



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS - UEG
CAMPUS CORA CORALINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (PPGEO)

NELTON NATTAN AMARAL NUNES

**DINÂMICA AMBIENTAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS DE CERRADO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS, ITABERAÍ, GOIÁS.**

**GOIÁS – GO
2023**

NELTON NATTAN AMARAL NUNES

**DINÂMICA AMBIENTAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS DE CERRADO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS, ITABERAÍ, GOIÁS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Cora Coralina, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de Concentração: Estudos Ambientais e Territoriais do Cerrado.

Linha de Pesquisa: Análise Ambiental do Cerrado.

Orientador: Dr. José Carlos de Souza

GOIÁS – GO

2023

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E DISSERTAÇÕES NA
BIBLIOTECA DIGITAL (BDTD)**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, CsA nº 1.087/2019 sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/1998, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data¹. Estando ciente que o conteúdo disponibilizado é de inteira responsabilidade do(a) autor(a).

Dados do autor (a)

Nome completo: Nilton Nattan Amaral Nunes

Email: neltonnattan@hotmail.com

Dados do trabalho

Título: DINÂMICA AMBIENTAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS DE CERRADO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS, ITABERAÍ, GOIÁS.

Tipo:

Tese Dissertação

Curso/Programa: Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Geografia - PPGEO

Concorda com a liberação documento

SIM NÃO

¹Período de embargo é de até um ano a partir da data de defesa.

Itaçu, 11 de outubro de 2023.

Documento assinado digitalmente
gov.br
NILTON NATTAN AMARAL NUNES
Data: 12/10/2023 20:11:40-0308
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Assinatura autor(a)

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOSE CARLOS DE SOUZA
Data: 12/10/2023 09:59:48-0308
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Assinatura do orientador(a)

CATALOGAÇÃO NA FONTE

Biblioteca Frei Simão Dorvi – UEG Câmpus Cora Coralina

N972d Nunes, Nelton Nattan Amaral.
Dinâmica ambiental dos fragmentos florestais de Cerrado da bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Itaberaí, Goiás [manuscrito] / Nelton Nattan Amaral Nunes. – Goiás, GO, 2023.
91 f. ; il.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Souza.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Câmpus Cora Coralina, Universidade Estadual de Goiás, 2023.

1. Análise ambiental - Cerrado. 1.1 Bacia hidrográfica - Itaberaí, GO. 1.1.1. Métricas de paisagem. 1.1.2. Fragmentos de Cerrado. I. Título. II. Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Cora Coralina.

CDU: 556.51 (817.3)

Bibliotecária responsável: Marília Linhares Dias – CRB 1/2971

ATA DE EXAME DE DEFESA 09/2023

Aos onze dias do mês de agosto de dois mil e vinte e três às quatorze horas, realizou-se o Exame de Defesa de dissertação do(a) mestrando(a) **Nelton Nattan Amaral Nunes**, intitulado: **"DINÂMICA TEMPORAL DO USO DO SOLO E AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS FRAGMENTOS DE CERRADO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS, ITABERAÍ, GOIÁS"**. A banca examinadora foi composta pelos seguintes professores doutores: José Carlos de Souza (Presidente - PPGEO/UEG), Fernando Moreira de Araújo (IESA/UFG) e Patrícia de Araújo Romão (PPGEO/UEG). Os membros da banca fizeram suas observações e sugestões, as quais deverão ser consideradas pelo mestrando e seu(sua) orientador(a). Em seguida, a banca examinadora reuniu-se para proceder a avaliação do exame de defesa. Reaberta a sessão, o presidente da banca examinadora, Prof.(a) Dr.(a) José Carlos de Souza proclamou que a dissertação encontra-se aprovada (x) ou não aprovada () ou aprovada com ressalva () e com as seguintes exigências (se houver):

Mudança no título da dissertação para: **DINÂMICA AMBIENTAL DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS DE CERRADO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS, ITABERAÍ, GOIÁS**.

Cumpridas as formalidades de pauta, às 16:45 horas a presidência da mesa encerrou esta sessão do Exame de Defesa e lavrou a presente ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos membros da banca examinadora.

Goiás-GO, 11/08/2023.

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSE CARLOS DE SOUZA
Data: 11/08/2023 16:49:06-0308
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. José Carlos de Souza (Presidente)

Documento assinado digitalmente
gov.br FERNANDO MOREIRA DE ARAUJO
Data: 11/08/2023 15:34:45-0308
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Fernando Moreira de Araújo (IESA/UFG)

Documento assinado digitalmente
gov.br PATRICIA DE ARAUJO ROMAO
Data: 14/08/2023 13:25:05-0308
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.(a) Dr.(a) Patrícia de Araújo Romão (PPGEO/UEG)

Dedico esta dissertação primeiramente a Deus que sempre me sustentou e não me deixou fraquejar em nenhum momento, e, em especial, à minha saudosa avó, **Lúcia Marta**, que sempre atuou na educação, e tinha um anelo em me ver concluindo essa etapa tão importante na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois seu amor é eterno e me guiou até o presente momento de minha vida, agradeço por cada dia em que ponderei desistir, mas a minha fé me fazia prosseguir.

Aos meus pais Nelton e Geis, por ter me ensinado os valores da vida, e por terem me apoiado nessa fase tão necessária da minha vida, pois eles sempre compartilhavam minhas angústias, alegrias e conquistas diárias.

Agradeço também minha irmã Nattany Gabrielly, que sempre me motivou a buscar o título de mestre.

A minha avó Benedita Agostinha, que fez parte dessa minha rotina desde o início, tendo sempre a cautela de orações diárias, as minhas idas e vindas da Cidade de Goiás.

Agradeço meu orientador Prof Dr. José Carlos de Souza, que desde a graduação confiou em meu potencial e sempre me auxiliou no que era possível e impossível, e eis me aqui. Também pela positividade, paciência, dedicação em todo processo de orientação desta dissertação, possibilitando sua conclusão.

A minha amiga Déborah Amador que sempre me apoiou, aconselhou e revisou meus artigos e esta dissertação.

A minha amiga de graduação Esther Lais, com quem compartilhei bons momentos de curso e viagens acadêmicas na graduação e na pós-graduação.

A minha inspiração na geografia, professora mestre Lilian Silva, a qual me fez despertar um raro amor pela ciência geográfica, e pelo afeto, carinho que temos em nossa amizade.

A todo quadro docente do PPGEIO, principalmente do Campus Cora Coralina, mestres que a experiência única de mestrado me permitiu conhecer, não foi uma janela que se abriu, mas uma imensa porta de aprendizagem, guardarei todos para sempre.

Aos mestres e doutores da banca de qualificação e defesa, pela dedicação à leitura desta e por todas, as observações realizadas, contribuindo para o aprimoramento e principalmente agregando valores ao meu crescimento humano, educacional e intelectual.

A todos os meus colegas desses dois anos de Mestrado, em especial à Vanderlea e Rosana, pessoas incríveis, múltiplos conhecimentos aos quais levarei sempre em minha jornada.

Semente da poesia

Solo, onde se pisa e se cria
Onde se trabalha, onde se degrada
Onde germina a semente da poesia
E conserva a esperança da vida

Quando chove, sinto o cheiro
Nostalgia e melancolia,
Ao ver passar o cavaleiro
Que da terra tira o dinheiro

A humanidade não valoriza,
Mas do que a gente precisa
É olhar para os horizontes
E voar mais alto que os montes.

Heloisa Ferreira Pontes

27/05/2023

RESUMO

As bacias hidrográficas são unidades de estudos geoambientais e recortes espaciais de análises destinadas a medir os efeitos da intervenção humana nesses sistemas. Nesse sentido, métodos de geoprocessamento têm contribuído para esses estudos, permitindo análises integradas da paisagem que permitem levar em consideração aspectos bióticos, abióticos e antrópicos. Assim, esta dissertação de mestrado teve como objetivo desenvolver um estudo da dinâmica temporal e espacial do uso do solo da bacia hidrográfica do rio das Pedras (BHRP), em Itaberaí (Goiás) e, a partir de uma análise integrada da paisagem, avaliar as condições ambientais dos fragmentos de Cerrado. O processo de desenvolvimento da pesquisa iniciou com a caracterização da BHRP em seus aspectos geoambientais, o mapeamento e descrição do uso e cobertura do solo para os anos de 1992, 2002, 2012 e 2022, o mapeamento dos fragmentos de cerrado aos quais foram mapeados 4 tipos de fragmentos por tamanho na área da bacia, o qual foram classificados em: pequeno, médio, grande e muito grande. Foram mapeados um total de 237 fragmentos e nestes foram aplicados indicadores de métricas de paisagem, sendo que 80,06% destes apresentam alta pressão antrópica em seu entorno, indicando potencial de extinção. A partir de índices ambientais pode-se avaliar as condições vegetacionais, o NDVI variou de $\leq 0,33$ a $>0,66$ tendo intervalos de 0,33, sendo possível identificar três características para a vegetação dos fragmentos da bacia, onde valores menores ou iguais a 0,33 apresenta algum tipo de deficiência na planta em relação à produção fotossintética e vigor vegetativo, de 0,33 a 0,66 apresenta características moderadamente sadia e valores acima de 0,66 plantas muito sadia, cabe destacar que a maioria dos fragmentos de cerrados existentes na bacia apresentam maior vigor vegetativo, onde observou-se que a maioria dos fragmentos de cerrados presentes na bacia se enquadram no grupo de plantas muito sadia, ocupando 69,7% de área dos fragmentos, cabe destacar que isso ocorre nos fragmentos de tamanho médio, grande e muito grande. Avaliaram-se também as condições de estresse hídrico dos fragmentos o NDWI, apresentando valores menores que 0,07 e maiores que 0,32 sendo categorizados a estresse alto com intervalo de $< 0,07$ a 0,15, estresse moderado de 0,16 a 0,32 e vegetação que não apresenta estresse hídrico $> 0,3225$. É perceptível que grande parte dos fragmentos presentes na bacia apresenta estresse moderado, quase toda totalidade da bacia, a qual consolidou estresse moderado, correspondentes a 54,2% dos fragmentos. Toda a análise realizada, corroborou com a discussão sobre a importância de se verificar os percentuais de áreas ainda ocupadas pela vegetação natural na BHRP, uma vez que a inexistência dessas compromete a biodiversidade, a estabilidade do meio físico e os processos de recarga e vazão das drenagens por isso se faz relevante quando apresenta comprometimento com o avanço das atividades agropecuárias sobre este domínio morfoclimático e fitogeográfico.

Palavras-chave: Métricas de Paisagem. Cerrado. Análise integrada. Fragmentos.

ABSTRACT

Watersheds are ideal units for geoenvironmental studies and analytical uses aimed at measuring the effects of human intervention on these systems. In this sense, geoprocessing methods have contributed to these studies, allowing integrated analyzes of the landscape that allow taking into account biotic, abiotic and anthropic aspects. Thus, this master's thesis aimed to develop a study of the temporal and spatial dynamics of land use in the Rio das Pedras watershed (BHRP), in Itaberá (Goiás) and, based on an integrated analysis of the landscape, to evaluate the environmental conditions of Cerrado fragments. The research development process started with the characterization of the BHRP in its geoenvironmental aspects, the mapping and description of the land use and cover for the years 1992, 2002, 2012 and 2022, the mapping of the cerrado fragments to which they were mapped 4 types of fragments by size in the basin area, which were classified as: small, medium, large and very large. A total of 237 fragments were mapped and landscape metrics indicators were applied to these, and 80.06% of these present high anthropic pressure in their surroundings, indicating potential for extinction. From environmental indexes it is possible to evaluate the vegetational conditions, the NDVI ranged from ≤ 0.33 to >0.66 with intervals of 0.33, being possible to identify three characteristics for the vegetation of the basin fragments, where smaller values or equal to 0.33 shows some kind of deficiency in the plant in relation to photosynthetic production and vegetative vigor, from 0.33 to 0.66 shows moderately healthy characteristics and values above 0.66 very healthy plants, up to -To note that the majority of cerrado fragments existing in the basin have greater vegetative vigor, where it was observed that most of the cerrado fragments present in the basin fall into the group of very healthy plants, occupying 69.7% of the area of the fragments, it should be noted that this occurs in medium, large and very large fragments. The water stress conditions of the NDWI fragments were also evaluated, with values less than 0.07 and greater than 0.32 being categorized as high stress with a range of < 0.07 to 0.15, moderate stress of 0.16 to 0.32 and vegetation that does not show water stress > 0.3225 . It is noticeable that most of the fragments present in the basin present moderate stress, almost the entire basin, which consolidated moderate stress, corresponding to 54.2% of the fragments. All the analysis carried out, corroborated with the discussion on the importance of verifying the percentage of areas still occupied by natural vegetation in the BHRP, since the lack of these compromises biodiversity, the stability of the physical environment and the processes of recharge and drainage of the drainages, which is why it becomes relevant when it is committed to the advancement of agricultural activities in this morphoclimatic and phytogeographical domain.

Keywords: Landscape Metrics. Thick. Integrated analysis. Fragments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras (Goiás).	28
Figura 2 - Esquema explicativo de Curvaturas de Relevô.	30
Figura 3 - Combinação dos tipos de curvatura para determinar as formas de relevo.	34
Figura 4 - Representação da soma dos dados matriciais para determinação das formas do relevo.	35
Figura 5 - Hipsometria da BHRP (Itaberaí – GO).....	36
Figura 6- Declividades da BHRP (Itaberaí – GO).....	39
Figura 7 - Mapa de solos da BHRP.	41
Figura 8- Mapa de curvatura de perfil Vertical da BHRP.....	42
Figura 9 - Mapa de curvatura de Plana Horizontal da BHRP.	44
Figura 10 - Médias de precipitação e temperaturas mínimas, máximas e médias mensais (1981 – 2010).	46
Figura 11 - Precipitações anuais na BHRP no período de 1992, 2002, 2012 e 2022.....	48
Figura 12 - Mapa de precipitação anual da BHRP.....	48
Figura 13 - Mapeamento do uso e cobertura do solo da BHRP de 1992.	50
Figura 14- Mapeamento do uso e cobertura do solo da BHRP de 2002.	52
Figura 15 - Mapeamento do uso e cobertura do solo da BHRP de 2012.	55
Figura 16- Mapeamento do uso e cobertura do solo da BHRP de 2022.	58
Figura 17 - Registro fotográfico da classe solo exposto identificado na BHRP.	60
Figura 18- Agricultura de irrigação na BHRP.....	61
Figura 19 - Áreas de pastagens na BHRP.	63
Figura 20- Mapeamento dos fragmentos por tamanho na BHRP, 2022.....	64
Figura 21- Espacialização dos fragmentos florestais em função do IEA.	67
Figura 22 - Classificação dos fragmentos de acordo com o nível de IEB.....	69
Figura 23 - Classificação dos fragmentos em relação a Dimensão Fractal.....	72
Figura 24- NDVI dos fragmentos de cerrado da BHRP.....	76
Figura 25 - NDWI dos fragmentos de cerrado da BHRP.....	78
Figura 26 - Sobreposição de curvaturas nos fragmentos de cerrado na BHRP.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características técnicas das bandas espectrais das imagens OLI/Landsat 8.	34
Tabela 2 - Valores determinados para cada tipo de curvatura para possibilitar a representação do tipo de formas.	35
Tabela 3 - Quantificação das áreas hipsométricas da BHRP (Itaberaí –GO).....	38
Tabela 4 - Classes de Declividades da BHRP (Itaberaí –GO)	39
Tabela 5 - Classes dos tipos de solo na BHRP.	41
Tabela 6 - Classes das Curvaturas Verticais da BHRP.	43
Tabela 7 - Classes das Curvaturas Horizontais da BHRP.	45
Tabela 8 - Precipitação anual na BHRP.	50
Tabela 9 -Uso e cobertura do solo da BHRP de 1992.	52
Tabela 10 - Uso e cobertura do solo da BHRP de 2002.	54
Tabela 11 - Uso e cobertura do solo da BHRP de 2012.	57
Tabela 12 - Uso e cobertura do solo da BHRP de 2022.	60
Tabela 13 - Classificação em ha.	66
Tabela 14 - Análise descritivas por tipos de fragmentos.....	66
Tabela 15 - Quantitativo dos fragmentos florestais em função do risco de extinção.	68
Tabela 16 - Quantitativo dos fragmentos florestais em função do Efeito de Borda.....	71
Tabela 17 - Classificação em ha.	73
Tabela 18 - Quantitativo dos fragmentos florestais em função da Dimensão Fractal.	74
Tabela 19 - Classificação dos fragmentos em relação ao NDVI em km ² e área %.	77
Tabela 20 - Classificação dos fragmentos em relação ao NDWI em km ² e área %.	79
Tabela 21 - Classificação da sobreposição de curvaturas nos fragmentos de cerrado na BHRP.	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bacia hidrográfica do rio das Pedras (BHRP)

Modelo Digital de Elevação (MDE)

Empresa Brasileira de Produção Agropecuária (EMBRAPA)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Agência Nacional de Águas (ANA)

Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária de Goiás (EMATER)

Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG)

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI)

Índice de Exposição Antrópica (IEA)

Índices de Efeitos de Borda (IEB)

Sumário

INTRODUÇÃO	16
OBJETIVO GERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
<i>1.1 A PAISAGEM E ANÁLISE GEOSSISTÊMICA.</i>	<i>18</i>
<i>1.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS ENQUANTO SISTEMAS AMBIENTAIS.</i>	<i>20</i>
<i>1.3 GEOECOLOGIA DE PAISAGEM (ECOLOGIA DE PAISAGENS).</i>	<i>21</i>
<i>1.4 MÉTRICAS DA PAISAGEM.....</i>	<i>22</i>
<i>1.5 APLICAÇÕES DE SIG NA ANÁLISE DA PAISAGEM.....</i>	<i>23</i>
<i>1.6 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO.....</i>	<i>25</i>
<i>1.7 CERRADO E A FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM.</i>	<i>26</i>
2 MATERIAIS E MÉTODOS	28
<i>2.1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS (GOIÁS</i>	<i>28</i>
<i>2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</i>	<i>27</i>
3 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BHRP.	36
<i>3.1 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO RELEVO – HIPSOMETRIA BHRP.</i>	<i>36</i>
<i>3.3 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS DA BHRP.....</i>	<i>40</i>
<i>3.4 DESCRIÇÃO DAS CURVATURA VERTICAL E HORIZONTAL DA BHRP.....</i>	<i>42</i>
<i>3.5 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BHRP.</i>	<i>45</i>
4 DINÂMICA TEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO NA BHRP.	50
<i>4.1 ANÁLISE DESCRITIVA PARA O ANO DE 1992</i>	<i>50</i>
<i>4.2 ANÁLISE DESCRITIVA PARA O ANO DE 2002</i>	<i>52</i>
<i>4.3 ANÁLISE DESCRITIVA PARA O ANO DE 2012</i>	<i>54</i>
<i>4.4 ANÁLISE DESCRITIVA PARA O ANO DE 2022</i>	<i>57</i>
5 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES BIOFÍSICAS DOS FRAGMENTOS DE CERRADO DA BHRP.....	64
<i>5.1 MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS FRAGMENTOS</i>	<i>64</i>
<i>5.2 OS FRAGMENTOS EM FUNÇÃO DO IEA.....</i>	<i>67</i>
<i>5.3 OS FRAGMENTOS EM FUNÇÃO DO IEB.....</i>	<i>69</i>

<i>5.4 OS FRAGMENTOS EM FUNÇÃO DA DIMENSSÃO FRACTAL.....</i>	<i>72</i>
6 ANÁLISE INTEGRADA DOS FRAGMENTOS DE CERRADO A PARTIR DOS ÍNDICES VEGETACIONAIS E SOBREPOSIÇÃO DE CURVATURAS NA BHRP....	75
<i>6.1 NDVI DOS FRAGMENTOS DE CERRADO NA BHRP.....</i>	<i>75</i>
<i>6.2 NDWI DOS FRAGMENTOS DE CERRADO NA BHRP.....</i>	<i>77</i>
<i>6.3 SOBREPOSIÇÃO DE CURVATURAS VERTICAIS E HORIZONTAIS PARA OS FRAGMENTOS DE CERRADO NA BHRP.</i>	<i>80</i>
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
REFERÊNCIAS	86

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa é uma proposta de análise ambiental, na perspectiva geográfica, da dinâmica temporal e espacial de uso e cobertura do solo e das condições biofísicas e ecológicas dos fragmentos florestais de cerrado, na bacia hidrográfica do rio das Pedras, a qual situa em área de meu convívio diário, e que percorro quando tenho que deslocar até a cidade de Itaberaí (estado de Goiás). Trafegando vários anos na GO-566, sempre observei as margens da rodovia a crescente expansão da agricultura e principalmente da soja, fato instigante e questionável pela forma e amplitude em que a paisagem é transformada com a retirada de vegetação nativa e a instalação de áreas destinadas à agricultura.

Entende-se que, bacia hidrográfica é uma unidade básica de análise e gerenciamento territorial e ambiental e que em função de suas características geossistêmicas são ideais para estudos integrados da paisagem. Por meio da abordagem sistêmica é possível fazer análises ambientais integradas, que evidencie as influências da fragmentação de domínios naturais como o Cerrado e, conseqüentemente, dos impactos nos recursos hídricos de uma bacia.

A partir de 1970 o bioma Cerrado passou a ser palco de uma acelerada e intensa ocupação econômica tendo o agronegócio como carro-chefe (MIZIARA, 2006; DIAS, 2008; SANTANA, 2020). Nesse sentido, a ocupação e uso do solo na bacia hidrográfica do rio das Pedras não difere do contexto descrito, pois historicamente a região vem sendo ocupada por pastagens plantadas e por atividades agrícolas, dada a condição da região com forte vocação para o agronegócio, sobretudo pela característica dos relevos e solos.

As principais características econômicas da região são as atividades rurais, como o cultivo de lavouras irrigadas e a pecuária leiteira e de corte. No entanto, estas atividades foram estimuladas por atividades da agroindústria, no município de Itaberaí, iniciadas a partir dos anos 1990, com a fundação de um abatedouro de aves, que atualmente monopoliza toda a cadeia produtiva desse setor. Verifica-se que os impactos dessas atividades na paisagem natural são significativos e tem transformado áreas originalmente ocupadas por vegetação do Cerrado em áreas antropizadas.

