos por argila e areia, sendo eles:

O Neossolo Litólico Eutrófico com cerca de 14,40%, que “apresentam grande variação quanto ao material originário a propriedade, encontra-se solos desde eutróficos a álicos, com textura arenosa e argilosa, sem cascalhos a muito cascalhentos, variando o relevo de suave ondulado a escarpado” (BRASIL, 1982, p. 236).

O Argissolo Vermelho-Amarelo Ditrófico com cerca de 35,15%, originam-se do arenito, silito e argilito da Formação Aquidauana. “O relevo em que se situam geralmente não constitui impedimento à mecanização, porém práticas conservacionistas dos solos deverão ser efetuadas, principalmente nos abruptos, devido à suscetibilidade à erosão que estes apresentam” (BRASIL, 1982, p. 208).

O Nitossolo Vermelho Eutrófico correspondendo a 7,81%, sendo este solo compostos por “minerais, argilosos, profundos, bem drenados, argila de atividade baixa, originados da decomposição do basalto da Formação Serra Geral” (BRASIL, 1982, p. 204).

O Latossolo Vermelho Distrófico com 42,64%, sendo estes “solos muito profundos, acentuadamente ou fortemente drenados, muito porosos e permeáveis, com avançado estágio de intemperização e processo intensivo de lixiviação, estando praticamente ausentes minerais pouco resistentes ao intemperismo” (BRASIL, 1982, p. 194).

Para os solos, conforme a classificação de grau de fragilidade proposta na metodologia de Ross (1994), a tabela 3 representa a distribuição de fragilidade encontrados na bacia.

Tabela 3 – Classes de fragilidade de solo da bacia hidrográfica do rio Nioaque-MS

Classe de Fragilidade	Tipos de Solos segundo a classificação de Ross (1994)	Tipos de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Nioaque-MS	%
1-Muito Baixo	Latossolo roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelado textura Argilosa	Latossolo Vermelho Distrófico	42,64%
2-Baixo	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/argilosa		
3-Médio	Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Padzólico Vermelho-amarelo textura média/argilosa	Nitossolo Vermelho Eutrófico	7,81%
4-Forte	Padzólico Vermelho amarelo textura média/arenosa, Cambissolo	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	35,15%
5-Muito Forte	Padzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas	Neossolo Litólico Eutrófico	14,40%

Fonte: Ross (1994), organizado pelos Autores (2020).

Conforme a relação dos solos com a classe de fragilidade, observa-se que 42,64 % da área da bacia se encontra na classe 1 que corresponde a fragilidade muito baixa, as demais

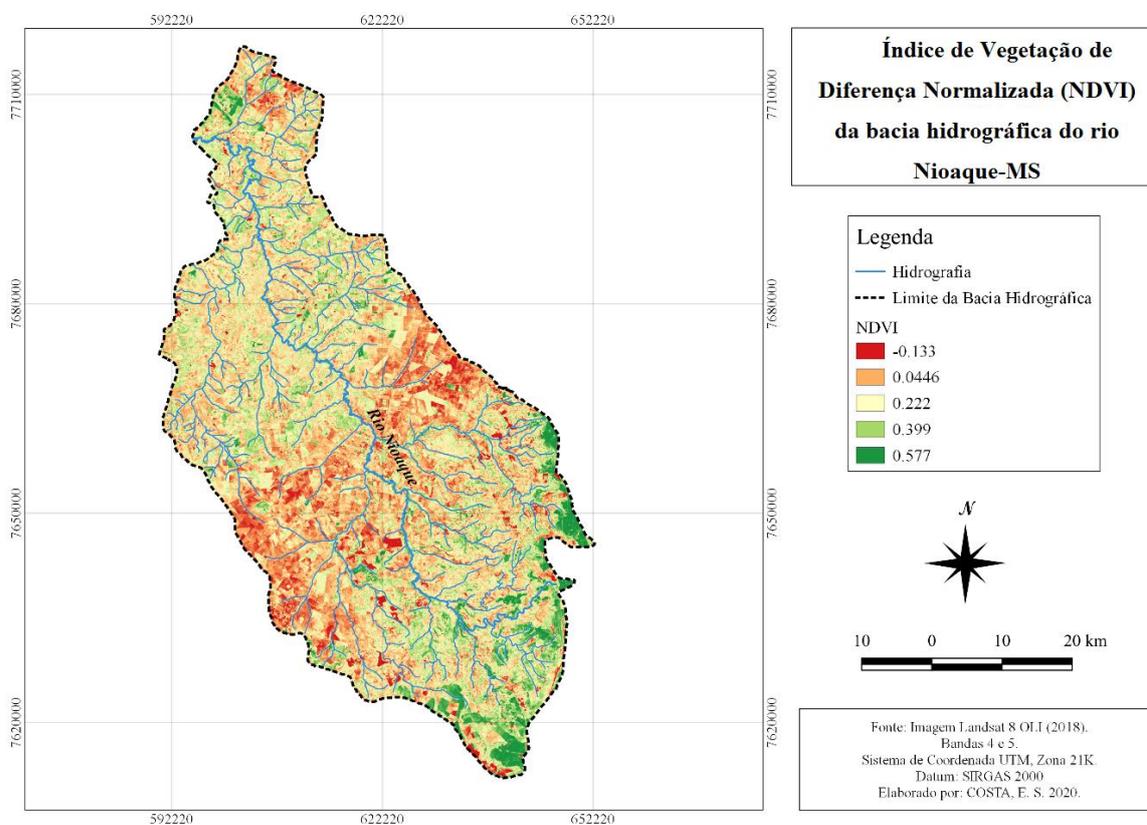
classes se apresentam entre o médio ao muito forte (Médio: 7,81%, Forte: 35, 15% e Muito Forte: 14,40%), indicando que algumas áreas devem ser analisadas com maior cuidado devido suas características formadoras.