De acordo com dados obtidos por meio do Instituto Mauro Borges de Estatística de Estudos Socioeconômicos (IMB, 2020), relativos ao desenvolvimento da agropecuária no município de Itaberaí, é possível identificar um significativo crescimento em cultivos agrícolas específicos como o de cana-de-açúcar, milho, tomate e, sobretudo, soja. Em relação à pecuária, os galináceos e o rebanho bovino são predominantes. Estas atividades são favorecidas pelas condições ambientais da região que apresentam relevos predominantemente planos a suave ondulado e solos profundos que facilitam a mecanização.

Associado aos impactos provocados sobre o Cerrado pela agropecuária há que se considerar a expansão urbana. Atualmente, Itaberaí é uma cidade com significativo crescimento demográfico com população estimada de 44.329 pessoas no censo de 2022, fomentado pelo crescimento industrial que tem atraído pessoas de todo o país que chegam à cidade em busca de trabalho.

As consequências são perdas significativas de cobertura vegetal natural de Cerrado, que criam ambientes fragmentados e com alta fragilidade ecológica, com redução da biodiversidade e prejuízos aos processos hidrogeológicos. No caso dos recursos hídricos, os impactos vão desde o desaparecimento de nascentes a redução da vazão dos cursos de água, situação provocada sobretudo pelo uso da água na irrigação por pivôs centrais.

Este cenário incita-nos aos seguintes questionamentos de investigação: como se deu espacialmente e historicamente o processo de conversão de áreas naturais em antrópicas na bacia do rio das Pedras? Quais são as condições ambientais em que a bacia se encontra na atualidade frente as pressões das atividades agropastoris? Quais são as condições ambientais, ecológicas e biofísicas dos fragmentos de Cerrado da bacia?

OBJETIVO GERAL

Descrever a dinâmica temporal e espacial do uso do solo da bacia hidrográfica do rio das Pedras (BHRP), em Itaberaí (Goiás) e, a partir de uma análise integrada da paisagem, avaliar as condições ambientais dos fragmentos florestais de Cerrado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as características pedológicas, geomorfométricas e climáticas da BHRP;
- Analisar a dinâmica de uso e cobertura do solo da BHRP, considerando os anos de 1992, 2002, 2012 e 2022;
- Identificar os fragmentos de Cerrado da BHRP, para o ano de 2022 e avaliar as condições biofísicas da vegetação por meio dos índices de vegetação NDVI e NDWI.
- Avaliar, a partir de métricas da paisagem e análise ambiental integrada, as condições de conservação ambiental dos fragmentos de Cerrado.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentado a revisão bibliográfica realizada a partir da categoria de análise de escolha para a pesquisa, bem como os demais instrumentos auxiliares que fundamentam a dissertação.

1.1 A PAISAGEM E ANÁLISE GEOSISTÊMICA.

A paisagem é um conceito-chave da Geografia, geralmente aplicada nos estudos ambientais vinculados as bacias hidrográficas. Segundo Bertrand (2007) a paisagem é uma determinada porção do espaço que é resultado da interação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que reagem dialeticamente e estão em perpétua evolução (BERTRAND, 2007).

A paisagem enquanto categoria de análise geográfica representa um instrumento de abordagem convergente para o interesse de estudos geoambientais, portanto partindo da compreensão de seu conceito, baseia-se em análises que possibilitam o conhecimento do ambiente na sua complexidade, logo que ela é a “expressão materializada das relações do homem com o seu meio” (KIYOTANI, 2014, p. 38).

De acordo com Ross (2019) a dinâmica da paisagem é dependente dos fluxos energéticos e materiais produzidos pela natureza e pelas alterações desses fluxos provocadas pelas intervenções humanas. As características da categoria paisagem permitem, portanto, que esta seja tomada como base para alcançar a compreensão do objeto de estudo maior da geografia, o espaço geográfico.

A concepção do estudo das paisagens, a partir uma visão sistêmica, visa a garantir os fundamentos conceituais, sobre os quais deveria estar inserida a análise sobre a sustentabilidade. Um problema fundamental da concepção geossistêmica no estudo das paisagens é o da classificação. Existem muitas divergências e análises equivocadas sobre o problema da classificação, que muitas vezes, partem de uma concepção díspar dos conceitos de paisagens e geossistemas. (Rodriguez e Silva 2002, p. 95 apud Sousa 2021, p. 32)

Nesse sentido, Schier (2003) preconiza que o estudo da paisagem deve promover avaliações definindo o conjunto de elementos envolvidos como a escala e a temporalidade, considerando os processos sociais, naturais e humanos. Deste modo, fica evidente que a análise da paisagem demanda identificação dos fatores constitutivos, compreensão sobre como os elementos físicos, bióticos e antrópicos interagem, o que permite desvendar os processos de origem das características da paisagem e suas funcionalidades.

Rodriguez e Silva (2002), relacionam o conceito de paisagem e sua dinâmica ao conceito de sistema, passando a considerá-la uma formação sistêmica com atributos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação. Consoante Tricart (1977), um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de energia e matéria, que funcionam numa relação de interdependência e equilíbrio dinâmico e que, portanto, configura-se como o melhor conceito para se estudar os problemas do meio ambiente.

É compreensível que os sistemas sejam compostos por elementos interligados, que trabalham em conjunto para alcançar um objetivo específico. Esses sistemas são dinamicamente estáveis e seu comportamento global é manifestado em busca desse objetivo. Para aumentar sua eficiência, é necessário analisá-los levando em consideração suas relações com o ambiente, adotando uma abordagem de sistemas abertos.

Ao adotar uma abordagem integrada para a análise da paisagem, Tricart (1977) se destaca como pioneiro na aplicação da análise sistêmica no âmbito das ciências naturais. Como demonstra Guimaraes (2004):

A partir dessas proposições, vários estudos foram desenvolvidos nas áreas das ciências naturais com a adoção da abordagem sistêmica, principalmente no campo das pesquisas geomorfológicas, facilitando a identificação dos elementos componentes do sistema em foco, a determinação de suas interações espaciais e temporais e a dinâmica em que se processam essas relações. (Guimaraes, 2004, p.19)

Portanto, o sistema é constituído por componentes interdependentes, rodeados por um ambiente externo. Esse ambiente externo é onde o sistema opera, ou seja, no ambiente onde ele é condicionado por ele. Os geossistemas são essencialmente complexos “dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizado” Sotchava (1972).

Para Tricart (1977), do ponto de vista metodológico, os geossistemas são considerados um conjunto de fenômenos que funcionam através do fluxo de matéria e energia, levando a relações interdependentes, caracterizando unidades dinâmicas das paisagens, a qual é a soma de uma combinação de fatores abióticos e bióticos peculiares relativos de processos evolutivos similares.

Demek (1978) citado por Guimaraes (2004), conceitua o geossistema como elemento norteador do estudo da geografia física aplicado à paisagem, conectado à concepção de “paisagem esférica”, que se refere a um sistema ordenado e estruturado.

Posto isso, Souza e Corrêa (2013) consideram o geossistema, o princípio de ampla interação dos elementos que compõem a natureza e entre estes ao os seres humanos e que, dessa interação, resulta uma interação dinâmica do uso que o homem faz dos recursos disponíveis no ambiente. Esse quadro dinâmico pode ser observado, por exemplo, quando analisamos as

mudanças que ocorrem em uma bacia a partir de intervenções de engenharia, implementadas por desígnios sociais.

1.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS ENQUANTO SISTEMAS AMBIENTAIS.

Segundo Botelho e Silva (2010), a bacia hidrográfica é uma unidade espacial de análise geográfica em uma perspectiva sistêmica, e segundo esses autores, compreender a bacia hidrográfica como elemento principal da análise ambiental possibilita o reconhecimento e avaliação das ações humanas de forma integrada em vários elementos do sistema e seus processos. Nesta concepção, uma bacia hidrográfica é reconhecida um conjunto de terras drenadas por um sistema de cursos d'água, que convergem para uma saída comum e que representa um sistema ambiental ideal para o estudo qualitativo e quantitativo dos processos naturais e antrópicos de troca de matéria e energia (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2002; TUCCI; MENDES, 2006).

A paisagem pode ser compreendida como resultado das interações ocorridas no sistema, o que permite vincular o seu conceito ao de geossistema. Este, por sua vez, pode ser compreendido como “um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem” (TROP-PMAIR; GALINA, 2006, p. 82).

A abordagem sistêmica a partir de uma perspectiva geográfica mostra a tendência de sobreposição conceitual entre paisagens e geossistemas, que são muitas vezes referidos de forma relacionada e às vezes são consideradas o mesmo tipo de análise, tendo como evidências os estudos em bacias hidrográficas que categorizam um objeto de estudo dinâmico e de inter-relações.

A abordagem sistêmica possui um caráter dinâmico e universal, se opõe a ideia de reducionismo, pois permite uma visão de forma integrada do objeto em estudo. Além de privilegiar as interrelações, os processos de mudanças e diversos tipos de comportamento. Por esses motivos, os sistemas podem ser focalizados sob diferentes tamanhos ou escalas. (Gomes *et al* 2016, p. 275)

Assim sendo, é notório que o geossistema é determinado em um território que decorre das relações bilaterais entre os componentes de potenciais ecológicos e da exploração biológica associados com a ação antrópica, ou seja, são os pressupostos da análise ambiental integrada.

Segundo Rodriguez, Silva e Leal (2011) compreender as bacias hidrográficas como espaços de relações geoambientais complexas, se dá em função de suas características sistêmicas, onde há a interrelação e interdependência dos componentes ambientais que a compõe, bem como dos processos dinâmicos provocados pelas ações humanas.

Tendo uma visão integradora dos sistemas ambientais físicos e antrópicos, a abordagem das bacias hidrográficas se baseia na análise geossistêmica, como entidade espaço territorial para o planejamento ambiental e/ou sustentável, conforme aponta Lima (2012). E na geografia física bem como nos estudos e pesquisas que se baseiam na teoria geral dos sistemas temos as relações entre os elementos constitutivos de todos, os que ela não tenta mais estudar os fatos dos individualizados, mas sim analisar a relação entre o ambiente físico e os seres humanos.

Portanto, a abordagem geossistêmica em bacias hidrográficas se traduz em importante e eficaz metodologia da análise das paisagens, visto que visa a compreensão de que as características do ambiente resultam de processos evolutivos e de interação de diversos atributos naturais e antrópicos ocorridos, ao longo do tempo, no espaço, e, assim, pode fundamentar processos decisórios sobre uso e ocupação do meio físico.

1.3 GEOECOLOGIA DE PAISAGEM (ECOLOGIA DE PAISAGENS).

A ecologia de paisagens foi proposta por Carl Troll, geógrafo alemão, em 1938 e, surge da necessidade de integrar os estudos espaciais vinculados a Geografia e os funcionais vinculados a Ecologia (CHRISTOFOLETTI, 1999). Para Carl Troll a paisagem seria uma entidade visual e espacial total do espaço vivido pelo homem (METZGER, 2001).

Para Turner e Gardner (1990), a quantificação da dinâmica da paisagem, se dá mediante padrões espaciais, está intimamente relacionada com a área e com os períodos em que os processos ecológicos ocorrem, isto é, a paisagem é constituída por mosaicos com características próprias (estrutura, função e mudança) que são dependentes do nível de detalhe dos arranjos espaciais e da dimensão temporal dos processos ecológicos. A título de exemplo, as mudanças na estrutura ou na função da paisagem podem exibir padrões espaciais estáveis em uma determinada área, durante um determinado período, e não apresentar os mesmos aspectos em outras.

De acordo com a definição de Metzger (2001, p. 3 e 4) a ecologia de paisagens é “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação”.

Logo é possível identificar aproximações geográficas-geoecológicas, que enfatiza o estudo do impacto antrópico na paisagem e no manejo do solo, trazendo uma apropriação espaço vivido e/ou habitado, e uma aproximação ecológica que retrata a relevância espacial no desenvolvimento ecológico, e a importância dessas relações em termos de proteção biológica.

Na compreensão de Silva (2012),

Geoeologia da paisagem, por sua vez, situa-se em um contexto metodológico que constitui a interface entre a Geografia Física, Geografia Humanística, Biogeografia, Ecologia e Cartografia. Tal diversidade de abordagens, metodológicas, corresponde ao fato, dela envolver como seu objeto de estudo, o conjunto das paisagens naturais e culturais, em suas diferentes dimensões. Desse modo, ela contribui diretamente no processo de análise e diagnóstico geoeológico, que irá subsidiar as fases conclusivas do planejamento ambiental, onde se incluem os zoneamentos propositivos e os planos de gestão ambiental (Silva, 2012 p. 176).

A ecologia da paisagem é o estudo da estrutura, função e mudança de uma porção do território, com características heterogêneas e composta de ecossistemas em interação e onde se consideram as dimensões biológicas, físicas, históricas, culturais e socioeconômicos de um ambiente (SOARES FILHO, 1998).

Dentre as abordagens metodológicas de análises da ecologia de paisagens estão as métricas de paisagens. As métricas de paisagens consistem em modelos matemáticas que quantificam as características espaciais das manchas (fragmentos) e que podem ser utilizados como suporte avaliação da dinâmica ecológica de ecossistemas (LANG; BLASCHKE, 2009; SOUSA, 2021). Ainda para Sousa (2021) a utilização de métricas de paisagem se aplicam para obtenção de informações mais específicas sobre o desenvolvimento dos padrões de paisagem, da sua variação espaço-temporal e da distribuição de uso e ocupação do solo.

1.4 MÉTRICAS DA PAISAGEM.

Os padrões espaciais observados nas paisagens são resultantes de complexas interações biológicas, físicas e sociais. A maioria das paisagens tem sido influenciada pelo uso antrópico da terra, responsável pela origem de paisagens com configuração de mosaico, onde observamos uma mistura de fragmentos naturais e antrópicos que variam em tamanho, forma e distribuição (TURNER, 1989).

A padronização da paisagem em unidades ambientais está baseada na quantificação e na determinação dos padrões da heterogeneidade espacial, ou seja, os índices utilizados na mensuração da paisagem devem abordar aspectos significativos de seus padrões (O'NEILL et al., 1988).

Segundo Turner, et al. (1990) essa heterogeneidade é constituída por manchas, que são porções menores em relação à matriz, com características próprias que descrevem relações espaciais. Os padrões da paisagem têm uma relação direta com sua estrutura, pois é através da mensuração destes no tempo que podemos quantificar a dinâmica dos processos ecológicos (FORMAN; GODRON, 1986).

As métricas de paisagem descrevem o tamanho, forma e padrão de distribuição das manchas de vegetação natural e possibilitam avaliar a funcionalidade dos ecossistemas, por meio de levantamentos dos fluxos e dos processos ecológicos e a dinâmica de uso da terra de seu entorno (COLLINGE, 2009). Ribeiro e Lovett (2009) e Su et al. (2012) utilizaram métricas de paisagem para obter informações mais específicas sobre o desenvolvimento dos padrões de paisagem, da sua variação espaço-temporal e da distribuição de uso da terra.

1.5 APLICAÇÕES DE SIG NA ANÁLISE DA PAISAGEM

Os SIG (Sistemas de Informação Geográfica) são processos sistêmicos adequados para apoiar a manipulação de dados espaciais, permitindo a transformação destes dados em informações geográficas, por meio de mapas e correlacionando-as com modelos digitais da realidade (ROSA; ROSS, 1999). O SIG refere-se aos equipamentos e softwares de informática que permitem consultar, analisar, armazenar, manipular, gerenciar e manipular dados espaciais (JOHNSTON, 1998). Através do SIG, vários softwares e outras tecnologias podem ser integrados, como sistemas de sensoriamento remoto e navegação por satélite.

Os SIG são utilizados para analisar problemas relacionados à superfície da Terra, como estudar a localização de um objeto ou fenômeno em relação a outros objetos ou fenômenos, ou sua relação com influências ambientais. Os mapas são um produto SIG que pode representar uma variedade de dados que podem ser usados para pesquisas paisagísticas (JOHNSTON; GAGE, 1997; FARINA, 1998; JOHNSTON, 1998).

Lang e Blascke (2009) ressaltam a relevância dos SIGs na análise das paisagens:

As aplicações do SIG na análise e planejamento da paisagem envolve a delimitação de objetos e representação da realidade; avaliação dos ecossistemas e seus prejuízos; descrição das condições atuais e desenvolvimento de cenários para apoio a tomada de decisões; quantificação da configuração espacial e diversidade do espaço; detecção dos tipos de uso e suas mudanças e modelagem da paisagem, incluindo avaliação, planejamento e intervenção (LANG; BLASCHKE, 2009).

Câmara, Davis e Monteiro (2001) afirmam que a evolução tecnológica dos SIG permitiu a ampliação da produção do conhecimento, nas mais variadas áreas, utilizando a cartografia digital, incorporando novas técnicas como as de geoprocessamento. Para estes autores o geoprocessamento são técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica, que vem influenciando de maneira crescente as áreas de análise de recursos naturais. Estes procedimentos visam a manipulação de dados espaciais georreferenciados por meio de técnicas computacionais para o tratamento de informações geográficas para a solução de problemas espaciais (PIROLI, 2010).

Entre as aplicações de SIG estão os diagnósticos ambientais e de manejo de bacias hidrográficas, essa utilização traz possíveis perspectivas de inovação, tanto no que tange ao conhecimento sobre a dinâmica socioambiental, quanto no suporte para as ações de planejamento e gestão. Aplicados aos estudos geoambientais em bacias hidrográficas, as técnicas de geoprocessamento têm contribuído para a caracterização morfométrica e geométrica de bacias hidrográficas e redes de drenagem, bem como para o mapeamento dos atributos físico-naturais. Elas visam o levantamento de informações sobre a estrutura e configuração da paisagem e as relações entre os processos que ocorrem em diferentes escalas de tempo e espaço (ALLAN; FLECKER, 1993).

As aplicações dos SIG na análise da paisagem têm sido amplamente exploradas no âmbito acadêmico. Segundo Silva et al. (2018), o uso de SIG possibilita a integração de dados georreferenciados, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos processos e padrões espaciais presentes na paisagem. Essas ferramentas oferecem uma gama de recursos que auxiliam na identificação e análise de elementos como fragmentação, conectividade e cobertura vegetal.

Uma das principais aplicações dos SIG na análise da paisagem é a identificação e mapeamento de unidades de paisagem. De acordo com Smith et al. (2019), por meio dessas ferramentas, é possível delimitar áreas homogêneas com base em características físicas, como relevo, vegetação e uso do solo. Essa abordagem permite uma melhor compreensão da distribuição espacial dos diferentes elementos presentes na paisagem, contribuindo para o planejamento territorial e a gestão ambiental.

Além disso, os SIG também desempenham um papel fundamental na avaliação da fragmentação da paisagem. Conforme mencionado por Gonçalves et al. (2020), essas ferramentas permitem calcular métricas de fragmentação, como o tamanho e a forma dos remanescentes florestais, bem como a conectividade entre eles. Essas informações são essenciais para a tomada de decisões relacionadas à conservação da biodiversidade e à mitigação dos impactos causados pela fragmentação.

Em suma, as aplicações dos SIG na análise da paisagem são valiosas para o entendimento e monitoramento dos ecossistemas. Com base nas citações mencionadas, é possível afirmar que essas ferramentas oferecem recursos para a identificação e mapeamento de unidades de paisagem, a avaliação da fragmentação e a análise da conectividade. Essas informações subsidiam a tomada de decisões em planejamento ambiental, gestão de recursos naturais e conservação da biodiversidade, contribuindo para a promoção da qualidade ambiental.

Deste modo, é importante afirmar que os procedimentos e técnicas de Geoprocessamento e SIGs, possibilitam a leitura, análise e interpretação da informação geográfica, permi-

tindo a organização dos resultados e contribuindo substancialmente para as análises de fenômenos espaciais na análise ambiental.

1.6 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

As coberturas naturais do tipo florestas conquanto são essenciais para outros ecossistemas, sem elas há um grande impacto para os seres humanos, no entanto, são constantemente ameaçadas. Algumas ferramentas encontradas nos SIG e no Sensoriamento Remoto servem para gerar informações acerca dessa cobertura vegetal (KUMAR; YAMAÇ; VELMURUGAN, 2015) e, portanto, podem auxiliar na elaboração de índices e indicadores importantes para o planejamento e gestão do meio ambiente, que podem contribuir de forma significativa para que a formulação de ações efetivas, no que diz respeito à manutenção dos recursos florestais de um determinado local.

Shields, Solar, Martin (2002) argumentam que o índice é um valor que representa o todo. Para sua obtenção, são utilizados indicadores como variáveis. Para Pereira (1995), o índice tem um caráter multidimensional que corresponde a junção de informações, onde uma única medida expressa diferentes aspectos ou indicadores. Bittencourt e Matsumoto (2001) discorrem que os índices de vegetação são padrões numéricos, lineares ou não, que dispõem uma relação direta com a fitomassa foliar verde.

As imagens de índices de vegetação, têm se tornado cada vez mais importantes na área do sensoriamento remoto e no monitoramento ambiental. Essas ferramentas podem fornecer informações valiosas tais como a saúde das plantas, a quantidade de cobertura vegetal e a disponibilidade de água, permitindo uma análise precisa e eficiente da vegetação em grandes áreas, e estas imagens que retratam os índices de vegetação ocorrem a partir da inserção de respostas espectrais da superfície terrestre, e a radiação que incide em determinada cobertura vegetal, e estão sujeitas as propriedades de arranjo óptico da vegetação e do solo (BITTENCOURT; MATSUMOTO 2001).

Inúmeros índices de vegetação têm sido aplicados para avaliar as condições biofísicas e fitossanitárias da cobertura vegetal. Esses índices são elaborados por meio da combinação matemática de bandas espectrais do visível e infravermelho, que mensuram a área foliar, a densidade e vigor da vegetação, estresse hídrico, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente ativa absorvida, dentre outros parâmetros (SHIMABUKURO; PONZONI, 2007; JENSEN, 2009).

Dentre os índices de vegetação amplamente utilizados nos estudos ambientais estão o NDVI e o NDWI. O NDVI (*Index Vegetation Difference Normalized*), Índice de Vegetação

por Diferença Normalizada, é um índice que mede a capacidade fotossinteticamente ativa, o vigor e a densidade da vegetação (OLIVEIRA, 2012).

O NDWI (*Normalized Difference Water Index*), Índice de Água por Diferença Normalizada, é um índice que mensura a capacidade de absorção da umidade na estrutura foliar (SILVA et al. 2012). Por meio deste índice é possível avaliar as condições de estresse hídrico da vegetação (OLIVEIRA et al., 2010). E em ser formado pela síntese de informações importantes, até mesmo questões políticas consideradas complexas.

1.7 CERRADO E A FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM.

Conforme discorre Ribeiro e Walter (2008), “o Cerrado está localizado essencialmente no Planalto Central, e é o segundo maior bioma do país, em área, apenas superado pela Floresta Amazônica”. Segundo Eiten (1977), o Cerrado é o nome dado à vegetação xeromorfa de arvoredos, comunidades arbustivas, savanas abertas e campos gramíneos do Brasil Central.

De acordo com Eiten (1972), o Cerrado é uma província florística formado por vegetação xeromorfa com árvores e arbustos quase sempre com casca-grossa, galhos e troncos retorcidos, composto por variadas comunidades vegetacionais, localizado no Brasil Central e que se limita com outras províncias vegetacionais existentes no país, como descreve Ribeiro e Walter (2008):

Existe uma diversidade de paisagens no bioma cerrado, tanto constituída por diferentes fisionomias de vegetação vinculadas a fatores físicos e fisiográficos, como por um mesmo tipo de vegetação com distintos padrões de composição florística também relacionadas às condições do meio. Que englobam formações florestais, savânicas e campestres. (RIBEIRO; WALTER, 2008 p. 156).

O domínio do Cerrado ocorre de forma contínua, nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, ocupando por volta de 22% do território nacional (SOUZA; MARTINS; DRUCIAKI, 2020), o que corresponde a uma área aproximada de 2 milhões de quilômetros quadrados (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Segundo Bigarella et al. (1994), a região ocupada pelo Cerrado caracteriza-se pela ocorrência de duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa e outra seca. Corroborando com essa ideia, Assad et al. (2008), afirma que os meses mais chuvosos são novembro a março, os demais são secos e com temperaturas mais amenas, e que essa característica climática influencia na ocorrência dos mosaicos paisagísticos do Cerrado.

Outro elemento de grande influência na fisionomia do Cerrado são os solos. De acordo com Eiten (1977), de forma generalizada no Cerrado ocorrem solos de pouca fertilidade e

usualmente profundos, responsáveis pela ocorrência do gradiente vegetacional. Predominam os Latossolos que podem ser arenosos ou argilosos. Walter (2008) corrobora com essa ideia e afirma que:

A textura, a baixa disponibilidade de nutrientes e a pequena profundidade de alguns solos constituem-se importantes elementos na distribuição das diferentes paisagens dentro das savanas. A textura é de fundamental importância na retenção de umidade. Sua influência também é exercida na capacidade de drenagem e na disponibilidade de nutrientes no solo. As vegetações estão distribuídas conforme a profundidade efetiva do solo, com as formações florestais ocorrendo nos solos mais profundos e as savânicas nos mais rasos (WALTER, 2008, p. 41).

As características físicas das regiões ocupadas pelo Cerrado fizeram deste palco de intensa exploração agropastoril a partir dos anos 1970, visto que o desenvolvimento tecnológico, apropriando-se das formas de relevo favoráveis, superaram a baixas fertilidades dos solos e esse processo tem sido o grande desafio quando se discute seus impactos sobre as formações naturais.

Desde épocas remotas o homem tem agido como agente modificador do ambiente em que habita, destacando, entre as principais causas dessa transformação, o uso desordenado do solo que, conseqüentemente, intensifica o processo de fragmentação da cobertura vegetal natural (DEAN, 1997 *apud* AZEVEDO *et al* 2016).

Nesse contexto, tendo a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento, é imprescindível conhecer as suas formas de uso do solo e de cobertura vegetal, bem como a dinâmica de transformação de sua paisagem. Estas transformações podem ser avaliadas sob diferentes pontos de vista no contexto da ecologia da paisagem, a fim de garantir a manutenção da estrutura, ou seja, a relação espacial entre os diferentes elementos do ecossistema e dos processos fundamentais para a manutenção da qualidade ambiental.

No contexto do presente trabalho, a região onde se encontra a BHRP, que se destaca como um dos polos de desenvolvimento da região do município de Itaberáí. Os remanescentes florestais que compõem a BHRP vêm sofrendo considerável degradação ambiental devido à substituição da cobertura vegetal original por monoculturas e pastagens.

Com relação fragmentação florestal, pode-se dizer que tem sido o principal efeito das alterações causadas pelo homem, embora, segundo Constantino et al. (2003), existam também fragmentos produzidos por processos naturais (flutuações climáticas, heterogeneidade de solos, topografia, dentre outros), os quais são utilizados como modelos para estudos e/ou considerados prioritários para conservação devido à presença de espécies endêmicas.

Em suma descrição Azevedo et al (2016), refere-se ao processo de fragmentação como:

O fragmento é o elemento básico que forma a paisagem e pode ser definido como uma superfície não-linear que difere aparentemente de outras ao seu redor e está sempre dentro de uma matriz, isto é, uma área de entorno que

possui uma estrutura e composição de espécies diferentes. (Azevedo et al, 2016 p. 129)

A fragmentação dos remanescentes de vegetação nativa em uma bacia hidrográfica contribui para a redução de sua qualidade ambiental, marcada pela intensificação dos processos erosivos e pela perda da qualidade da água que, por sua vez, é causada principalmente pelo desmatamento e falta de cobertura vegetal adequada.

Para Santos (2004), a matriz é o elemento central com alcance e controle sobre a dinâmica da paisagem. Quando nos referirmos à matriz expressamos a estrutura dominante que inclui a organização e inter-relação dos componentes naturais e humanos de um espaço geográfico definido. A matriz influi não apenas a composição e distribuição dos diferentes elementos encontrados em uma paisagem, mas também como eles interagem e se convertem ao longo do tempo. Desta forma, a compreensão da matriz torna-se essencial para a compreensão e análise dos processos que ocorrem em uma determinada paisagem, bem como seus efeitos e potencialidades na sustentabilidade e qualidade do ambiente em questão. Portanto, é fundamental a abordagem e estudo da matriz como instrumento de análise geoambiental, visando uma gestão mais eficaz e integrada dos recursos naturais e do espaço geográfico na totalidade.

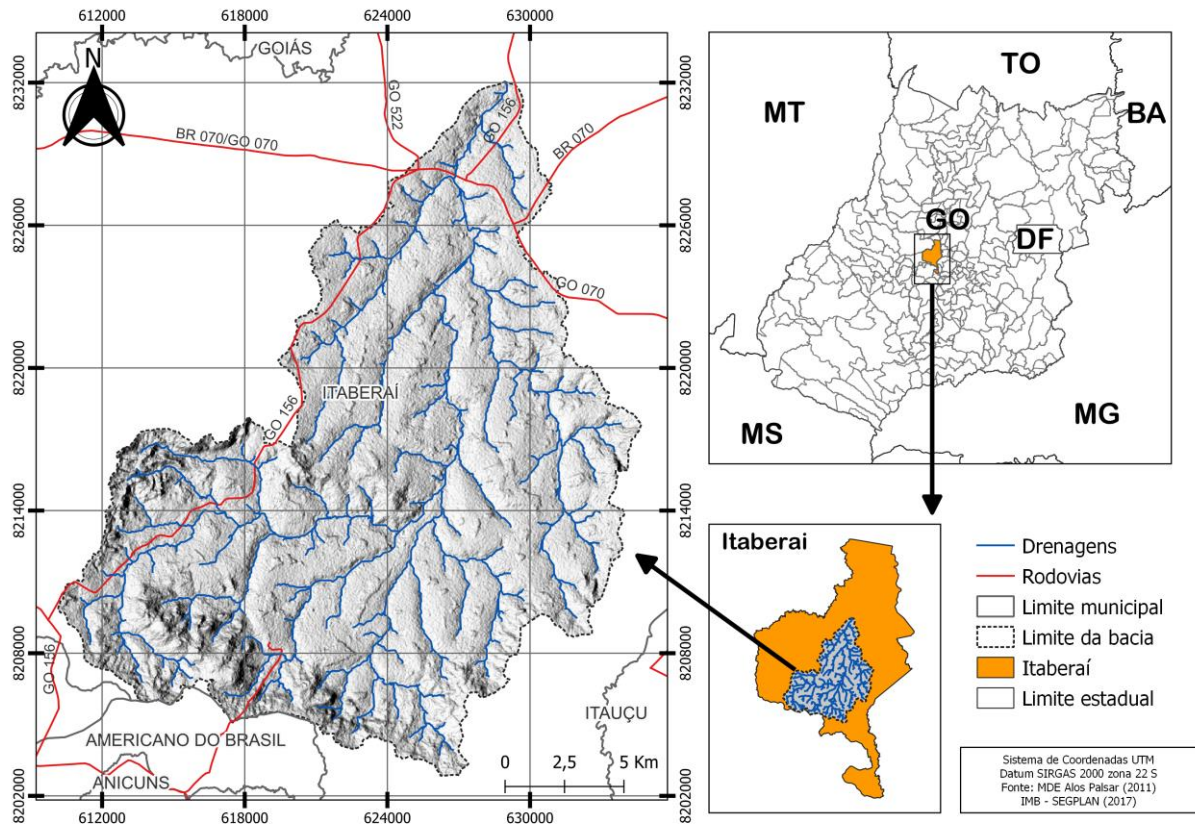
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo traz a caracterização da área de estudos, que se compreende a BHRP, bem como os procedimentos metodológicos desenvolvidos para levantamento dos dados, mapeamentos e análises.

2.1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS (GOIÁS).

A BHRP localiza-se na porção central território goiano, entre as coordenadas planas X, 610 146 mE e 634 681 mE, e Y, 8 202 846 mN e 8 232 035 mN (Figura 1). A BHRP compõe o sistema de drenagem da alta bacia hidrográfica do rio Uru, que por sua vez drena suas águas para o rio Tocantins. A bacia tem uma área de 369 km².

Figura 1- Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras (Goiás).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A bacia hidrográfica do rio das Pedras (BHRP), está localizada predominantemente no município de Itaberaí, estado de Goiás, abrange áreas compostas originalmente pelo domínio morfoclimático e fitogeográfico do Cerrado. Segundo Silva e Sano, (2016) o Cerrado pode ser considerado como um ecossistema de savanas, que ocorre na região central do Brasil, sob influência das características do meio físico e da sazonalidade climática, apresenta fitofisionomias florestais, arbustivas e gramíneo lenhosas e, que ocupa uma área aproximada de 2.000.000 km², que corresponde por volta de 23% do território brasileiro (IBGE, 2004; BRASIL, 2015).

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

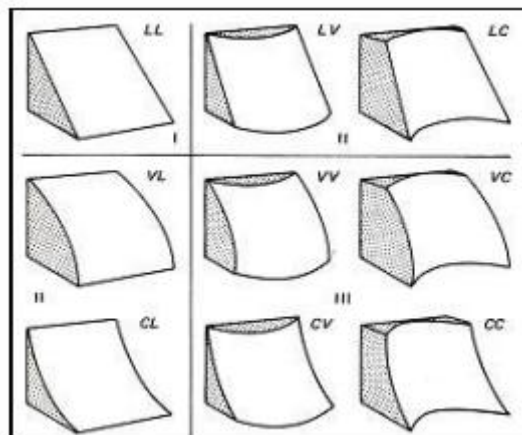
A delimitação da bacia, foi feita por vetorização manual, considerando para isto as curvas de nível extraídas do Modelo Digital de Elevação (MDE) das imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 30 metros, disponibilizada pelo U.S. Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). O MDE é um modelo numérico da superfície, que representa digitalmente a topografia em uma estrutura matricial (VALERIANO; CARVALHO JÚNIOR, 2003).

Para análise dos parâmetros geomorfométricos, foram elaborados mapas de declividades, hipsometria e de curvatura (plana e perfil) a partir do MDE SRTM que foi utilizado na delimitação da bacia. No mapeamento de declividades foi adotada a classificação

proposta pela Empresa Brasileira de Produção Agropecuária – EMBRAPA, no Sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2006) que relaciona as declividades com tipos de relevo. E na classificação das curvaturas foi aplicado o método proposto por Christofolletti (1980).

O perfil e o plano de curvatura são indicativos de como ocorrem os fluxos nas vertentes, os quais associam-se às propriedades hidrológicas e de transporte de materiais. Enquanto o primeiro refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno quando analisado em perfil, o segundo se refere ao caráter divergente/convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno, analisado em uma projeção horizontal (VALERIANO, 2003). O valor da curvatura pode ser usado para encontrar padrões de erosão do solo, bem como entender o comportamento do escoamento superficial nas vertentes. A curvatura do perfil (Figura 7) afeta a aceleração e desaceleração do fluxo e, portanto, influencia a erosão e a deposição; já a curvatura plana (Figura 7) influencia a convergência e a divergência do fluxo. Segundo Christofolletti (1980), quando o resultado obtido é superior a 1,0, a vertente será predominantemente convexa e, quando menos que 1,0, prevalece a concavidade.

Figura 2 - Esquema explicativo de Curvaturas de Relevo.



Fonte: Roumão 2006, modificado de Ruhe, 1975.

A caracterização climática foi realizada a partir da coleta de dados climáticos junto a Agência Nacional de Águas (<https://dadosabertos.ana.gov.br/>). Foram levantados dados históricos de precipitação, onde foram gerados gráficos com análises estatísticas para compreensão da dinâmica climática da região. Para estes, foram levantados os totais anuais de chuva do período decenal de estudo 1992, 2002, 2012 e 2022 e, com estes dados, foi elaborado gráfico para análise do comportamento temporal das precipitações. Para o mapeamento da precipitação foi utilizada uma imagem de satélite adquirida no site do WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>), no qual foi recortado para a área da bacia, onde a imagem tem por média mensal, que na qual foram somadas e é descrito a média

anual, seguido foi realizada a interpolação com 3 pontos para a espacialização das médias de precipitação para a área da bacia.

Para o mapeamento dos tipos de solos foi usada a base cartográfica da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária de Goiás – EMATER, elaborada em 2017, e está disponível na plataforma do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG) (<http://www2.sieg.go.gov.br/>).

Os mapas elaborados de uso e cobertura dos solos foram para os anos de 1992, 2002, 2012 e 2022, contemplados trinta anos e com intervalos a cada dez anos, optou para esse período pela disponibilidade de dados fornecidos pelo MapBiomas que são a partir de 1985, e o intuito era avaliar as transformações ocorridas na BHRP no decorrer de décadas até o ano de 2022. Os mapeamentos de 1992, 2002 e 2012 foram feitos a partir das bases *raster* Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (Mapbiomas), adquiridas na plataforma (<https://earthengine.google.com/>) e classificados no *software* QGIS.

Para definição das classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2022 foi feita a vetorização manual das Classes, por meio composição RGB, cor natural e colorida, de imagens do ano de 2022 com datação de 30 de março do sensor OLI (*Operational Land Imager*) a bordo do satélite Landsat 8 Collection 2 Level 1, disponibilizada pelo United States Geological Survey (USGS).

Procedeu-se uma análise temporal do uso do solo e das perdas de vegetação do Cerrado e identificação dos fragmentos florestais de cerrado para aplicação das métricas de paisagem. Para a análise da vegetação florestal de cerrado e aplicação das métricas de paisagem, foram considerados os fragmentos de tamanhos, pequeno (≥ 5 a 10 ha), médio (> 10 a 50 ha), grande (>50 a 100 ha) e muito grande (> 100 ha), parâmetros baseados na classificação proposta por Pirovani et al. (2014). Após a definição dos fragmentos que foram analisados, procedeu-se a correlação destes com os índices espectrais e parâmetros geomorfométricos.

Foram aplicados alguns parâmetros de métricas de estrutura da paisagem, aos fragmentos, com base na metodologia proposta por Lang e Blaschke (2009), considerando:

- Área da Classe: área total de todos os fragmentos pertencentes a uma classe em hectare(ha).
- Número de Fragmentos: indica os números de fragmentos existentes na classe.
- Tamanho médio dos Fragmentos: calcula a média do tamanho dos fragmentos da classe em hectare (ha).
- Borda Total: valor absoluto do perímetro dos fragmentos da classe em metros (m).
- Densidade de Borda: total da borda em relação à área da paisagem. As informações em metros/hectare (m/ha).

- Índice de circularidade (IC): refere-se as características da forma dos fragmentos florestais de cerrado, sendo esta comparada a um círculo, no qual está relacionado ao perímetro em função da área (PIROVANI et al., 2014).

O valor de IC varia de zero (0) a um (1), o que permite saber se o fragmento se apresenta mais circular, caso seja mais próximo de 1 e, mais alongado (irregular), quando seu valor apresenta uma tendência a zero. Os valores mais próximos a 1 são os desejáveis, já que a razão entre borda e interior será menor, conseqüentemente o fragmento estará mais protegido no seu interior quanto ao efeito de borda (VIANA; PINHEIRO, 1998; BORGES et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2006; PIROVANI et al., 2014), ou seja, o centro do fragmento estará mais distante da borda (PIROVANI et al., 2014). O IC é obtido pela seguinte equação:

$$IC = \frac{(2\sqrt{\pi A})}{P}$$

Em que: IC = Índice de circularidade;
A = Área do fragmento florestal;
P = Perímetro do fragmento florestal.

- Índice de exposição antrópica (IEA): a qual refere-se ao grau de interferência antrópica em função dos diferentes tipos de cobertura e uso do solo que se encontram ao redor dos fragmentos florestais.

Foi obtido por meio da equação que segue abaixo, no qual foi considerada duas variáveis, sendo estas, índice de circularidade (IC) e o índice do efeito de borda (IEB).

$$IEA = \frac{((1-IC) + 2 IEB)}{3}$$

Em que: IEA = Indicador de exposição antrópica;
IC = Indicador de circularidade;
IEB = Indicador de efeito de borda.

O valor desse índice varia entre 0 e 1, onde se considera que quanto mais próximo ou igual a um (1) maiores são as pressões antrópicas sobre aqueles fragmentos e quanto mais o valor se aproxima ou iguala a zero (0) essa pressão se torna menos intensa (LOURENÇO; SILVA; SALES, 2014).

- Índices de Efeitos de borda (IEB) serve como um indicador do quanto os fragmentos florestais estão suscetíveis a interferências antrópicas.

Seu valor também varia de zero (0) a um (1), sendo que quanto mais próximo de 1, maior será a restrição em relação a manutenção e a conservação dos fragmentos florestais, ou seja, mais exposto estará o fragmento a degradação. Obteve-se uma faixa ou buffer ao redor do fragmento, o que implicou em utilizar na equação a área de cada tipo de cobertura e uso do solo e não o perímetro como em Lourenço, Silva e Sales (2014).

A faixa utilizada foi de 100 metros e não 50 metros como utilizada em Takikawa (2020). Considerar as características do entorno do fragmento compreendendo uma largura

maior se fez necessária, porque entende-se que a influência das atividades antrópicas sobre os fragmentos vai além do contato com o limite do fragmento, pois a depender da extensão e do tipo de atividade antrópica, esta vai apresentar maior ou menor pressão sobre o fragmento, contribuindo assim para sua degradação.

$$IEB = \sum_{i=1}^n \frac{U_i \times A_i}{A}$$

Em que: IEB = Índice de efeito de borda;

U_i = Peso atribuído ao tipo de cobertura e uso da terra que se encontram ao redor do fragmento em uma determinada faixa;

A_i = Área de cada tipo de cobertura e uso da terra ao redor do fragmento;

A = Área da faixa do fragmento;

n = Quantidade de cobertura e uso da terra;

i = Tipo de cobertura e uso da terra.

- Dimensão Fractal: método utilizado para quantificar a complexidade e a diversidade dos arranjos espaciais.

Este método foi proposto por Clark (1986) apud Lam e De Cola (1993) e pode ser expresso por:

$$D = \ln P / \ln (A^{1/2} \times 100)$$

Onde:

D = Dimensão Fractal

$\ln P$ = logaritmo neperiano do perímetro

$\ln A$ = logaritmo neperiano da área

Este método baseia-se na relação de que a forma de um polígono varia com a área. Em geral, a área dos fragmentos fractais pode ser expressa como uma função que providencia informações de complexidade (KRUMMEL et al., 1987; MILNE, 1988; LI, 2000).

Para o cálculo dos índices de vegetação NDWI e NDVI utilizadas imagens Google Earth Engine. No cálculo dos índices foi feita uma média para o ano de 2022. O NDWI - Índice de Água por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Water Index*), também conhecido como índice de umidade da vegetação, mensura o conteúdo de água na folhagem, sendo um indicador de estresse hídrico das plantas. Este índice é gerado utilizando as bandas espectrais do infravermelho próximo e infravermelho médio e seus resultados se apresentam no intervalo de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior o índice de umidade (GAO, 1996; JENSEN, 2009). Para o cálculo do NDWI foi usada a seguinte equação:

$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$

Em que: NIR = refletância na faixa do infravermelho próximo e SWIR= refletância na faixa do infravermelho médio.

O NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index) é a razão entre a diferença das refletâncias das bandas no infravermelho próximo e do vermelho (Rouse et al., 1973). O NDVI é um indicador sensível da densidade, vigor e produção fotossintética da vegetação, cujos valores variam no intervalo de -1 a 1. Para seu cálculo utilizou-se a seguinte equação:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Em que: NIR = refletância na faixa do infravermelho próximo e R = refletância na faixa do vermelho.

Na Tabela 1 são apresentadas as descrições das bandas que foram utilizadas no cálculo dos índices e na classificação supervisionada.

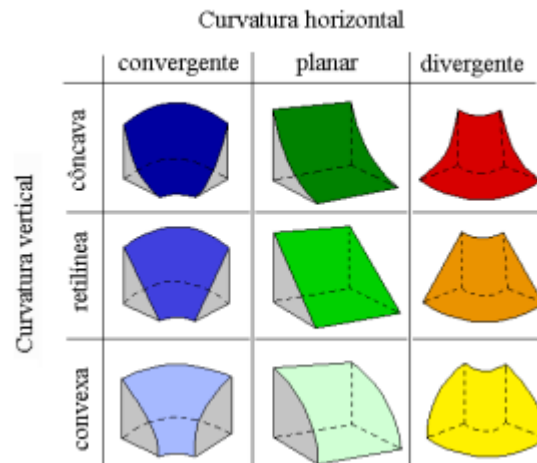
Tabela 1: Características técnicas das bandas espectrais das imagens OLI/Landsat 8.

Bandas	Comprimento de ondas (micrômetros)	Resolução espacial (metros)	Instrumento imageador
Band 2 – Blue	0.45 – 0.51	30	OLI
Band 3 – Green	0.53 – 0.59	30	OLI
Band 4 – Red	0.64 – 0.67	30	OLI
Band 5 – NearInfrared (NIR)	0.85 – 0.88	30	OLI
Band 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30	OLI

Fonte: USGS (2021).