Proteção dos solos pela cobertura vegetal (Vegetação/Uso)

Para analisar a proteção da cobertura vegetal Ross (1994) propõem que seja construído a carta de Uso da Terra e Cobertura vegetal, possibilitando analisar o extrato vegetativo presente na área de estudo. Para Crepani *et al.* (2001, p.15) “a participação da cobertura vegetal na caracterização morfodinâmica das unidades de paisagem natural está diretamente ligada à sua capacidade de proteção”. Neste sentido, a identificação de cobertura vegetal colabora para o reconhecimento do grau de proteção do solo.

Na análise vegetativa (Figura 4) utilizou-se o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) que varia de -1 a 1, demonstrando que quanto mais próximo de 1 maior probabilidade de haver cobertura vegetal e quanto mais próximo de -1 menor as chances de ter cobertura vegetal.

Figura 4 – NDVI da bacia hidrográfica do rio Nioaque-MS (2018).



Fonte: Autores (2020).

De acordo com os valores de NDVI apresentados (Tabela 4) pode-se constatar que 84,52% da área encontra-se na classe 5, que representa áreas com vegetação rarefeita. Neste sentido, entende-se que pode estar havendo alterações antrópicas intensas na maior parte da área da bacia.

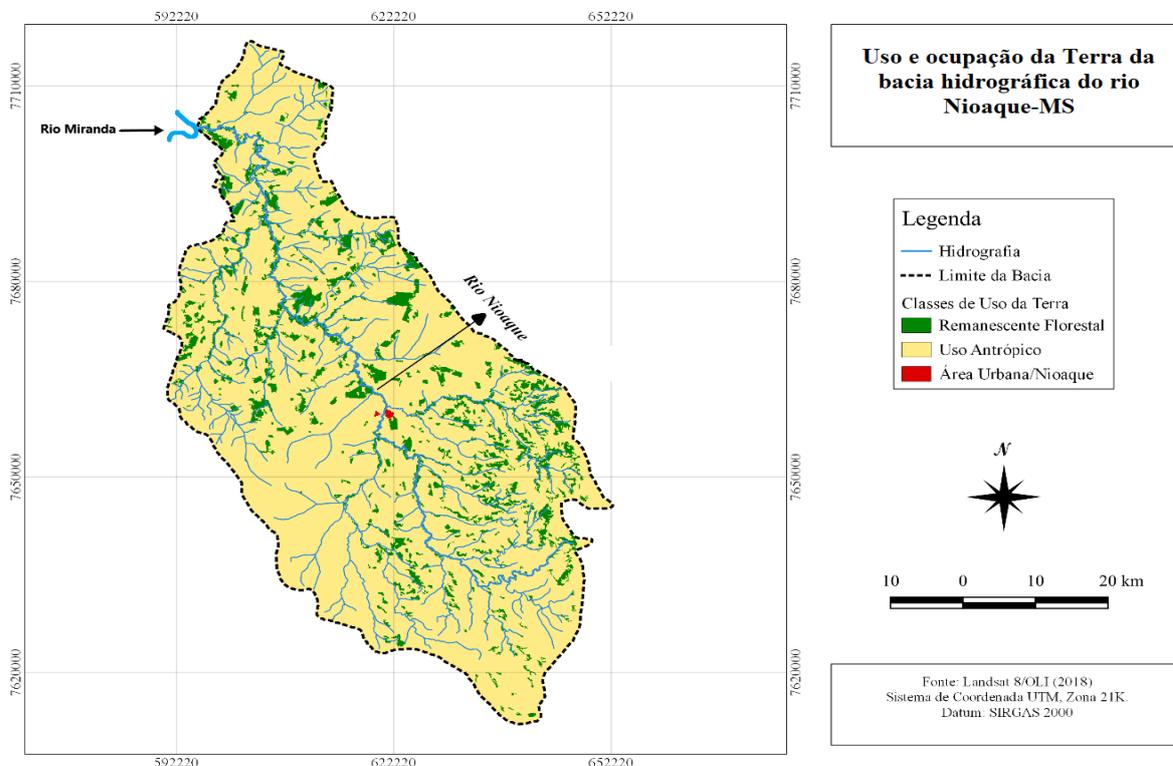
Tabela 4 –NDVI da bacia hidrográfica do rio Nioaque-MS