Já para a sobreposição de curvaturas horizontal e vertical foi gerado o produto para toda a bacia por meio combinação entre as curvaturas horizontais e verticais (figura 3) E recortada para os fragmentos. Para Valeriano (2008), diante do interesse específico do estudo e das condições locais de terreno, substrato e processos vigentes, as classes de forma de terreno podem ser reagrupadas em função de sua similaridade frente a esses aspectos. Os casos extremos de combinações de curvatura do terreno são representados pela forma côncavo-convergente (máxima concentração e acúmulo do escoamento) e pela forma convexa-divergente (máxima dispersão do escoamento).

Figura 3 - Combinação dos tipos de curvatura para determinar as formas de relevo.



Fonte: : adaptado de Dikau (1990)

Para determinar as formas do relevo foi feita uma análise de sobreposição usando as formas do relevo horizontal e vertical. Determinaram-se valores para cada tipo de curvatura e a soma desses valores representam uma determinada forma, conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores determinados para cada tipo de curvatura para possibilitar a representação do tipo de formas.

	<i>Convergente (10)</i>	<i>Planar (20)</i>	<i>Divergente (30)</i>
<i>Convexo (1)</i>	11	21	31
<i>Retilíneo (2)</i>	12	22	32
<i>Côncavo (3)</i>	13	23	33

Fonte dos dados: INPE. Organização: próprio autor

Associou-se a cada dado raster, tanto de curvatura horizontal e vertical, valores atribuídos para as classes de curvatura, assim as células foram representadas a cada valor atribuídos. A soma dos dados raster permitiu a identificação dos tipos de forma.

Figura 4 - Representação da soma dos dados matriciais para determinação das formas do relevo.

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 3 & 3 \\ \hline 3 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 1 & 2 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|c|} \hline 20 & 10 & 10 \\ \hline 10 & 30 & 30 \\ \hline 30 & 20 & 10 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 21 & 13 & 13 \\ \hline 13 & 32 & 31 \\ \hline 32 & 21 & 12 \\ \hline \end{array}$$

Fonte dos dados: INPE.

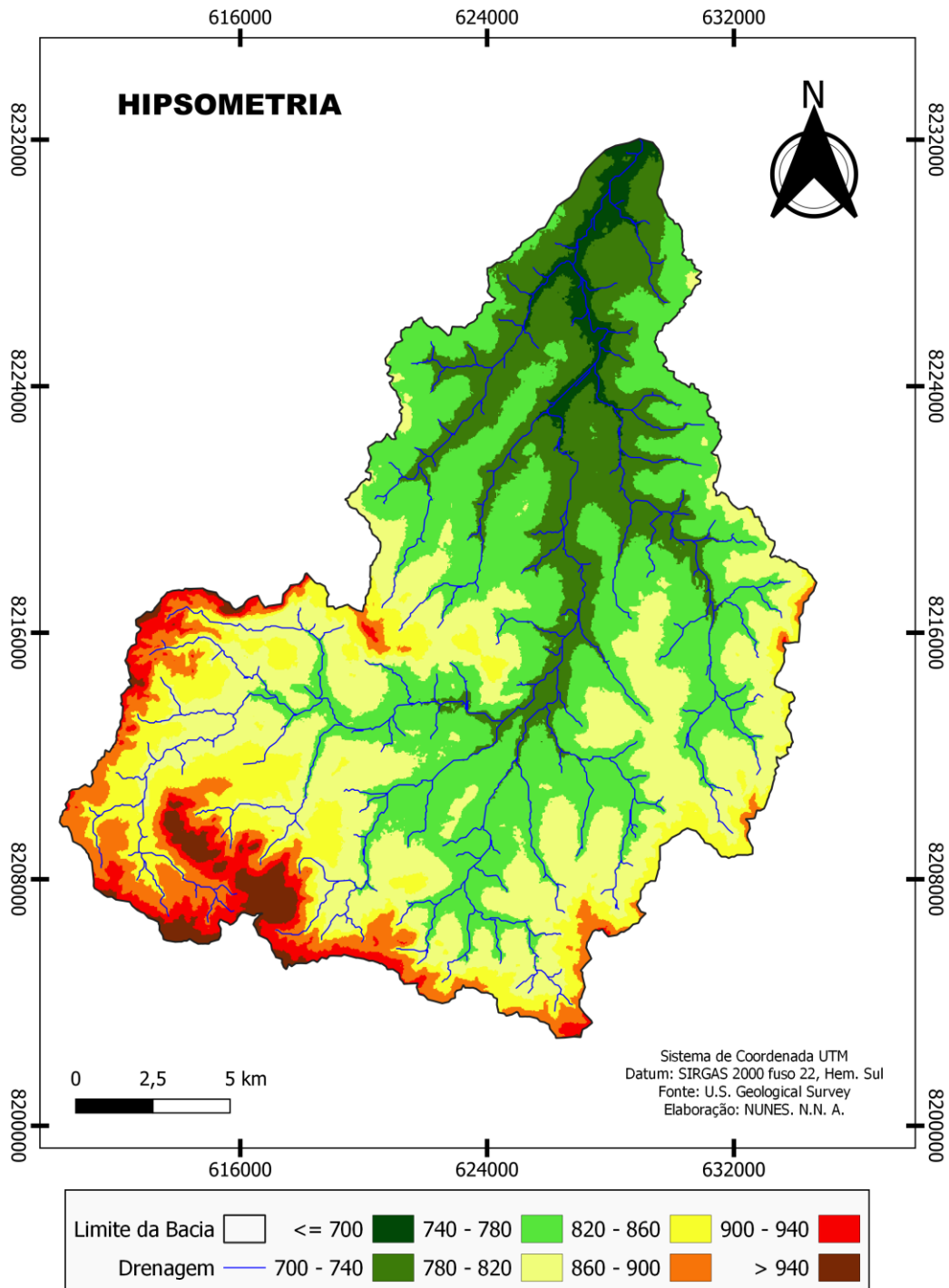
Como já mencionado, o processamento digital de imagens, tratamento de bases vetoriais e geração dos produtos cartográficos foram realizados no *software* de geoprocessamento QGIS versão 3.16. O QGIS é um *software* livre com código-fonte aberto, com comandos e ferramentas, que dispõe de comandos que permite a visualização, edição e análise de dados espaciais georreferenciados.

3 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BHRP.

3.1 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO RELEVO – HIPSOMETRIA BHRP.

O mapa hipsométrico da BHRP dado na figura 5, representa o comportamento espacial de altitudes, isto é, o modelo digital de elevação (MDE) da bacia hidrográfica do Rio das Pedras. A altitude mínima é de 676m e a altitude máxima é de 1031m, apresentando amplitude altimétrica de 355m e média 853,5m, o que remete a ser alta. O mapa hipsométrico (Figura 5) foi elaborado com fatiamento do relevo, com intervalos de 40 metros e a Tabela 3 especifica a porcentagem e os quilômetros quadrados de cada classe.

Figura 5 - Hipsometria da BHRP (Itaberaí – GO)



Fonte dos dados: MDE U.S. Geological Survey. Organização: próprio autor.

Conforme a disposição topográfica, as drenagens seguem na direção noroeste – sudoeste e as maiores elevações (940 – 1031) ocorrem em relevos dobrados e dissecados, com ocorrência predominante de rochas do Complexo Granito-Gnáissico e em micaxistos da Sequência Metavulcano-sedimentar Anicuns-Itaberaí. A maioria da bacia apresenta elevações entre 740m – 820m, a priori, quase 62% de área (233,11 km²); 18,1% da área da bacia (70,51 km²) altitudes iguais ou superiores a 820m; e apenas 18% de área da bacia (65,38 km²) apresenta altitudes inferiores a 740. Sendo a altitude média 760m.

Tabela 3 - Quantificação das áreas hipsométricas da BHRP (Itaberaí –GO)

<i>Hipsometria (m)</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
<i><= 700</i>	8,48	2,2
<i>700- 740</i>	56,9	15,8
<i>740- 780</i>	131,81	35,7
<i>780- 820</i>	101,3	27,4
<i>820- 860</i>	27,2	7,3
<i>860- 900</i>	24,4	6,6
<i>900- 940</i>	11,7	3,1
<i>> 940</i>	7,21	1,9
<i>Soma</i>	369	100

Fonte dos dados: MDE U.S. Geological Survey. Organização: próprio autor.

Ressalta-se que o relevo exerce influência no perfil do solo conforme evidenciado:

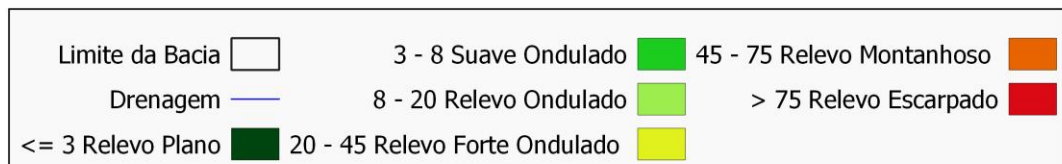
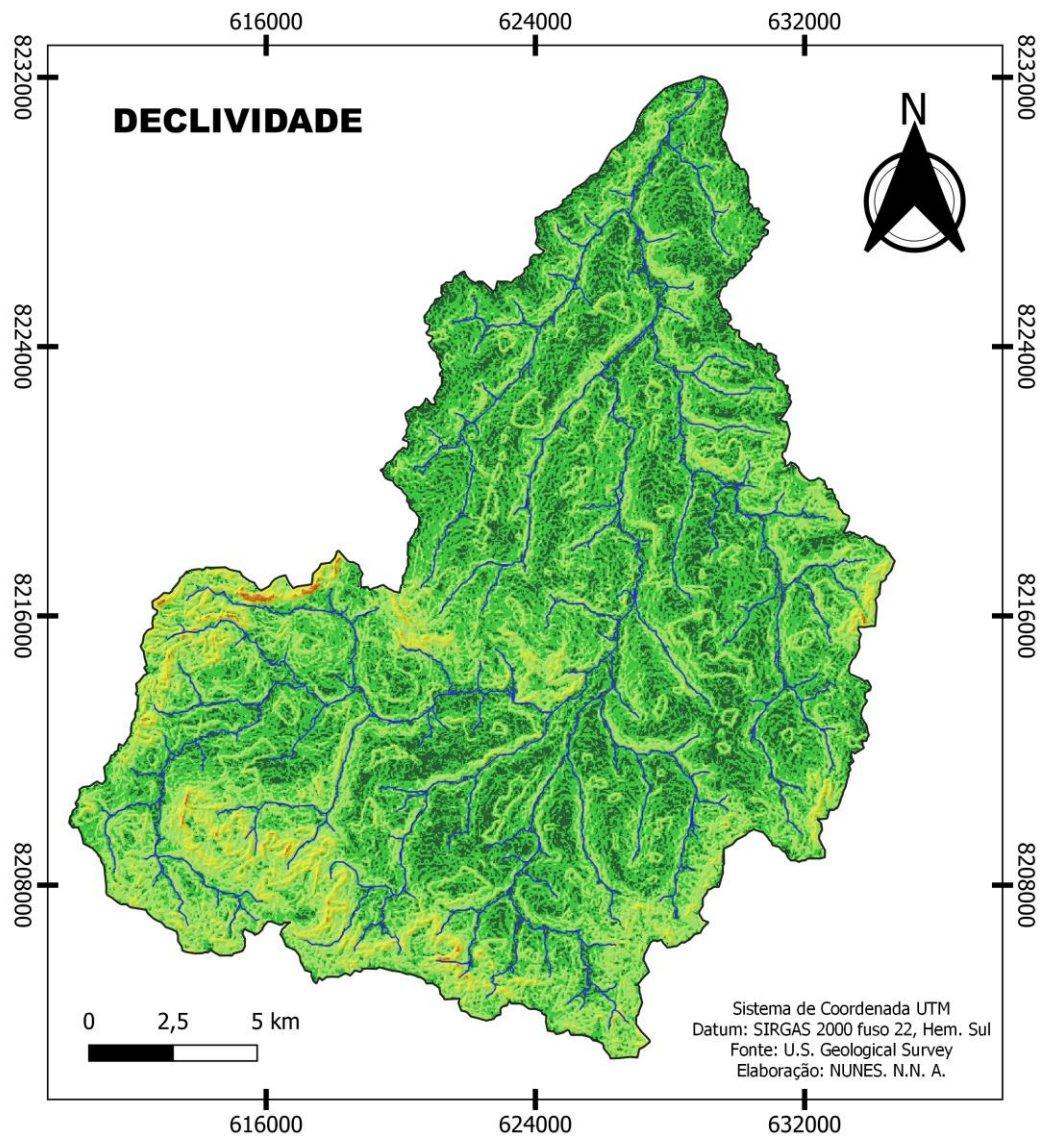
Atua diretamente sobre o regime hídrico dos solos, aumentando ou reduzido o volume de água e influenciando o tempo de formação dos diferentes solos, com atuação local, em escala da vertente, visto que as formas do relevo exercem papel decisivo no tempo de exposição dos materiais de origem, na intensidade e direção do fluxo da água no perfil, de forma que haverá variações nos processos pedogenéticos” (SILVA, 2011; CAMPOS, 2012).

O estudo da hipsometria associado a estimativas de escoamento superficial da água pode levar a identificação de áreas de maior produção relativa de sedimentos e no estudo relacionado ao assoreamento de reservatórios superficiais em uma bacia. Segundo Chagas (2013), “a topografia do terreno exerce enorme controle sobre os processos hidrológicos superficiais e os ecossistemas, influenciando a absorção solar, a precipitação, o escoamento superficial, a evaporação, a umidade do solo e o tipo de vegetação”.

3.2 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO RELEVO – DECLIVIDADES BHRP.

O mapa das declividades (Figura 6) representa o comportamento espacial das declividades, ou seja, o percentual de inclinação das vertentes da BHRP. Pela análise da curva de distribuição das declividades (Tabela 4), observa-se que o intervalo entre 3,0% e 8,0%, classificado em relevo suave ondulados, compreende numa porção de 50,1% (184,6 km²), e no intervalo de 8,1% e 20%, que se refere a relevos ondulados, compreende cerca de 31% (114,5 km²) da bacia, ademais tem se pequenas áreas ao qual se classifica como forte ondulado 4,4% de área na bacia (16,4 km²), 0,14% de área designada de relevo montanhoso (0,52 km²) de porção territorial, e apenas 0,02% de área da bacia se configura como relevo escarpado (0,08 km²).

Figura 6- Declividades da BHRP (Itaberaí – GO)



Fonte dos dados: MDE U.S. Geological Survey. **Organização:** próprio autor.

Tabela 4- Classes de Declividades em porcentagem da BHRP (Itaberaí –GO)

<i>Declividades</i>	<i>Formas de relevo</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Porcentagem (%)</i>
<= 3,0000	Plano	52,9	14,3
3,0000 – 8,0000	Suave ondulado	184,6	50,1
8,0000 – 20,0000	Ondulado	114,5	31
20,0000 – 45,0000	Forte ondulado	16,4	4,4
45,0000 – 75,0000	Montanhoso	0,52	0,14
> 75,0000	Escarpado	0,08	0,02
Soma	-	369	100

Fonte dos dados: MDE U.S. Geological Survey. **Organização:** próprio autor.

Os resultados indicam que 81% de área da bacia (299,1 km²) possui classes de declividades entre 3,0% e 20,0%, o qual classifica-se que a totalidade da bacia possui relevo suave ondulado a ondulado. Como as áreas com declividade acima de 45% - que representa uma mínima porção de totalidade na bacia, somando 17 km² e 4,5% de área, e são consideradas áreas não aptas a agricultura, pois os relevos vão de forte ondulado, montanhoso a escarpado. Resta, então, apenas 14,3% de área (52,9 km²) na bacia definida como relevo plano, é também propício as práticas agricultáveis, bem como nos relevos suave ondulado a ondulado presentes em maior porção da bacia, tendo isso é prescindível o uso de medidas de controle e prevenção para evitar danos ambientais. A declividade média encontrada foi de 61,5%, sendo, assim, condizente com o relevo ondulado predominante da bacia. Dessa forma, afirma-se que as classes de declividades entre 3,1 e 20% (suave-ondulado a ondulado) são predominantes (Tabela 4 e Figura 6).

A BHRP apresenta predomínio de relevo suave ondulado, com relevos ondulados, principalmente nas porções sul, sudoeste e leste, próximo aos divisores de água, que apresentam relevos dobrados. As áreas planas, com declividades entre 0% a 3%, se encontram predominantemente próximo à calha das drenagens e próximo ao exutório da bacia.

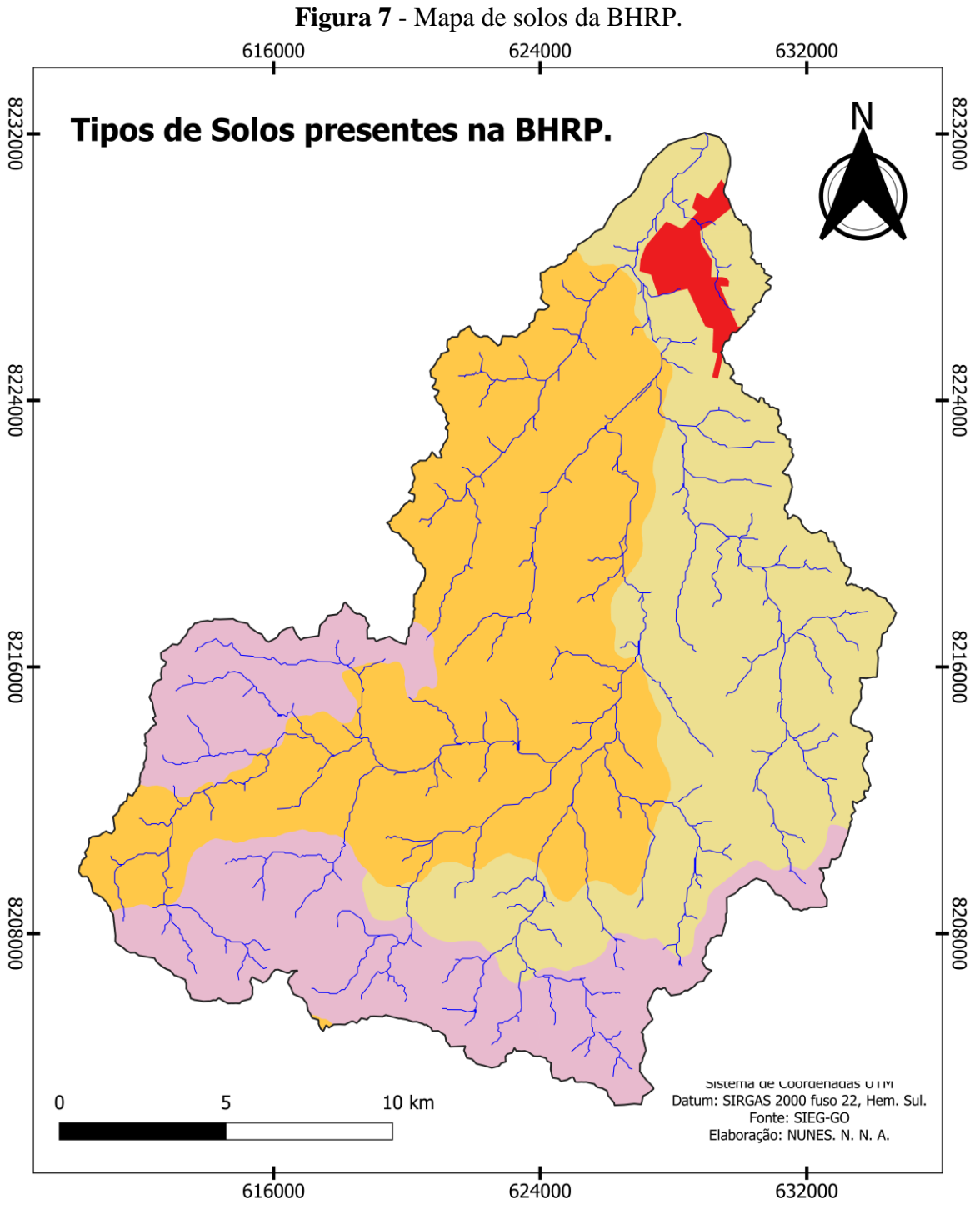
As declividades atuam na velocidade do escoamento da água sobre o solo e afeta a capacidade de armazenamento, portanto, é importante frisar estudos relacionados à erosão dos solos. Quanto maior a declividade da bacia, associada à ausência de cobertura vegetal, ao tipo de solo, à intensidade de chuvas, entre outros fatores, menor será a capacidade de armazenamento superficial, o que amplia a susceptibilidade a enchentes e processos erosivos (PRUSKI, 2006). Os relevos com maiores declividades da bacia estão próximos aos divisores de água e estão associadas a relevos dobrados e altamente dissecados, como *Hogback*, Morros e Colinas. O escoamento superficial, segundo Marchini et al. (2015) afeta diretamente regiões com alta declividade, decorrente da velocidade de fluxo da água.

Isso posto, entende-se que o mapa de declividade possibilita o conhecimento das inclinações do relevo, que, por sua vez, por meio do estudo das inclinações, auxilia na compreensão da dinâmica da morfogênese/pedogênese e a sua relação com a formação e fragilidades do solo.

3.3 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS DA BHRP.

Em relação às características pedológicas, foram identificados na bacia 3 classes de solos, sendo eles: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrofico (PVAe); Latossolo Vermelho Acríco (LVw); Latossolo Vermelho Distrófico (LVD). A figura 7 traz a espacialização dessas uni-

dades enquanto tipos e associações de solos e a tabela 5 organiza essas informações em valores de área por km².



Limite da Bacia		Argissolo Vermelho-Amarelo eutrofico	
Drenagem		Latossolo Vermelho acrico	
Grupamento urbano		Latossolo Vermelho distrofico	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 5 - Classes dos tipos de solo na BHRP.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
<i>LVw</i>	151	41
<i>LVD</i>	120	32
<i>PVAe</i>	90,16	24,43
<i>AUR</i>	7,84	2,12
<i>Soma</i>	369	100

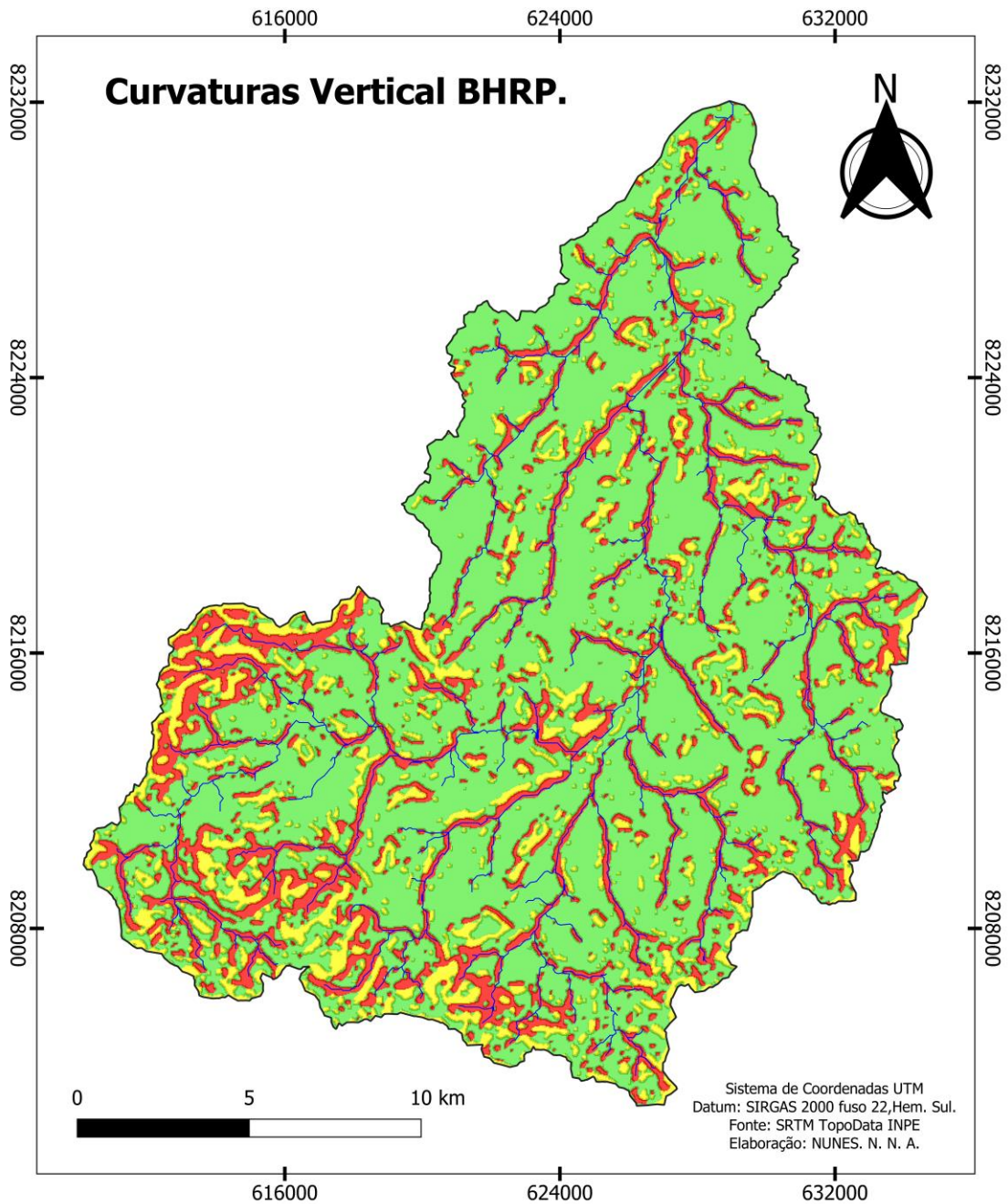
Fonte: Elaborado pelor autor

É notório a predominância e ocorrência do Latossolo Vermelho ácrico na bacia, tendo 41% de área, ocorrendo em grande área central da bacia e estendendo na porção noroeste e sudoeste. Na BHRP, predomina o Latossolo Vermelho, uma vez que 32% da área é recoberta por essa classe de solo. Os Latossolos são solos muito intemperizados, profundos, que se estendem por áreas de relevo aplainado, com textura homogênea ao longo do perfil e coloração que varia do vermelho-escuro ao amarelado (REATTO; MARTINS, 2005). Segundo Jacomine (2009) os Latossolos são de minerais primários ou secundários. Portanto, eles podem ser distróficos, aqueles bastante ácidos, de média ou baixa fertilidade, condição que predomina no Cerrado, ou eutróficos, solos férteis, com elevada saturação por bases.

3.4 DESCRIÇÃO DAS CURVATURA VERTICAL E HORIZONTAL DA BHRP.

O mapa da Figura 8 apresenta a espacialização da curvatura em perfil vertical para a BHRP. A qual foram mapeadas três curvaturas, sendo: côncavo, retilíneo e convexo. A bacia apresenta em sua maior totalidade áreas de curvaturas retilíneas, ocupando 68,83% da área e 254 km², compreendendo por áreas bastante planas, até o que justifica a antropização agrícola ocorrida na bacia. Nas vertentes convexas, ocorre fluxo acelerado, sendo que inicia com menores velocidades, acelerando vertente abaixo e com deposição nos canais de drenagem e esta classe representa 11,65% da área da bacia (Tabela 6). Nas vertentes côncavas (19,52%), o fluxo também é acelerado em todo o segmento topográfico que indica áreas de potencial de erosão, também localizadas nas proximidades das redes de drenagem e com grande concentração na região oeste e sudoeste da bacia.

Figura 8- Mapa de curvatura de perfil Vertical da BHRP.



Fonte: Elaborado pelor autor

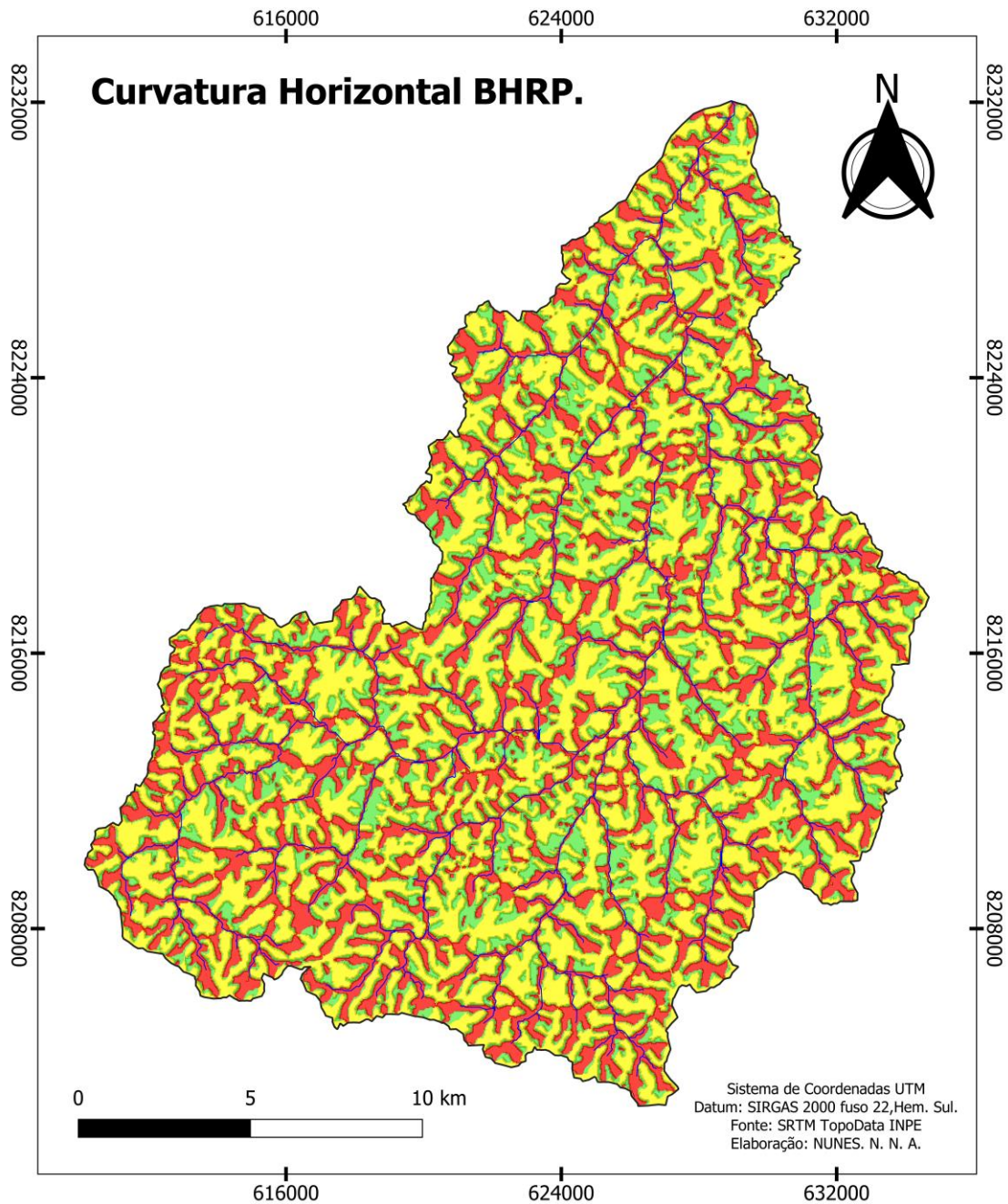
Tabela 6- Classes das Curvaturas Verticais da BHRP.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
Côncavo	72	19,52
Retilíneo	254	68,83
Convexo	43	11,65
Soma	369	100

Fonte: Elaborado pelor autor

Logo abaixo, temos a espacialização da curvatura plana (horizontal) da bacia. A representação do relevo em curvatura plana refere-se à convergência e à divergência do fluxo da água em uma vertente. Na BHRP, foram encontradas três curvaturas planas, sendo elas: convergente, planar e divergente. Na BHRP, foram encontrados valores que indicam que a superfície é planar 44% da área (tabela 7), o que se totaliza em maior porção sendo 164 km².

Figura 9 - Mapa de curvatura de Plana Horizontal da BHRP.



Fonte: Elaborado pelor autor

Em 32% da área, foram encontrados valores que indicam vertentes convergentes, portanto, áreas com potencial de concentração no fluxo do escoamento superficial, tornando-as suscetíveis à erosão e à inundação, áreas que concentram 118 km² da bacia e situam-se nas proximidades das redes de drenagem. Já as áreas mapeadas enquanto divergente compreende menor área na bacia sendo 24%, estas áreas têm condição que provoca a dispersão no escoamento superficial.

Tabela 7 - Classes das Curvaturas Horizontais da BHRP.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
Convergente	118	32
Planar	164	44
Divergente	87	24
Soma	369	100

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BHRP.

A Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras (BHRP) está localizada na porção central do estado de Goiás, o que permite afirmar que suas características climáticas gerais seguem o padrão climático de Goiás, uma vez que é atingida pelas mesmas variáveis climáticas atuantes sobre a região central do Brasil. Neste sentido, para possibilitar a definição dos aspectos climáticos específicos da BHRP, é necessário entender as características climáticas em escala macro, que opera sobre a região na qual se localiza, identificando os sistemas climáticos e variáveis que ali interferem.

De acordo com Herculano (2021), os fatores de significativa relevância, no contexto da caracterização climática de uma região, citam-se o regime de chuvas que, em Goiás, é caracterizado, segundo Lucena et al. (2020), Silva et al. (2006) e Cardoso, Marcuzzo e Barros (2014), por um período chuvoso (de outubro a abril) e outro seco (de maio a setembro), sendo que, no período chuvoso, ocorrem 95% do total de precipitação pluvial.

A existência da estacionalidade relaciona-se com a localização latitudinal do estado de Goiás e, neste caso, também da BHRP, pois ambos estão entrepostos na Zona Climática Intertropical. Assim, este aspecto se caracteriza como uma variável importante na determinação das características climáticas.

Ainda segundo Cardoso, Marcuzzo e Barros (2012), de forma generalizada, a precipitação média anual em Goiás fica entre 1200 e 1800 mm. A latitude tem também influência direta na dinâmica das temperaturas, sendo considerada, por estes autores, o principal fator determinante de suas variações, uma vez que está relacionada com a quantidade de radiação recebida. Assim, “a temperatura média anual fica em torno de 22,0 e 23,0°C, sendo que as médias mensais apresentam pequena estacionalidade” (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2012, p.121). Acrescentando, Silva, Assad e Evangelista (2008) consideram que, na região central do Brasil, as temperatu-

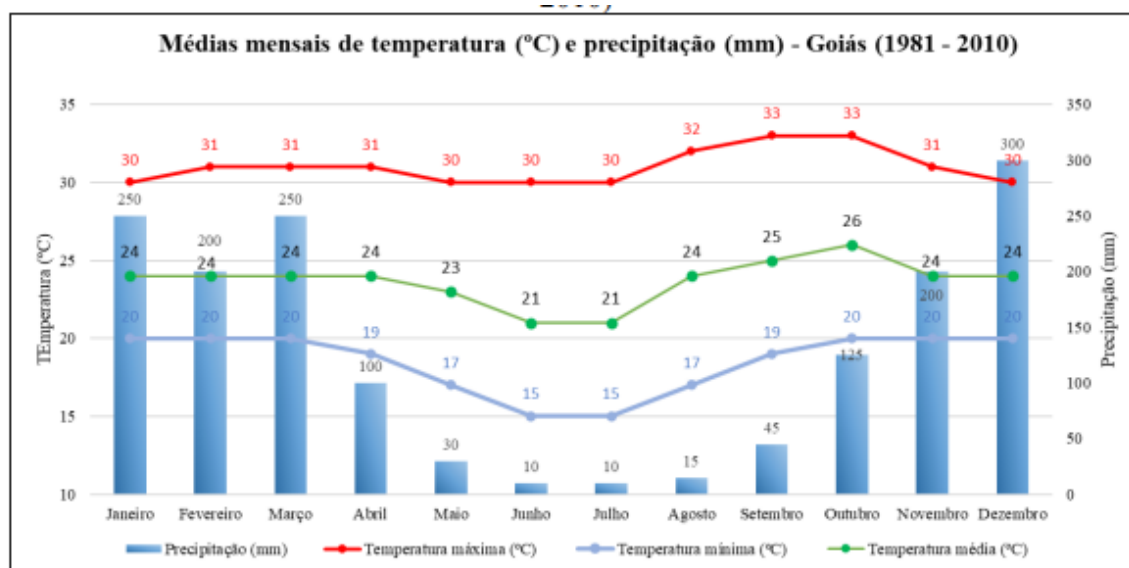
ras máximas variam entre 24°C e 33°C, sendo mais elevadas nas estações primavera-verão e com tendência de aumento no sentido sul-norte (Herculano, 2021).

Conforme a classificação climática de Köppen (1948), o tipo climático que ocorre na região, onde a bacia está inserida, é o clima Megatérmico ou tropical úmido (A), com o subtipo clima de savana, com inverno seco e chuvas máximas de verão (w). Esse tipo de clima (Aw) é predominante no domínio do Cerrado.

Estabelecidos os fatores e variáveis que condicionam, de forma macro, o clima em Goiás, é importante analisar de forma singularizada, os aspectos que caracterizam e diferenciam o clima na área da BHRP, alvo desse estudo. Nessa perspectiva, adotaram-se como variáveis, a serem analisadas, as precipitações mensais acumuladas, temperaturas máximas, médias e mínimas, no período entre 1981 e 2010, que se identifica, a partir de dados da série histórica do INMET, referente e disponibilizadas ao período de 1981 a 2010 (Figura 10), a estacionalidade do período chuvoso. Pelo gráfico, apresentado na figura 7, observa-se que entre os meses de outubro e abril, predominam a ocorrência de chuvas, sendo que no mês de dezembro há maior concentração em milímetros. Define-se, nesses meses, o período úmido. Na posição contrária, os meses de maio a setembro apresentam menores índices de chuva, caracterizando a estação seca, sendo os meses de junho e julho os de menores índices de pluviosidade.

De acordo com os dados, a média de precipitação pluvial anual na região da bacia hidrográfica estudada é de 1.701mm, dos quais 1.425mm estão concentrados no período úmido, restando para o período seco apenas 276 mm, distribuídos nos cinco meses de estiagem. Os dados demonstram que as características do regime de chuvas da BHRP estão de acordo com as descrições de Silva et al. (2006) e de Cardoso, Marcuzzo e Barros (2014), em relação aos aspectos gerais do estado de Goiás.

Figura 10 - Médias de precipitação e temperaturas mínimas, máximas e médias mensais (1981 – 2010).



Fonte dos dados: INMET. Organização: Herculano, 2021.

Fonte: Herculano, 2021.

No que tange às temperaturas, os dados revelam que os meses com maior ocorrência de chuvas (outubro a abril) são os de maiores temperaturas, e isso se aplica tanto para temperaturas mínimas, quanto para médias ou máximas, conforme pode ser analisado na figura 7. A exceção ocorre no mês de setembro, que, embora com baixos índices de chuva, apresenta temperaturas em ascensão.

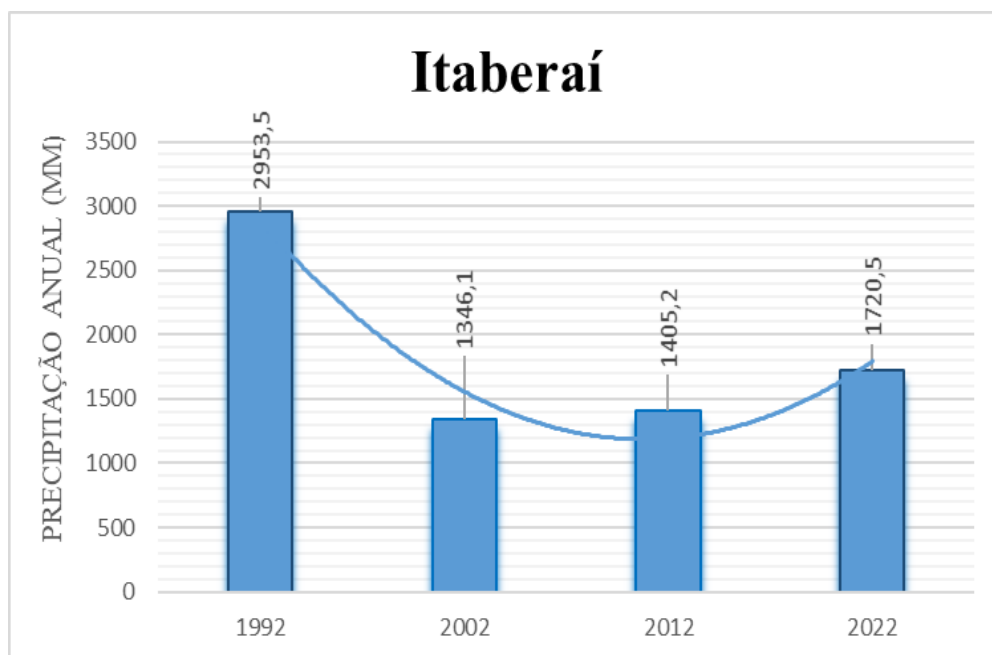
As médias mensais das temperaturas máximas variam entre 30°C e 33°C. Quanto às médias mensais de temperaturas mínimas, a variação ocorre entre 15°C e 20°C. Já em relação às médias mensais de temperaturas médias, a variação se dá entre 21°C e 26°C, conforme pode ser analisado na figura 10, com junho e julho sendo os meses que registram as menores temperaturas, enquanto outubro se revela como o mês mais quente do ano.

O gráfico presente na figura 10 possibilita a comparação entre as variações das temperaturas médias, ao longo do ano, e identificar que a BHRP apresenta temperaturas médias mais elevadas que aquelas entre 22°C e 23°C, apontadas por Cardoso, Marcuzzo e Barros (2012), para o estado de Goiás, e temperaturas máximas também mais elevadas que as apontadas por Silva, Assad e Evangelista (2008), entre 24°C e 33°C, para a região central do Brasil.

Um dado a ser evidenciado, em relação ao período de chuvas na BHRP, é que, a exemplo do que ocorre, em geral, na região central do Brasil, nos meses de dezembro e janeiro, marcados pelos maiores volumes em milímetros, é comum acontecer um fenômeno climático conhecido como Veranico. De acordo com Silva et al. (2008), este fenômeno se caracteriza por ocorrência de períodos curtos de estiagem, cerca de quinze dias, durante a estação chuvosa. Ele é bem conhecido, pois, em geral, tem capacidade para provocar prejuízos na produtividade agrícola.

O levantamento de dados de precipitação pluviométrica, contidos na série histórica sistematizada pela Agência Nacional de Águas (ANA), referentes ao período de 1992, 2002, 2012 e 2022, no município de Itaberaí, sistematizados na figura 8, mostra os volumes das precipitações no município em qual área total da BHRP.

Figura 11 - Precipitações anuais na BHRP no período de 1992, 2002, 2012 e 2022.