Classes	Km ²	Porcentagem %
1	1.53	0,04%
2	1.55	0,05 %
3	411.32	12,62 %
4	2755.45	84,52 %
5	90.15	2,77 %
Total	3260 km ²	100%

Fonte: ROSS (1994), organizado pelos Autores (2020).

Conforme estudos de Leite e Rosa (2009, p.5906) “o avanço do uso antrópico na bacia, através da implantação de pastagens para pecuária e lavouras em consequência de sucessivos desmatamentos” vem crescendo. O que podemos constatar de acordo com o mapa de uso da Terra (Figura 5) que apresenta uma grande influência do uso antrópico.

Figura 5 – Uso e ocupação da Terra da bacia do rio Nioaque-MS



Fonte: Autores (2020).

A fim de facilitar a interpretação e análise dos dados, optou-se pela utilização de 3 classes para o Uso e Cobertura da Terra, sendo: Remanescente Florestal, Uso Antrópico e Urbano. O uso da Terra na bacia hidrográfica do rio Nioaque-MS, tem sua maior porção ocupada pela classe de uso antrópico (89,1%), chegando a quase 90% da área. O que é alarmante, visto que pouco se resta da vegetação natural (Tabela 5).

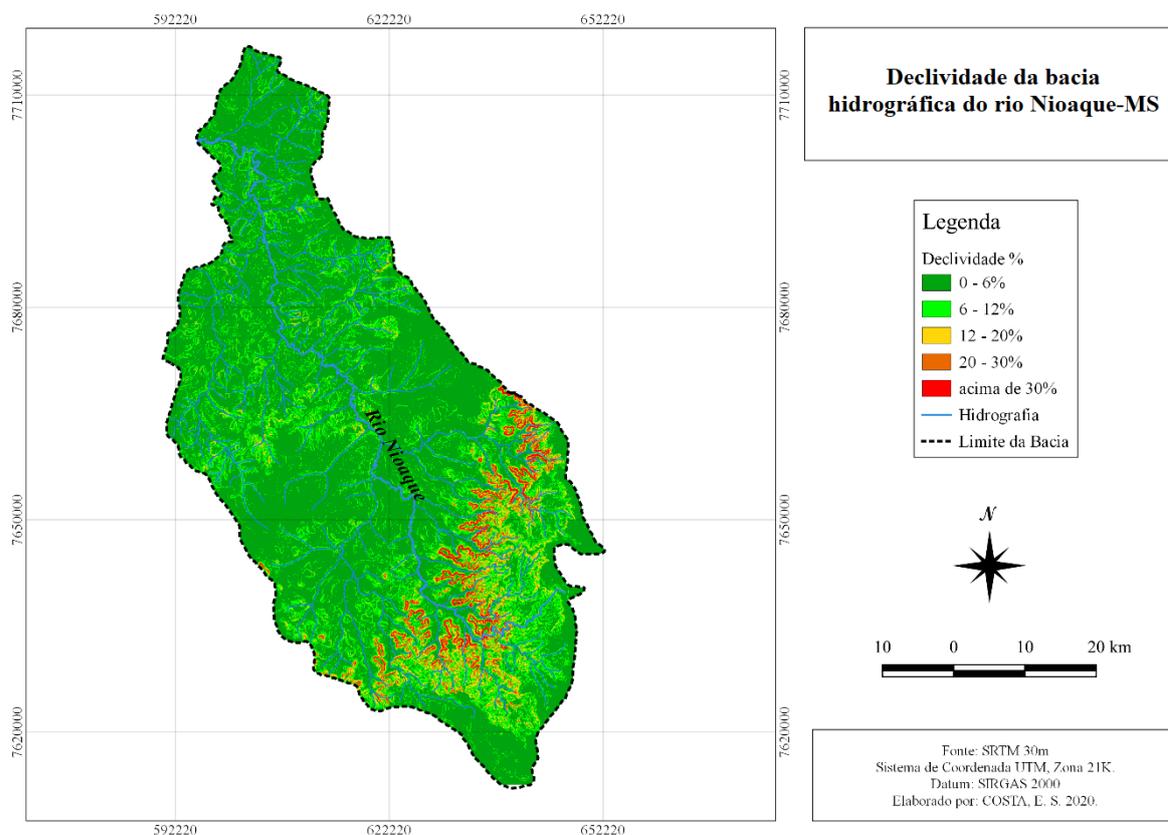
Tabela 5– Quantificação do uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Nioaque-MS.