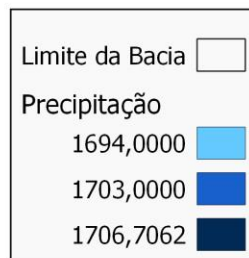
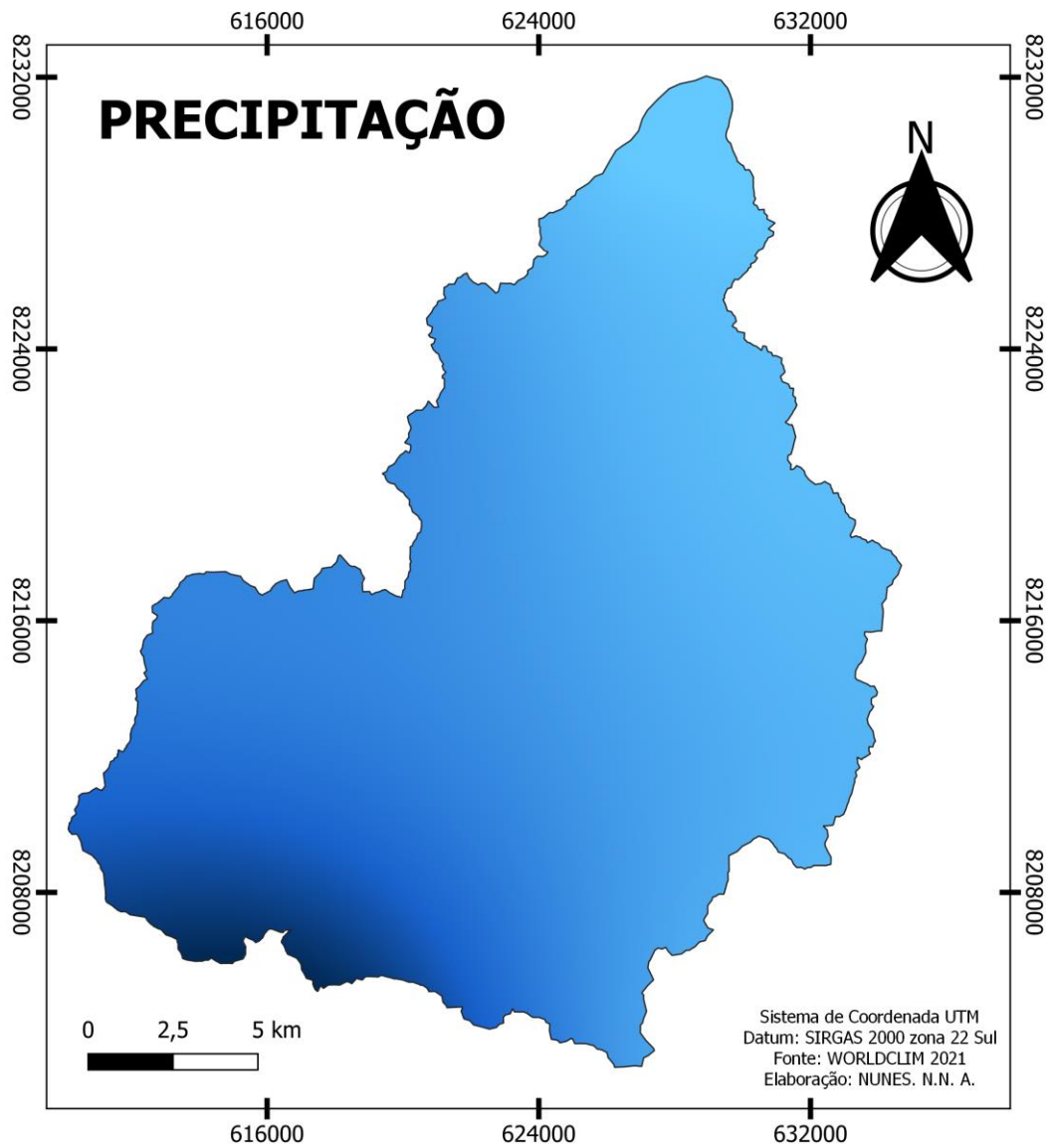


Fonte: Elaborado pelor autor

Desse modo, é perceptível a variação em precipitação no período de estudo desta pesquisa, que se compreende em décadas. O ano de 1992 apresentou um total de 2.953,5 mm, o maior acúmulo de precipitação, que é verificado um decréscimo para o ano de 2002, e na década de 2012 é analisado uma elevação da precipitação de anual total 59,1 mm. O mesmo que se evidenciou no ano de 2022, o qual apresentou média anual de 1.720,5 mm.

A BHRP está inserida numa região sob domínio do bioma Cerrado, este possui duas estações bem definidas, sendo inverno seco e verão úmido (KOPPEN; GEIGER, 1928). E em relação à precipitação na bacia foi realizado um mapeamento da espacialização da precipitação anual para área da bacia no ano de 2022, a qual temos uma variação curta de 1.694mm a 1.706mm anuais, observada na figura 9.

Figura 12 - Mapa de precipitação anual da BHRP



Fonte: Elaborado pelor autor

Dada a situação pluviométrica da bacia, é identificada uma distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e tendo alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem 70% a 80% do total de chuvas.

Tabela 8- Precipitação anual na BHRP.

<i>Precipitação (mm)</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
1694	191,5	51,90
1703	118,8	32,20
1706,7	58,70	15,90
Soma	369	100

Fonte: Elaborado pelor autor

Constata-se que a menor porcentagem de precipitação anual na área da bacia ocorre numa pequena área a sudoeste, com 15,90% de precipitação anual, não é uma área grande, porém recebe os maiores volumes de chuva. Já o restante da bacia fica com as maiores porcentagens de 32,20% para 1.703mm e 51,90% para 1.694mm, mas com menores índices de chuvas, constata-se que é uma variação em milímetros pequena ao analisar a precipitação anual, porém temos uma variação de área da bacia que recebe essa precipitação total anual.

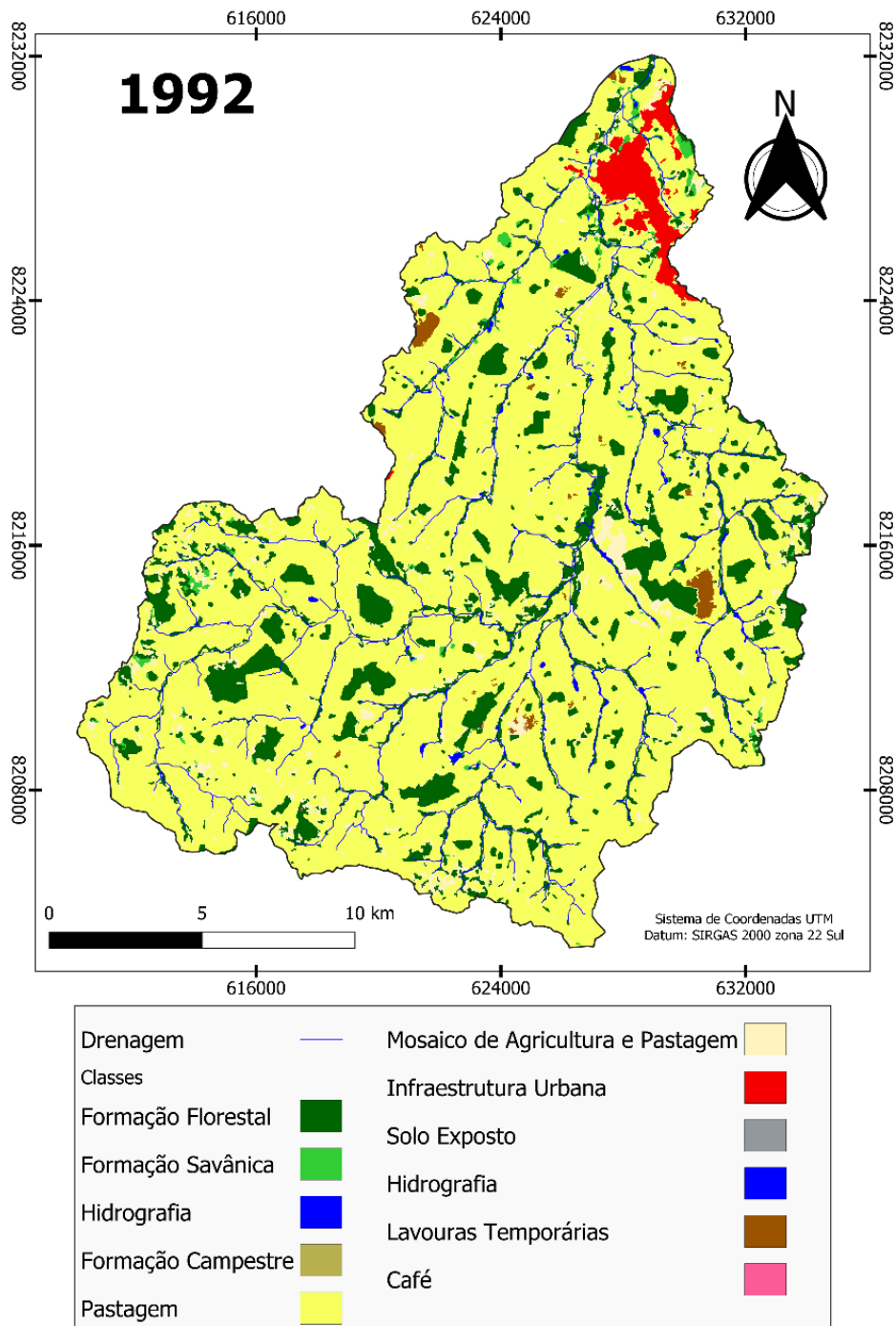
4 DINÂMICA TEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO NA BHRP.

Segundo Ribeiro (2017) a concepção de uso do solo refere-se às práticas antrópicas, já a cobertura do solo tem associação entre áreas nativas ou artificiais. Diante do crescimento das atividades antrópicas e os efeitos resultantes dessas ações, é imprescindível analisar as modificações causadas nas áreas terrestres, em especial, nos recursos naturais desse espaço.

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA PARA O ANO DE 1992

Em vista disso, realizamos uma interpretação categórica (Figura 13) para identificar coberturas naturais de Cerrado em suas formações florestais, savânicas, campestres e usos relativos à pastagem e agricultura como formas de uso do solo predominantes presentes na BHRP.

Figura 13 - Mapeamento do uso e cobertura do solo da BHRP de 1992.



Organização: próprio autor.

No ano de 1992, constata-se que grande parte da BHRP é ocupada por pastagem, compreendendo 279,74 km², todavia, é possível identificar faixas de coberturas nativas do Cerrado que compreendem um total de 15%. Os referidos dados foram gerados pela interpretação categórica, como pode ser observado a seguir, as classes de uso e cobertura para o ano de 1992:

Tabela 9 -Uso e cobertura do solo da BHRP de 1992.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
	1992	1992
<i>Solo exposto</i>	0,04	0,01
<i>Formação Campestre</i>	0,02	0,005
<i>Café</i>	0,02	0,005
<i>Hidrografia</i>	0,28	0,07
<i>Campo Alagado e Área Pantanosa</i>	1,37	0,37
<i>Lavouras Temporárias</i>	2,37	0,64
<i>Formação Savânica</i>	3,34	0,90
<i>Infraestrutura Urbana</i>	6,51	1,76
<i>Mosaico de Agricultura e Pastagem</i>	23,57	6,38
<i>Formação Florestal</i>	52,00	14,05
<i>Pastagem</i>	279,74	75,81
Soma	369	100

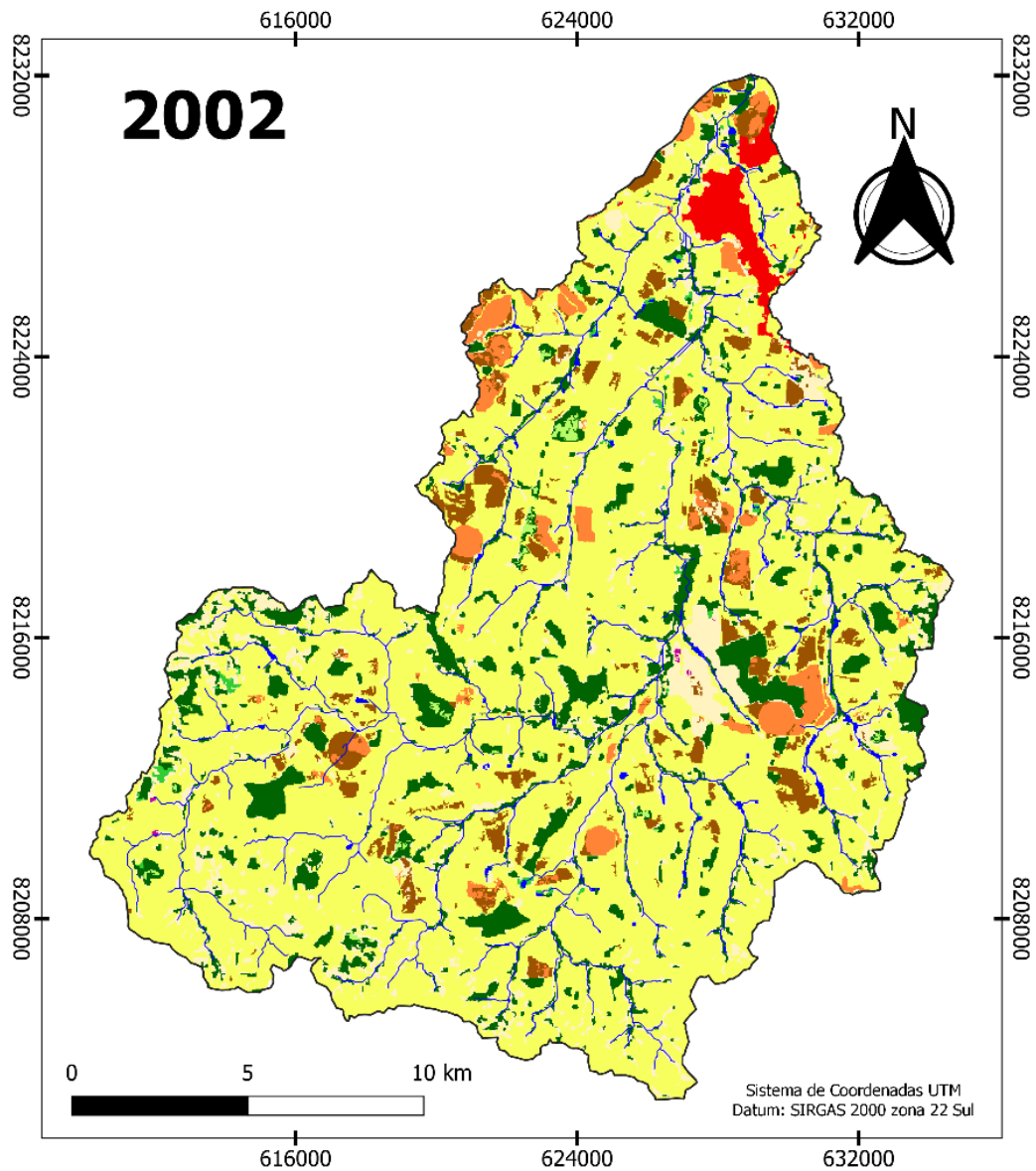
Organização: próprio autor.

Na análise da evolução das ações antrópicas na bacia que se compreende pelo período de trinta anos, buscamos identificar a perda de cobertura vegetal natural. Nesse sentido, comparando as transformações apresentadas entre os anos 1990 e 2022, se tem no ano de 1992 um percentual de 15% de área com cobertura natural, o maior índice corresponde a áreas destinadas à atividade de pastagem que ocupa 75,81% de área na bacia, e em quilômetros somam a maior porção territorial que corresponde a 279,74 km². Já é identificado no ano de 1992 a destinação de áreas para as atividades agrícolas, temos 2,37 km² destinados às lavouras temporárias, e 23,57 km² para mosaicos de agricultura e pastagem, nota-se então já a presença das ações humanas, e antrópicas nas coberturas naturais de cerrado.

4.2 ANÁLISE DESCRITIVA PARA O ANO DE 2002

Ao analisarmos o uso e a cobertura do solo no ano de 2002, é possível identificar que áreas de cerrado foram apropriadas para o uso da agricultura. No ano de 1992 tinha 15% de cobertura natural de cerrado, já em 2002 a uma regressão de 3,7% de área de cerrado na bacia, áreas estas ocupadas pelas práticas agricultáveis, como pode ser observado no mapa que segue.

Figura 14- Mapeamento do uso e cobertura do solo da BHRP de 2002.



Limite da Bacia		Cana	
Drenagem		Mosaico de Agricultura e Pastagem	
Formação Florestal		Infraestrutura Urbana	
Formação Savânica		Solo Exposto	
Floresta Plantada		Hidrografia	
Hidrografia		Soja	
Pastagem		Outras Lavouras Temporárias	

Organização: próprio autor.

Ao analisar a interpretação categórica posta para o ano de 2002, é relevante destacar que neste mapeamento a áreas da bacia que passam a ter outra cobertura do solo que não foram mapeadas e identificadas no ano de 1992, como caso em específico o da soja, que não era identificada em específico para a década anterior, mas, toda via representa em 2002 uma

porção de 11,06 km² de área, correspondendo a 2,99% de área da bacia. Toda interpretação categórica posta para o ano de 2002 pode ser observado na tabela 10.

Tabela 10 - Uso e cobertura do solo da BHRP de 2002.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
	2002	2002
<i>Solo exposto</i>	0,16	0,04
<i>Formação Campestre</i>	-	-
<i>Café</i>	-	-
<i>Hidrografia</i>	1,64	0,44
<i>Campo Alagado e Área Pantanosa</i>	-	-
<i>Lavouras Temporárias</i>	18,13	4,91
<i>Formação Savânica</i>	1,20	0,32
<i>Infraestrutura Urbana</i>	5,15	1,39
<i>Mosaico de Agricultura e Pastagem</i>	44,88	11,62
<i>Formação Florestal</i>	40,54	10,98
<i>Floresta Plantada</i>	1,22	0,33
<i>Pastagem</i>	244,93	66,37
<i>Cana</i>	0,09	0,02
<i>Soja</i>	11,06	2,99
<i>Soma</i>	369	100

Organização: próprio autor.

Para o ano de 2002 a pastagem é o maior uso do solo, representando 244,93 km² de área e 66,37% da bacia. No ano de 1992 havia 75,81% de área da bacia em uso destinado à pastagem, nota-se que de 1992 para 2002 houve diminuição que se mensura em 9,44% de área, e neste período a agricultura ganha expansão desempenhando 19,54% de área na bacia, em comparação ao período decenal a agricultura tem elevação de 12,47%, índice esse que supera a porção de cobertura no ano de 1992.

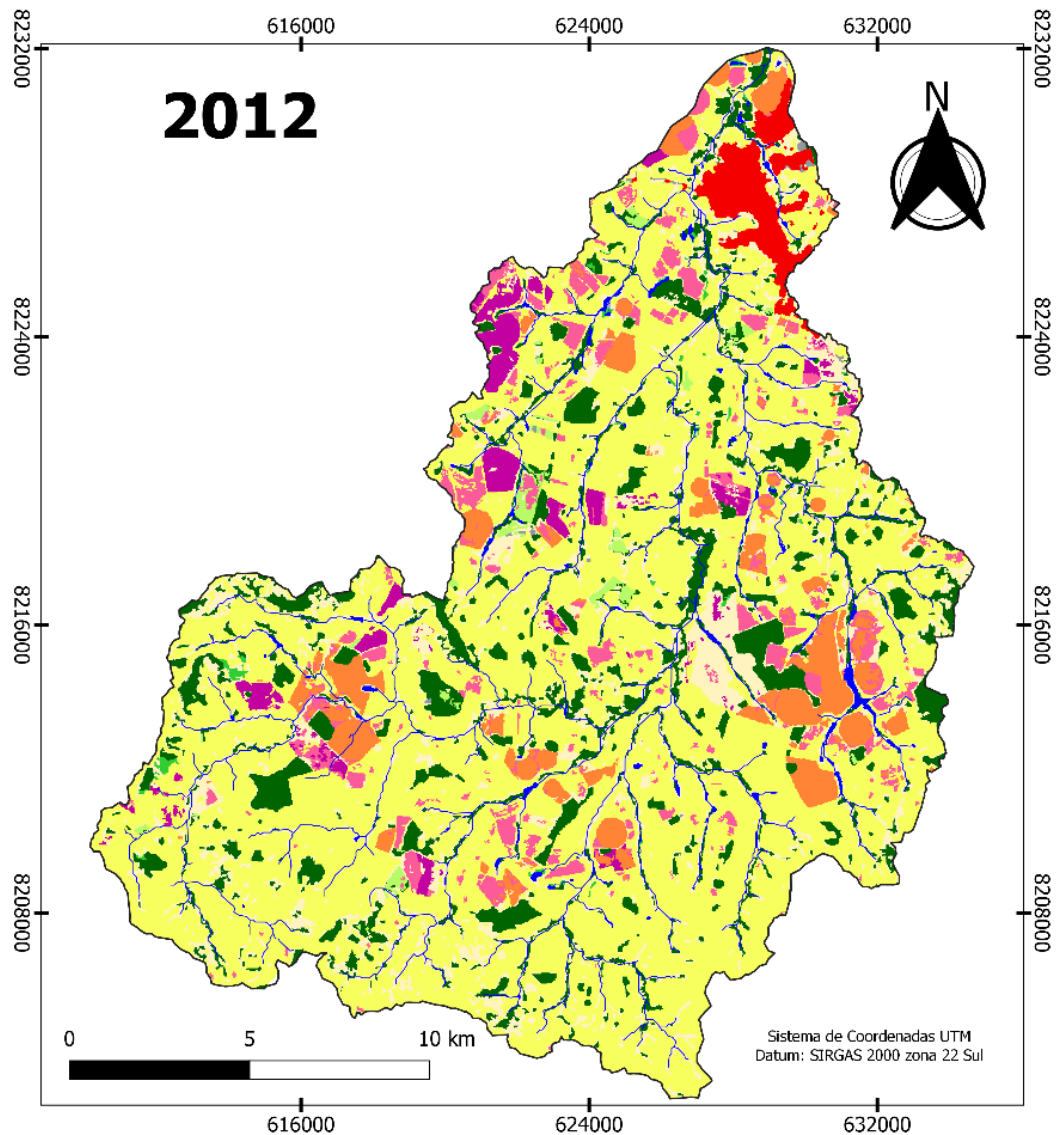
A transformação de áreas de pastagens por áreas de cultivo se fundamenta no processo de expansão da agricultura mecanizada nas últimas décadas e corrobora com o que declara Ross (2009) quando afirma que “nas últimas décadas, terras boas são aquelas que apresentam relevos planos ou pouco inclinados”. Neste caso, estas são as formas predominantes na bacia em questão. É foi observado nas análises o quanto agricultura cresceu como ocupação do solo a partir da década de 92 para 2002.

4.3 ANÁLISE DESCRITIVA PARA O ANO DE 2012

Em consonância de fazer a descrição de uso e ocupação do solo para a BHRP no período de 30 anos, fez-se a análise descritiva para o ano de 2012, ano este que representa maiores crescimentos em relação aos anos anteriores as áreas ocupantes pela atividade agrícola.

No ano de 2002 a agricultura somava 16,53% de área na bacia, já no que se difere para o ano de 2012 há uma crescente elevação nessa classe, que representa um aumento de 4,92%. A pratica da agricultura representa 21,45% de área ocupada no ano de 2012.

Figura 15 - Mapeamento do uso e cobertura do solo da BHRP de 2012.



Limite da Bacia		Mosaico de Agricultura e Pastagem	
Drenagem		Infraestrutura Urbana	
Formação Florestal		Solo exposto	
Formação Savânica		Hidrografia	
Floresta Plantada		Soja	
Pastagem		Café	
Cana			

Organização: próprio autor.

É perceptível no mapa acima o crescimento do uso e ocupação do solo por áreas de plantação de café que representa 4,63% de totalidade da bacia, é uso do solo crescente e que chama atenção por que no ano de 1992 tinham-se apenas 0,005% para este tipo de plantação, na década seguinte de 2002 não há registro para esta atividade e no ano de 2012 tem um crescimento alavancado que representa 4,625% de área.

Tabela 11- Uso e cobertura do solo da BHRP de 2012.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
	2012	2012
<i>Solo exposto</i>	0,43	0,11
<i>Formação Campestre</i>	-	-
<i>Café</i>	17,10	4,63
<i>Hidrografia</i>	2,43	0,65
<i>Campo Alagado e Área Pantanosa</i>	-	-
<i>Lavouras Temporárias</i>	-	-
<i>Formação Savânica</i>	1,02	0,27
<i>Infraestrutura Urbana</i>	7,15	1,93
<i>Mosaico de Agricultura e Pastagem</i>	51,38	13,92
<i>Formação Florestal</i>	40,63	11,01
<i>Floresta Plantada</i>	2,80	0,75
<i>Pastagem</i>	218,22	59,13
<i>Cana</i>	8,19	2,21
<i>Soja</i>	19,65	5,32
Soma	369	100

Organização: próprio autor.

Conforme os dados da tabela 11, vemos grandes modificações postas ao ano de 2012, temos a diminuição de áreas destinadas à pastagem para o uso de lavouras temporárias, como na soja que só neste ano representa 5,32% da área da BHRP, a monocultura da soja aparece enquanto uso e ocupação do solo a partir dos mapeamentos do ano de 2002 que representava 2,99% de área da bacia, mostrando um crescimento significativo para 2012 de 2,33%.

Já as áreas de coberturas naturais de cerrado se totalizam em 11,28% de porção territorial na bacia, as maiores áreas se compreendem pela formação florestal que chega a 40,63 km², em relação ao ano de 2002 para 2012 não houve perda significativa desta cobertura natural, e sim um acréscimo de 0,05 km² de área.

O uso do solo para a prática agricultável da cana de açúcar é fator relevante para esta análise, há sua presença nas análises a partir do ano de 2002, e que se intensifica no ano de 2012, equivalendo 2,21% de área da bacia.

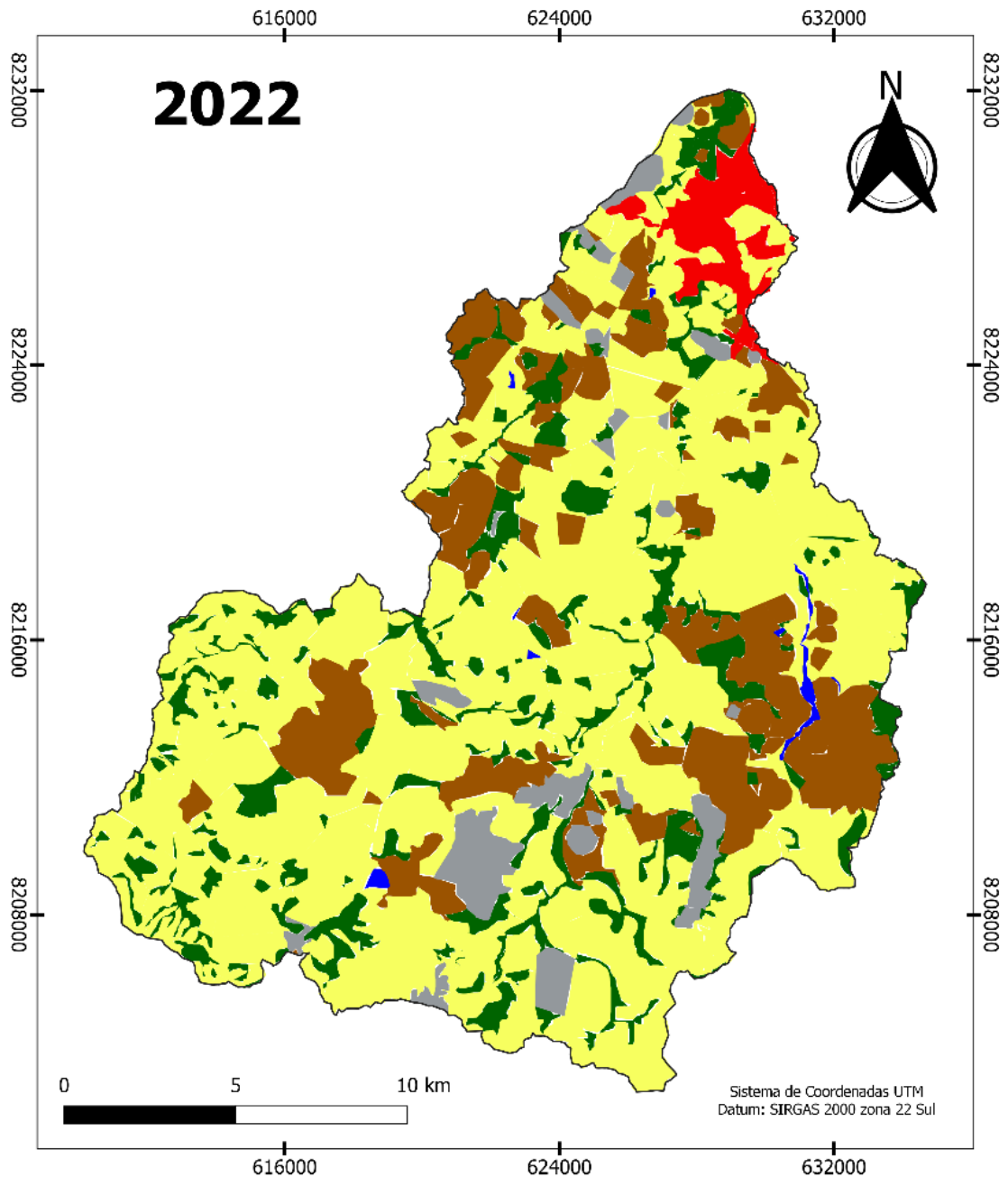
É importante destacar o crescimento da infraestrutura urbana em área na bacia, apresenta um elevado crescimento aos longos dos anos analisados, e para o ano de 2012 soma-se uma grande área de ocupação do solo, categorizando 7,15 km², ao analisar como se consolidava área urbana em 1992 para 2012 verifica-se crescimento de 0,20% de área.

4.4 ANÁLISE DESCRITIVA PARA O ANO DE 2022

O mapeamento de uso e ocupação do solo da BHRP para o ano de 2022 foi executado manualmente e vetorizado, como não foi executado de uma classificação semiautomática do projeto MapBiomas, optou-se pela escolha de 6 classes para a realização do mapeamento, sendo elas: solo exposto; hidrografia; agricultura; infraestrutura urbana; vegetação de cerrado e pastagem.

Consoante ao mapeamento é evidente que no ano de 2022 é crescente as práticas que envolve as atividades da agricultura e pecuária, tendo áreas ocupadas para a utilização destas atividades. Conforme se observa na figura 16 é possível retratar a expansão das áreas ocupadas pela agricultura.

Figura 16- Mapeamento do uso e cobertura do solo da BHRP de 2022.



Limite da Bacia		Agricultura	
Infraestrutura Urbana		Solo Exposto	
Vegetação		Hidrografia	
Pastagem			

Organização: próprio autor.

É perceptível que agricultura ganha expansão no ano de 2022, é notório como ela se acumula densamente, em toda a bacia, inserido em lócus as áreas nas proximidades das redes hidrográficas, situadas em maiores partes na vegetação de cerrado e condensas nas áreas de pastagens. A agricultura ocupa 72,84 km² de área, representando 19,73% da totalidade da

bacia, é quantitativo expressivo, mas nas análises dos anos anteriores essa prática apresentou elevado crescimento na ocupação do solo na BHRP.

Tabela 12 - Uso e cobertura do solo da BHRP de 2022.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
	2022	2022
<i>Solo exposto</i>	18,28	4,95
<i>Hidrografia</i>	1,35	0,36
<i>Agricultura</i>	72,84	19,73
<i>Infraestrutura Urbana</i>	10,57	2,86
<i>Vegetação de Cerrado</i>	44,21	11,98
<i>Pastagem</i>	221,75	60,09
<i>Soma</i>	369	100

Organização: próprio autor.

Conforme observado na tabela 12 os solos expostos correspondem a 4,95% de área da bacia, apresentando um forte crescente, em média os anos anteriores apresentam uma proporção de 0,10 km² e no ano de 2022 se tem 18,28 km², insta salientar que nesta seção compreendem áreas descobertas identificadas em áreas de cultivo agrícola, sobretudo em razão da data de coleta da imagem para o mapeamento, que coincidiu com período de finalização das colheitas e início de período seco na região, conforme pode ser observado na Figura 17, registro de trabalho de campo para a validação do mapeamento posto ao ano de 2022.

Figura 17 - Registro fotográfico da classe solo exposto identificado na BHRP.



Fonte: Nunes, 2022.

Toda a análise e interpretação dos dados evidenciam a predominância de áreas ocupadas pela agropecuária, e isso se justifica pela ocorrência de extensas áreas de Superfície Regional de Aplainamento e predominância de Latossolos, que produzem condições favoráveis para que a região apresente grande potencial agropecuário.

A infraestrutura urbana apresentou crescimento de totalidade, representa 2,98% de área na bacia, apontando um crescimento de 1% de área do ano 2012 para 2022. Os índices de crescimento contínuo apresentado têm relação direta com o processo de industrialização ocorrido na região, mas também com o avanço da mecanização ocorrida no campo, fatores que provocam êxodo rural e um significativo processo migratório, uma vez que a região é destino de migração de pessoas oriundas de variados lugares das regiões norte e nordeste do país. Estas têm migrado para o município de Itaberaí, incentivadas pelo grande número de postos de trabalho oferecidos na região.

A ocupação do solo para a hidrografia apresenta uma redução de 1,08 km² de área para o último decênio, que pode ser justificado pela expansão do uso e ocupação do solo, as práticas agricultáveis, sobretudo com técnicas intensivas mecanizadas, que para Araújo et al. (2010), é um sistema de produção agroalimentar orientado para o mercado que utiliza técnicos agrícolas modernos, como sementes melhoradas, máquinas agrícolas, combustíveis fósseis, fertilizantes, pesticidas, etc. ocupando grandes extensões de terra, influenciando mais fortemente os sistemas naturais para priorizar as práticas de monocultura e desvendando as condições ambientais existentes na região da BHRP.

A agricultura irrigada é praticada em períodos de estiagem, com a implementação da tecnologia de pivôs centrais, identificada através do mapeamento, em toda a extensão de superfície aplainada e de práticas agrícolas da BHRP. Comumente, é associado à instalação dos pivôs centrais a construção de barragens para represamento de água, mas é comum também a captação diretamente nos córregos, no rio principal da bacia hidrográfica, o Rio das Pedras, e, ainda, de águas subterrâneas ou em seus afluentes. Sendo um aspecto destacado na imagem da Figura 18.

Figura 18- Agricultura de irrigação na BHRP.



Agricultura irrigada: Lavoura de soja irrigada em pivô central.

Fonte: Nunes, 2022.

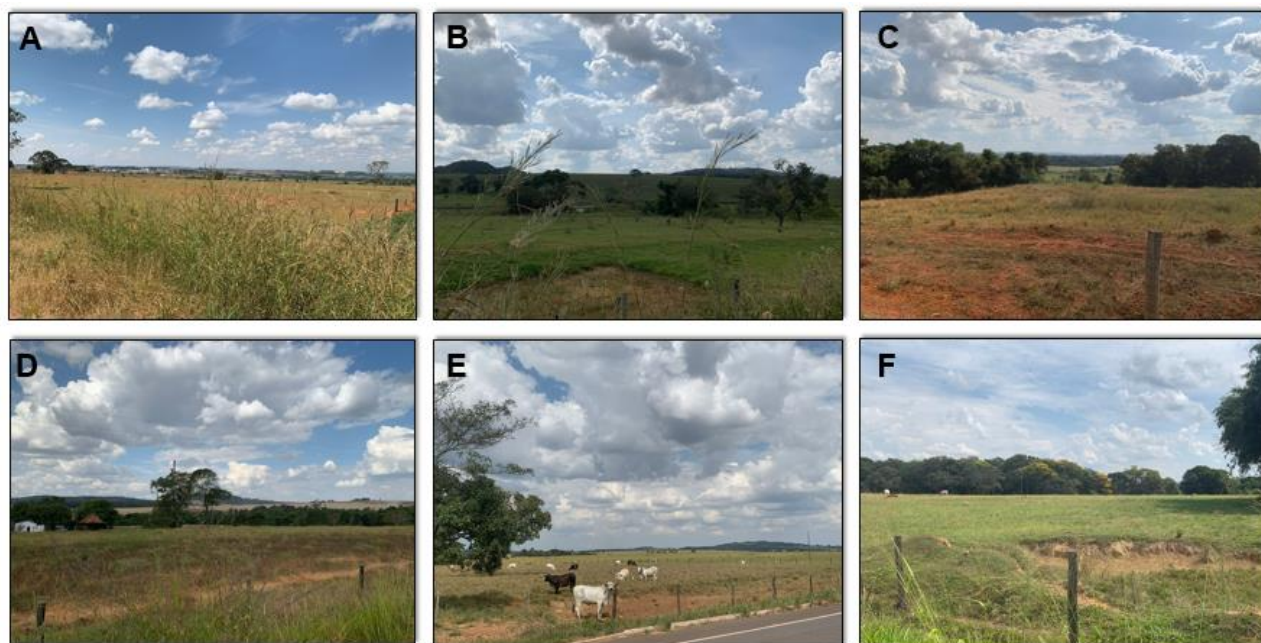
A imagem faz a comprovação da existência de lavouras irrigadas, é notório o contraste entre a vegetação e a pastagem seca no horizonte e o verde da lavoura, dada as condições climáticas do período seca na qual a imagem foi registrada.

Como mencionado e descrito, a hidrografia e/ou, massas d'água, está distribuída por toda a bacia, sendo que aquelas com maiores volumes se localizam próximas às áreas de ocorrência da agricultura, uma vez que estas possuem barragens e têm, como objetivo principal, a irrigação desenvolvida em pivôs centrais que ocorrem em abundantemente na bacia.

A vegetação natural de cerrado tem ocupação significativa de área na bacia, compreendendo em média analisada no período de 30 anos 11% de área, e cumulativa no ano de 2022 em 11,98% representando 44,21 km² de área.

As áreas destinadas em ocupação por pastagem representam 60,09% de área da BHRP conforme analisado na tabela 12, e representa a maior totalidade, somando 221,75 km² de área. Para a última década observou-se o crescimento de 3,53 km² de área ocupada por pastagens, áreas estas consolidadas por ações antrópicas e extração de áreas naturais. Para complementar e corroborar os dados obtidos, as observações feitas no campo evidenciaram que a pecuária (Figura 19) é uma atividade econômica predominante na BHRP, praticada em propriedades de variados portes, tanto nas suas formas intensiva e extensiva, no caso da pecuária de bovinos para produção de carne e leite, que utilizam extensas áreas de pastagens plantadas.

Figura 19 - Áreas de pastagens na BHRP.



Área de pastagem: A, D, E e F – pastagem em morros e colinas; B e C – pastagem próximo à vereda.

Fonte: Nunes, 2022.

Isto posto, observa-se que as pastagens plantadas são formadas por espécies exóticas. As mais comuns, cultivadas na região, são o capim *Brachiaria* e o campim Mombaça. De acordo com Braz et al. (2007):

O capim *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu é uma forrageira perene de origem africana, de ampla adaptação climática, boa tolerância ao sombreamento, grande produtora de massa verde, de bom valor nutritivo e boa aceitação por bovinos. A forrageira *Panicum maximum* cv. Mombaça, também de origem africana, perene, de crescimento cespitoso, possui 12% a 16% de proteína bruta na matéria seca e é utilizado para pastoreio ou silagem (BRAZ et al., 2007).

Portanto, na região estudada, predomina-se a *Brachiaria*, que exerce maiores quantitativos de áreas cultivadas, uma vez que é utilizada como base alimentar na prática da pecuária extensiva. O capim, Mombaça pode ser identificado, em menores quantitativos de áreas, em pequenas propriedades produtoras de leite.

Considerando as variações fitofisionômicas do Cerrado, na BHRP a formação vegetal predominante são as formações florestais, especialmente o Cerradão. Este tipo de cobertura de Cerrado é típico de regiões com solos mais profundos, no entanto, em função da introdução de pastagens na região, atualmente só restam pequenos fragmentos desta fitofisionomia de formação florestal.

Toda a análise realizada, permite com a discussão sobre a importância de se verificar os percentuais de áreas ainda ocupadas pela vegetação natural na BHRP, uma vez que a

inexistência dessas compromete a existência do domínio Cerrado em toda a sua complexidade e por isso se faz relevante quando apresenta o avanço das atividades agropecuárias sobre este domínio morfoclimático e fitogeográfico.

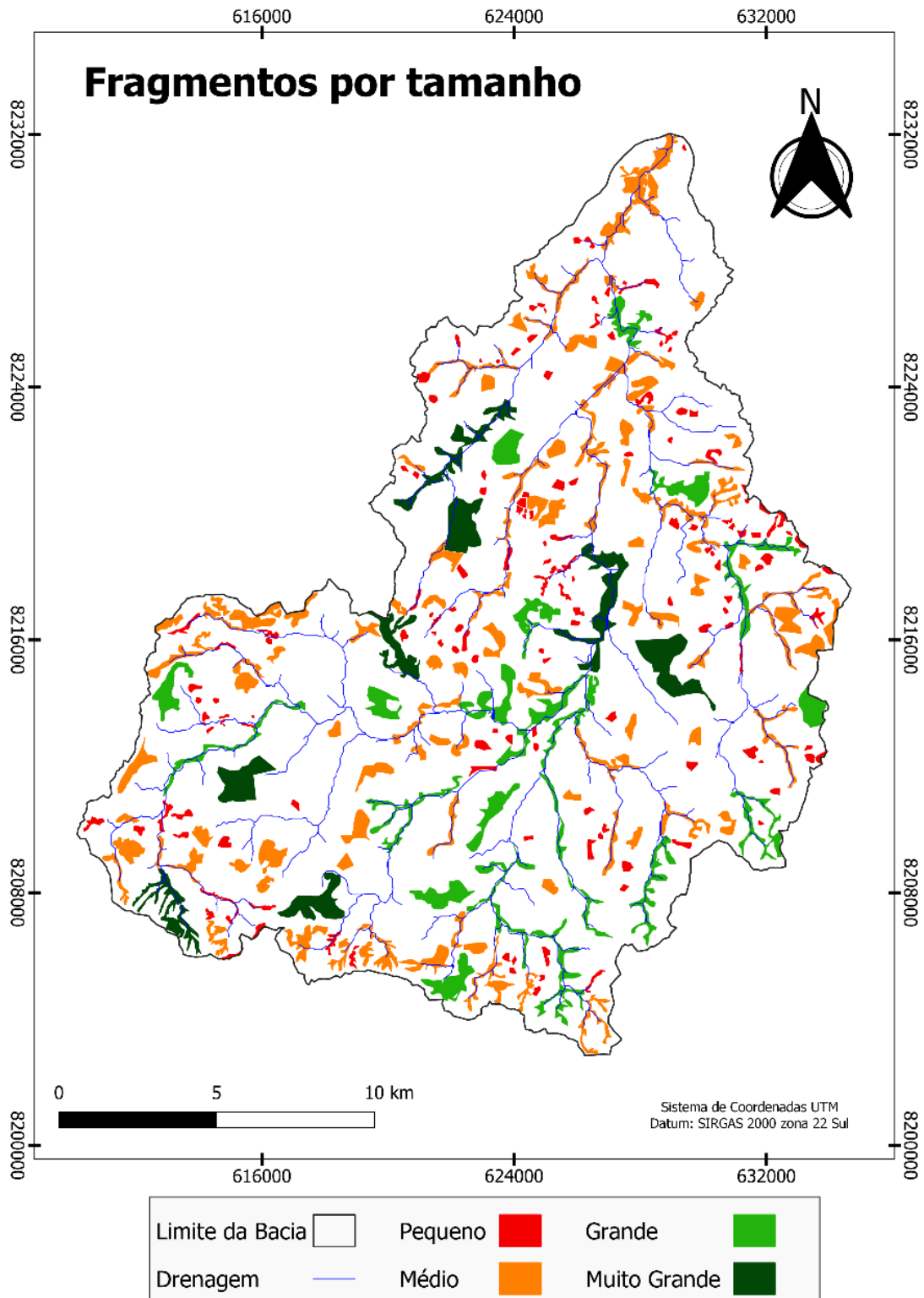
5 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES BIOFÍSICAS DOS FRAGMENTOS DE CERRADO DA BHRP.

Presentemente alteração da estrutura de paisagens naturais ocorre mediante atividades humanas, denota-se em particular a fragmentação das coberturas naturais, e em específico a vegetação do bioma cerrado. É de entendimento comum que a paisagem é uma unidade heterogênea composta por um complexo de ecossistemas interativos, cuja estrutura pode ser definida pelo tamanho, forma e disposição espacial, tendo base para a descrição dos fragmentos de cerrado presentes na RHRP.

5.1 MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS FRAGMENTOS

Elaborou-se um mapa dos fragmentos de cerrados classificados por tamanho, considerando o mapeamento do ano de 2022, que podem ser observados na imagem a seguir.

Figura 20- Mapeamento dos fragmentos por tamanho na BHRP, 2022.



Organização: próprio autor.

Foram identificados 4 tipos de fragmentos por tamanho na área da bacia, o qual foram classificados em: pequeno, médio, grande e muito grande. Para a quantificação por tamanho de fragmento utilizou os seguintes valores:

Tabela 13 - Classificação em ha.

<i>Classe de tamanho (ha)</i>	<i>Fragmentos/tamanho</i>
≥ 5 a 10	Pequeno
>10 a 50	Médio
>50 a 100	Grande
>100	Muito Grande

Organização: próprio autor.

Tabela 14 - Análise descritivas por tipos de fragmentos.

<i>Fragmentos</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor mín. (ha)</i>	<i>Valor máx. (ha)</i>	<i>Soma total (ha)</i>	<i>Média</i>
Pequeno	153	0,44	9,92	618,32	4,04
Médio	114	10,04	49,8	1.163,37	10,20
Grande	21	54,14	95,22	1.522,36	72,49
Muito Grande	8	100,39	187,66	1.116,97	139,62
Total	296	165,01	342,6	4.421,02	238,23

Organização: próprio autor.

Em sua totalidade é encontrado na espacialização da BHRP 296 tipos de fragmentos, sendo estes variados, que juntos somam 5.774,4 ha de área e contabilizam 57,744 km² de área na bacia. Os fragmentos classificados como o tipo pequeno tem maior montante, o mesmo apresenta 153 porções, que por sua vez que apresentam características estreitadas variando de 0,44 a 9,92 ha e somam 618,32 ha, ocupando 6,18 km² de área na bacia, os pequenos fragmentos de cerrado estão especializados em suma bem próximos às áreas destinadas às atividades de agricultura ou inseridas nessas áreas, o que correlato e pode levar a perca de fragmentos.