Classes	Km ²	%
Remanescente Florestal	352,04	10,8
Uso Antrópico	2904,74	89,1
Urbano	3,22	0,1
Área total	3260 Km ²	100%

Fonte: Autores (2020).

A classe Remanescente Florestal, considerou toda e qualquer vegetação densa, áreas de vegetação natural e floresta possíveis de ser observada nas imagens de satélite do ano de 2018. A classe de Uso Antrópico envolveu as culturas permanentes, temporárias pastagens, agricultura, pecuária e áreas reflorestadas. Já a classe área urbana foi entendida como a identificação da mancha urbana visível na interpretação de imagem.

A declividade auxilia na compressão dos tipos de uso e ocupação que ocorre na área, uma vez que áreas mais rebaixadas e com maior nivelamento topográfico são mais favoráveis as atividades antrópicas (Figura 6).

Figura 6 – Mapa de declividade da bacia do rio Nioaque-MS

Fonte: Autores (2020).

A qualidade natural das bacias hidrográficas depende intrinsecamente do uso e ocupação que ocorre no seu entorno. Conforme figuras 7 e 8 é possível observar que a pastagem ocupa boa parte da área no entorno da bacia hidrográfica do rio Nioaque.

Figura 7 – Pastagem no entorno da bacia hidrográfica do Rio Nioaque.

Fonte: Autores (2020).

Com a baixa declividade na maior extensão da bacia hidrográfica, observa-se a consolidação das atividades agrícolas com grandes campos ocupados por pastagem, ressaltando a intensa influencia humana na área dessa bacia.

Figura 8 – Consolidação da Pastagem.

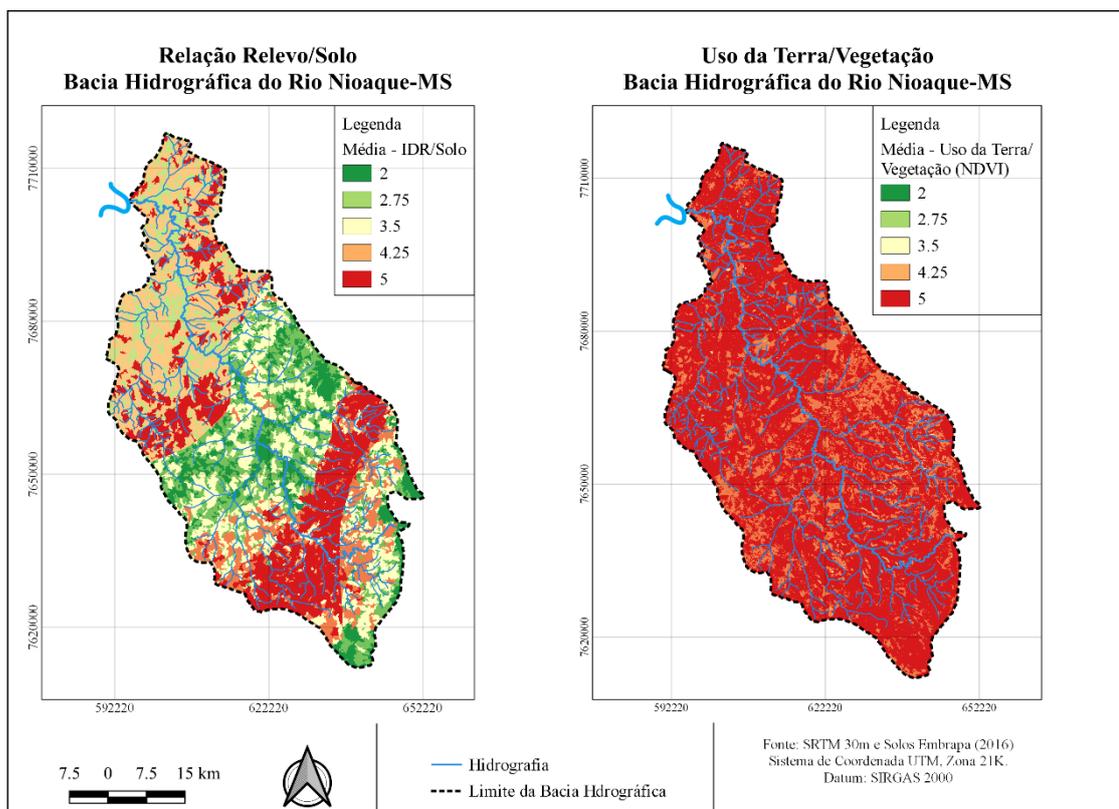


Fonte: Autores (2020).

A atuação antrópica altera o meio natural e quando intensificadas podem causar danos irreversíveis ao meio ambiente, “a agricultura, a pecuária, a silvicultura, a mineração e as obras de engenharia civil são exemplos de atividades que, em maior ou menor escala, introduzem estímulos externos ao sistema” (CREPANI *et al.* 2001, p. 16). Desta forma, a intensa ação dessas atividades altera a dinâmica natural da área em diferentes escalas e estudos como o da fragilidade pode colaborar para o planejamento, informando áreas que se encontram fragilizadas.

Resultados e Discussões

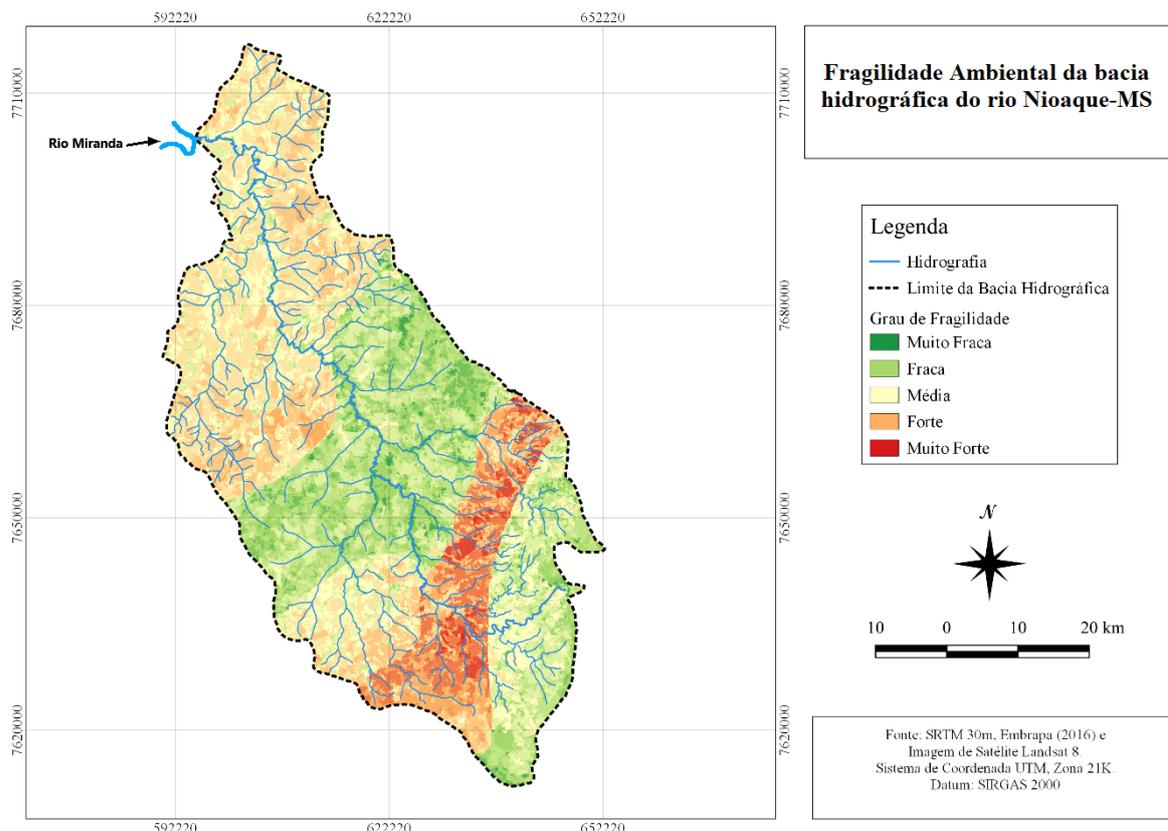
Com este trabalho podemos observar uma grande utilização da área por ações antrópicas, reveladas tanto nos mapas de uso da terra como no de NDVI. Como etapas para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental, elaborou-se os mapas de relação relevo/solo e uso da terra /vegetação (Figura 9).

Figura 9 – Mapas intermediários ao mapa de fragilidade da bacia do rio Nioaque-MS

Fonte: Autores (2020).

Conforme a proposta do trabalho, o cruzamento dos dados de solo, relevo, uso da terra e vegetação gerou-se o mapa de fragilidade, considerando os valores de fragilidade estabelecidos por Ross (1994). O resultado do cruzamento dessas variáveis foi o mapa de fragilidade ambiental (Figura 10), que correspondem ao grau de fragilidade da área da bacia para o ano de 2018.

Figura 10 – Fragilidade Ambiental da bacia do rio Nioaque-MS



Fonte: Autores (2020).

Conforme a classificação de Ross (1994), fica estabelecido a distribuição de grau de fragilidade (Tabela 6).

Tabela 6 – Fragilidade da bacia hidrográfica do rio Nioaque-MS.

Classes	Km ²	Porcentagem %
1.muito fraca	3.52	0,11%
2.fraca	737.90	22,63%
3.média	1104.65	33,89%
4.forte	1038.96	31,87%
5.muito forte	374.97	11,50%
Total	3260km ²	100%

Fonte: Autores (2020).

O mapa de fragilidade ambiental demonstrou que a classe que mais se destaca é a média, com 33,89% e a classe forte, com cerca de 31,87%, estando então um total de 65,76% entre as classes 3 e 4, o que pode ser associado aos solos com textura arenosa e a falta de cobertura vegetal, que torna a área exposta e conseqüentemente mais propensa aos processos erosivos.

Por conta dos baixos níveis de declividade, em maior parte da área, o uso da Terra é mais frequente e conseqüentemente ocorre a retirada da cobertura vegetal, que pode causar a perda da recuperação do solo e o desgaste quando não levada em conta seu grau de fragilidade.

Considerações Finais

Relacionando todas as variáveis físicas analisadas, ressalta-se a importância da manutenção da vegetação arbórea bem como a aplicação dos usos conservacionistas para a minimização das forças que desencadeiam os processos erosivos.

Contatou-se que a fragilidade da área se concentra nas classes média (33,89%) e forte (31,87%), localizadas, principalmente, na faixa correspondente ao solo do tipo Neossolo que é caracterizado por uma textura arenosa e argilosa, estando na interface planalto/planície.

A fragilidade dos ambientes pode servir como base para o zoneamento e fornecimento de subsídios à gestão do território. Neste sentido, este trabalho demonstra a importância da análise sistêmica da fragilidade ambiental, para se ter noção do grau de fragilidade de uma determinada área. Assim, podendo preservar e utilizar o ambiente de forma conservacionista, respeitando a capacidade de suporte conforme a complexidade particular de cada ambiente.

O conhecimento dos elementos físicos fornece informações essenciais para o entendimento da área. Deste modo, espera-se que novos trabalhos possam surgir a partir deste para fundamentar e explorar cada vez mais o conhecimento físico geográfico na busca dos melhores usos, de maneira consciente, com menores impactos ambientais.

Referências

ALMEIDA, Maria G. RUDORFF, Bernardo F. T. SHIMABUKURO, YOSIO E. **Mapeamento da Cobertura Vegetal de Áreas de Grande Extensão Através De Mosaicos de Imagens Do NOAA-AVHRR**. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu. 2001.

BACK, Á. J. **Bacias Hidrográficas: Classificação E Caracterização Física**. Florianópolis: Epagri, 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL: levantamento dos recursos naturais**. Folha SF.21 Campo Grande. Rio de Janeiro: 1992, v.28.

CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. – (Coleção ensaios).

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo – HUCITEC: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COSTA, Edwina Santos da; LEITE, Emerson Figueiredo. Análise da morfometria areal da bacia hidrográfica do rio Nioaque- MS. **Revista Pantaneira**, V.18, Edição especial IV Workshop do PPGeo/CPAQ/UFMS e 3ª Mostra de pesquisa dos cursos de pós-graduação e graduação em geografia, “Olhares e lugares geográficos do ensino, saúde, ambiente e sociedade na pandemia”, UFMS, Aquidauana-MS, novembro de 2020.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P. & FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: SAE/INPE, 2001.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Caracterização climática das culturas anuais e perenes no zoneamento pedoclimático do Estado de Mato Grosso do Sul**. (Org) GONÇALVES, Alexandre Ortega *et al.* Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solo Shapefile Brasil, 2006**. Disponível em: < encurtador.com.br/jlDHP>. Acesso em: 07/06/2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat#:~:text=O%20sensor%20OLI%20possui%20bandas,ter%20quntiza%C3%A7%C3%A3o%20de%2012%20bits.>>. Acesso em: 02/11/2022.

FALCÃO, Karina dos Santos; LEITE, Emerson Figueiredo. Avaliação do potencial natural à erosão hídrica na bacia do Rio Nioaque. **Revista Georaguaia**. Barra do Garças – MT. V.8, Nº3. 2018.

FINKLER, Raquel. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**. Acervo Educacional sobre Água. ANA – Agência Nacional de Águas. 2004. Disponível em: < <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2560>>. Acesso em: 01/01/2020.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. Ed. Ampl. E atual. – São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GUIMARÃES, Felipe Silva; CORDEIRO, Claudia Mendes; BUENO, Guilherme Taitson; CARVALHO, Vilma Lúcia Macagnan; NERO, Marcelo Antônio. Uma Proposta para automatização do Índice de Dissecção do Relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V.18, nº1. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3.ed. nº7. Rio de Janeiro, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 2º.ed. Rio de Janeiro, 2007.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>. Acesso em: Jul. 2020.

LEITE, Emerson Figueiredo; ROSA, Roberto. Sensoriamento Remoto multitemporal na Bacia Hidrográfica do Rio Nioaque, MS. In: XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil. **Anais**. INPE, 2009, p. 5903-5908.

MELCHER, Rafael. Implicações dos índices de anomalias de chuva nos focos de calor da bacia hidrográfica do Rio Nioaque, no período de 1993 a 2017. Dissertação de mestrado. UFMS, Aquidauana, 2019.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologia de aplicação**. 3. Ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações** / Editores Alexandre Schiavetti, Antonio F. M. Camargo. - Ilhéus, Ba: Editus, 2002.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Revista Estudos Avançados**, V. 22, Nº 63, 2008.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, p.63-74. 1994.

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

SPÖRL C, ROSS JLS. Análise comparativa da fragilidade ambiental relevo com aplicação de três modelos. GEOUSP – **Revista: Espaço e Tempo**, São Paulo, nº15, p.39-49, 2004.

TAVARES, Kássio Samay Ribeiro; MENDES, Samuel de Oliveira; FERREIRA NETO, João Batista. **Geografia Física e a abordagem geossistêmica aplicada à estudos de suscetibilidade ambiental de bacias hidrográficas** Revista Brasileira de Geografia Física v.15, n.02 (2022) 634-649.

TOPODATA. Banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. **SRTM 30M (20S57 e 21S57)** São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 02/01/2020.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Série recursos naturais e meio ambiente. Rio de Janeiro, IBGE, 1977.

*Recebido em 07 de outubro de 2022.
Aceito em 08 de novembro de 2022.
Publicado em 01 de dezembro de 2022.*