Já os fragmentos classificados como médios possuem a segunda maior porção na bacia totalizando em 114, apresentam características estendidas como se observa na figura 20 e possui uma variação de 10,04 a 49,8 ha, que juntos somam a maior porção de fragmentos de cerrado em hectares na bacia totalizando 1.163,37 ha, o mesmo corresponde 44,21 Km² em área na bacia, estes fragmentos também estão inseridos em proximidades das áreas destinadas à agricultura, bem como a espacialização destes fragmentos se dão as proximidades de áreas ocupadas por pastagens.

Os fragmentos identificados como grande não são expressivos de quantitativo na bacia, apresentam apenas 21 parcelas, mas no que tange a suas características físicas apresentam formato expressivos e estão alocados nas proximidades e/ou nos canais de drenagens. Possui um remanejamento que vai de 54,14 a 95,22 ha, correspondendo a segunda

maior porção de fragmentos em área na bacia que se totaliza 1.522,36 *ha*, e corresponde em área 15,22 Km² da BHRP.

Os menores montantes em porções de fragmentos são classificados como muito grande, apresentando somente 8 parcelas, possuem um formato colossal e uma variação de 100,39 a 187,66 *ha*, porém quando somados tem grande relevância de área na bacia 1.116,97 *ha* que corresponde a 11,16 Km² em área. Estão inseridos nos canais de drenagens, o que os tornam robustos, mantém suas dimensões principalmente devido à menor presença de atividades antrópicas a sua imediação, ou seja, na matriz, fazendo com que esses fragmentos se encontrem menos sob o efeito de borda, ao contrário dos fragmentos pequenos que além de apresentarem uma área interna menor, situam-se geralmente próximos a áreas urbanas, com intensa atividades agrícolas e circundados por estradas.

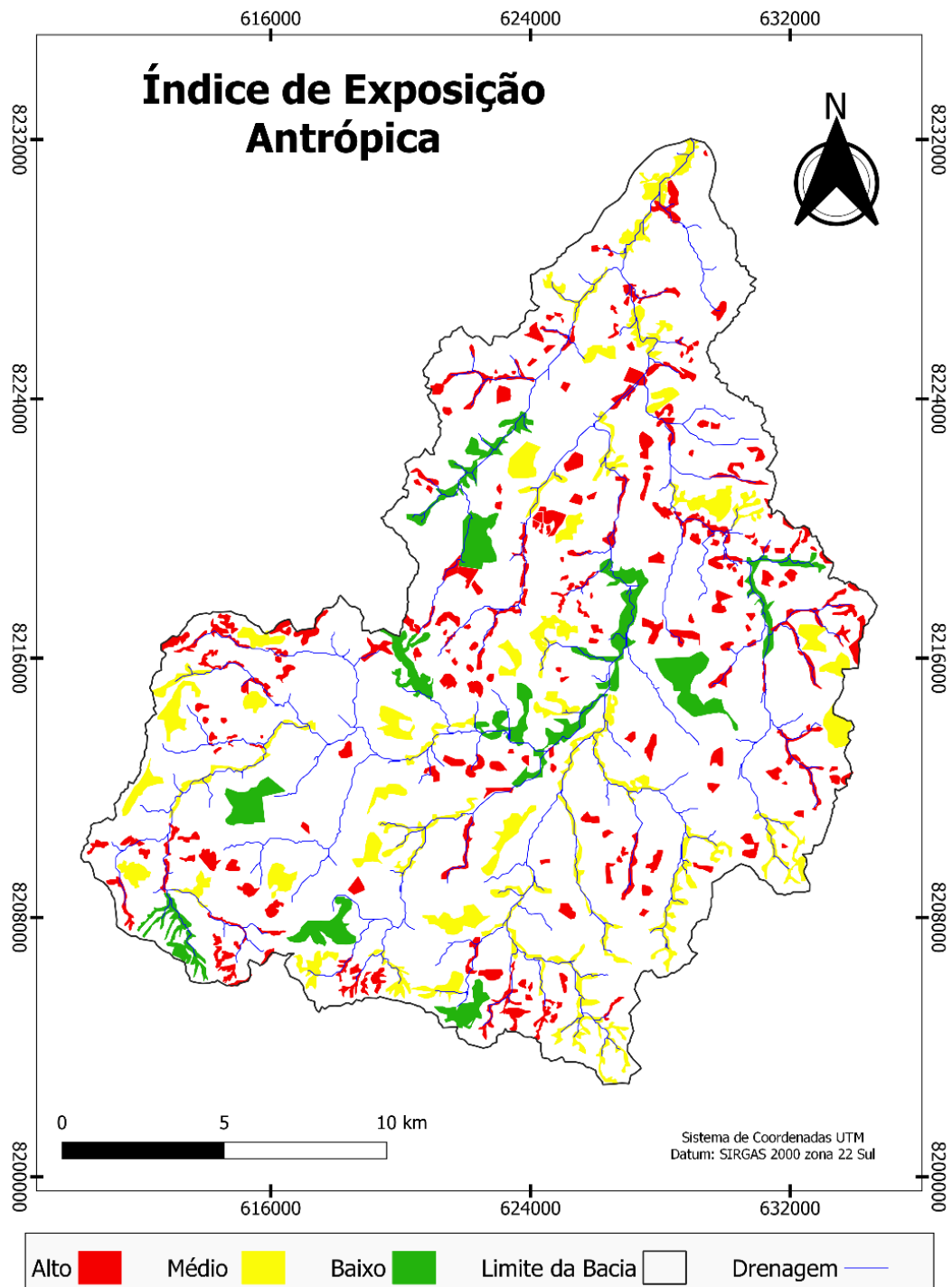
Cabe destacar que apesar dos fragmentos maiores serem considerados ideais no que se refere a biodiversidade, os fragmentos pequenos também têm sua parcela de contribuição, uma vez que reduzem o isolamento, servindo de trampolim ecológico ou pontos de ligação, contribuindo diretamente para a manutenção das espécies dos fragmentos maiores, conseqüentemente para a biodiversidade local (RIBEIRO et al., 2009; SAURA, BODIN, FORTIN, 2014; PIROVANI et al., 2014; LIMA; FRANCISCO, BOHRER, 2017).

A tendência é que esses fragmentos pequenos da BHRP sejam extintos, principalmente devido à expansão das atividades da agricultura. A bacia se destaca como área de grande potencial agrícola por apresentar um relevo suave ondulado e solos propícios à fertilização, levando a utilização de práticas por parte de alguns proprietários, os quais são consideradas irregulares, como, o desflorestamento contínuo ao redor ou nas áreas de cerrado, para eliminar gradualmente as pequenas áreas e propiciando futuramente a expansão de áreas agricultáveis.

5.2 OS FRAGMENTOS EM FUNÇÃO DO IEA

Portanto, a BHRP assim como muitas, apresenta uma paisagem marcada pelas atividades antrópicas. Romanini, Fushita e Santos (2016) afirmaram que as alterações na cobertura e uso do solo decorrentes das intervenções humanas enfraquecem a capacidade de sustentabilidade, principalmente devido à redução das áreas naturais, uma vez que são responsáveis pela manutenção da qualidade do ambiente e do desenvolvimento socioeconômico.

Figura 21- Espacialização dos fragmentos florestais em função do IEA.



Organização: próprio autor.

O IEA indica geoespacialmente a influência dos usos do solo do entorno pelo do Índice de Efeito de Borda (IEB), juntamente com a análise da forma dos fragmentos florestais de vegetação natural através do Índice de Circularidade (IC), para estabelecer uma classificação de antropização da área.

Em relação ao IEA são identificados 296 de fragmentos na bacia, porém observa-se o numeroso índice de fragmentos, com prospecção a exposição antrópica, que somam 237, conforme classifica a tabela abaixo:

Tabela 15 - Quantitativo dos fragmentos florestais em função do risco de extinção.

<i>IEA</i>		
<i>Classes</i>	<i>N° Fragmentos</i>	<i>%</i>
<i>Baixo</i>	13	4,39
<i>Médio</i>	47	15,87
<i>Alto</i>	237	80,06
<i>Total</i>	296	100

Organização: próprio autor.

É preocupante ao se analisar o risco de extinção dos fragmentos na área da BHRP, pois 80,06% tem prospecção de extinção, classificando-se com alta exposição, o número de fragmentos com índice alto soma 237, quase toda totalidade de porções de cerrado presente na bacia. Importante destacar que estes fragmentos se situam com proximidades as áreas destinadas às práticas de agricultura e pastagem, bem como nos canais de drenagem.

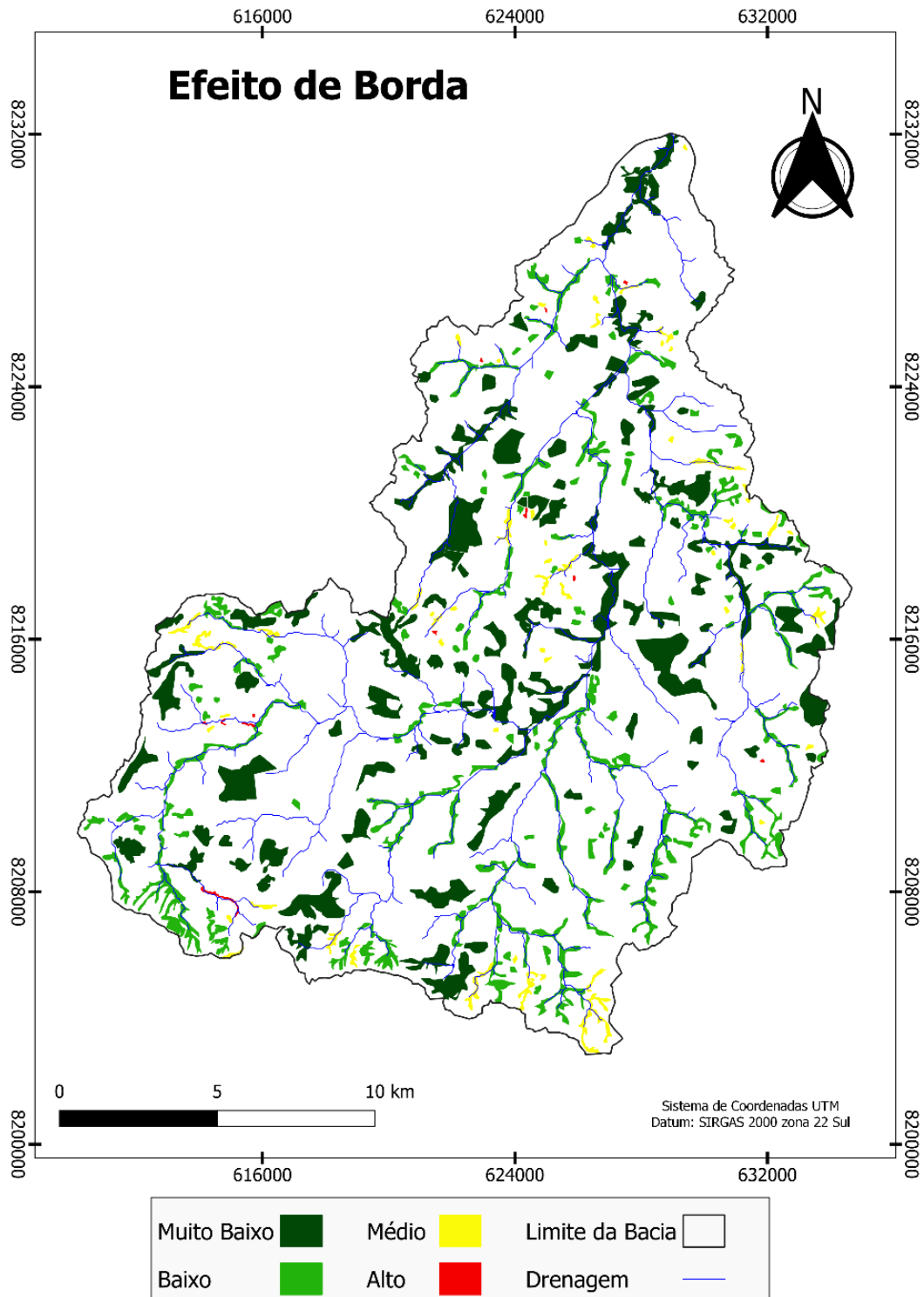
Os fragmentos classificados com tipo de médio índice de exposição representam 15,87% da totalidade da bacia, é se totalizam em 47 fragmentos florestais de cerrado, apresentam maior extensão de área em relação aos classificados com alto índice de exposição, e encontram-se dispersos em toda totalidade da BHRP. Os fragmentos identificados com baixo índice de exposição somam pequena parte de elementos de cerrado na bacia com uma porção de 13 fragmentos, e totaliza apenas 4,39% de área. Suas características físicas são de áreas maiores em extensão quando comparados com os de alto e médio exposição, se situam em relevos mais elevados, e estão mais isolados em relação aos demais.

5.3 OS FRAGMENTOS EM FUNÇÃO DO IEB

Procedendo o estudo da análise das condições biofísicas dos fragmentos de cerrados, foi elaborado um mapa para estudo dos Índices de Efeitos de borda (IEB), que se compreende de acordo com Ribeiro (2008) como modificações nos parâmetros físicos, químicos e biológicos observadas na área de contato do fragmento de vegetação com a matriz circundante.

O IEB é resultante da fragmentação e causa a redução de habitats e perda de espécies locais em função do aumento do isolamento dos remanescentes florestais (LAURENCE; YENSEM, 1991).

Figura 22 - Classificação dos fragmentos de acordo com o nível de IEB.



Organização: próprio autor.

A figura 22 mostra os resultados obtidos, onde foi possível classificar os fragmentos em relação ao IEB em muito baixo, baixo, médio e alto. Sendo os valores de fragmentos de 0,04 a 0,17 como muito baixo; de 0,18 a 0,30 como baixo; de 0,31 a 0,49 como médio e de 0,50 a 0,94 alto.

É notório que, esses dados analisados têm resultados positivos em relação ao IEA, a maioria dos números de fragmentos se classificam em muito baixo e baixo, como pode-se observar a tabela a seguir.

Tabela 16 - Quantitativo dos fragmentos florestais em função do Efeito de Borda.

<i>IEB</i>		
<i>Classes</i>	<i>Nº Fragmentos</i>	<i>%</i>
<i>Muito Baixo</i>	100	33,78
<i>Baixo</i>	126	42,56
<i>Médio</i>	56	18,9
<i>Alto</i>	14	4,76
<i>Total</i>	296	100

Organização: próprio autor.

Foram identificados 100 fragmentos que se classificam em muito baixo ao efeito de borda, que por sua vez corresponde a 33,78% de área dos fragmentos, ocupantes das maiores porções territoriais, 126 fragmentos se classificam como baixo para o efeito de borda, correspondente aos maiores números de dados do IEB, dados esse que corresponde a 42,56% de área dos fragmentos. Já 56 fragmentos apresentam classificação para índice médio ao efeito de borda, que por sua vez somam 18,9% de área dos fragmentos, não apresentam porções de áreas extensas estes fragmentos. Já os que compreenderam para a classificação de alto índice ao efeito de borda são 14 fragmentos e que somam 4,76% de área, apresentam características físicas por pequenas porções de fragmentos, com alto índice a exposição antrópica e elevadas possibilidades desses fragmentos serem extintos.

Quando uma área de mata é desmatada e uma pequena área permanece isolada, as árvores que ficavam no meio do cerrado passam a estar nas bordas do fragmento. Muitas espécies apresentam dificuldades de adaptação aos novos aspectos naturais à sua volta, como luminosidade e mudança na temperatura, e acabam adoecendo (AZEVEDO,2022). Conforme as árvores da borda morrem, o efeito pode continuar ocorrendo na vegetação remanescente, com a possibilidade de toda a área ser extinta. No entanto, a dinâmica de um fragmento depende de diversos fatores, como tipo de vizinhança, grau de isolamento e formato da área, por exemplo.

Vale ressaltar que quanto menor e mais isolado for um fragmento florestal, mais sujeito ao efeito de borda ele estará (AZEVEDO, 2022). Como as dificuldades ocorrem em até 500 metros na mata, muitos fragmentos são inteiramente áreas de borda, como observados nos fragmentos classificados como alto índice.

O efeito de borda causado pelo isolamento também consegue alterar o microclima local e as interações abióticas, como mudanças na incidência solar, padrões de umidade e vento nas bordas dos fragmentos, também causam potencial perturbação nos padrões de comportamento da biodiversidade (BARRERA, 2004), na BHRP estas ações podem ter

elevado grau de exposição as ações antrópicas visto que a dinâmica de uso e ocupação do solo se infere as práticas pastoris e de agricultura.

5.4 OS FRAGMENTOS EM FUNÇÃO DA DIMENSÃO FRACTAL

Em segmento aos estudos das métricas da paisagem aplicados a BHRP, foi elaborado um mapa sobre as dimensões fractais dos fragmentos florestais de cerrados presentes na bacia. Sabe-se que a geometria fractal, foi incorporada na década de 70 pelo matemático polonês Benoit Mandelbrot visando descrever e tratar as estruturas irregulares e descontínuas da natureza, é uma ferramenta qualitativa e quantitativa capaz de atender, eficientemente, com os dados espaciais ou temporais, descrevendo com maior precisão suas complexidades.

De acordo com Mandelbrot (1983) e Russ (1995) *apud* Hott et. Al (2005),

Um fractal ou uma estrutura fractal é por definição uma estrutura na qual partes da mesma se assemelham ao todo, ou seja, existem partes auto similares, estatisticamente, dentro da estrutura global. Isto indica a presença do fenômeno de escala e de um nível de tendência, preponderante em um fractal, e aleatoriedade, os quais podem ser medidos através da dimensão fractal, que é uma medida de complexidade.

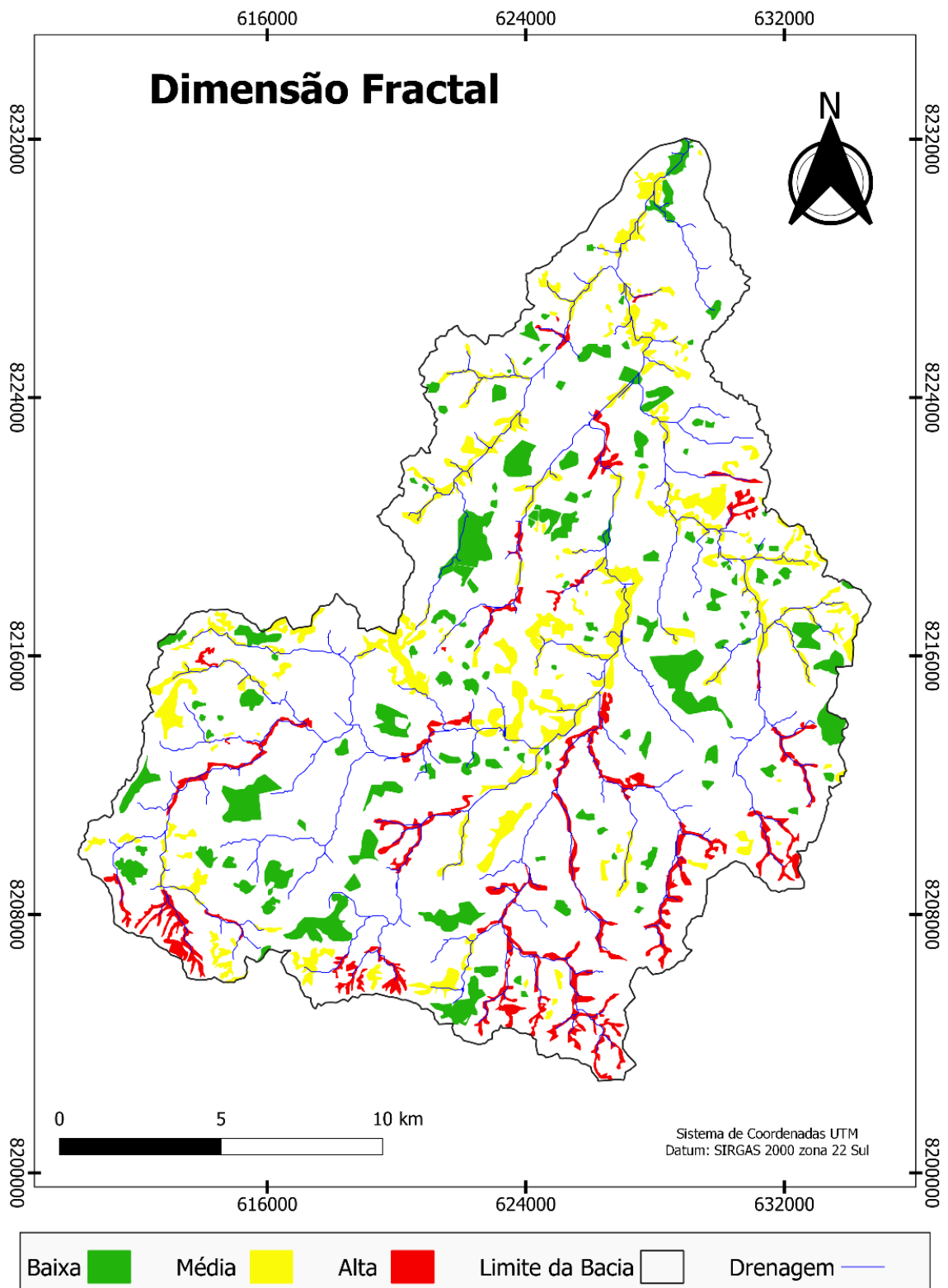
A dimensão fractal é amplamente utilizada para determinar a rugosidade da superfície da Terra porque efetivamente separa regiões de diferentes texturas e fornece informações importantes sobre as propriedades e história da superfície (RUSS, 1995).

Quando observamos a paisagem, notamos que sua composição e sua configuração espacial, que possui formas e tamanhos diferentes. A geometria dos fragmentos de cerrado também apresenta padrões espaciais distintos, pois a geografia destas duas áreas proporciona configurações espaciais diferentes. As interações antrópicas estão relacionadas às perturbações ambientais efetuadas pelos humanos (TURNER et al., 2001). As alterações são geralmente ocasionadas pela necessidade de comida, madeira, estabelecimento de vilas e cidades, indústrias, etc., transformando os ecossistemas naturais.

Um dos primeiros efeitos da alteração dos ecossistemas naturais pela ação antrópica é a fragmentação das paisagens, que passam a ser compostas por mosaicos de vegetação nativa, áreas agrícolas, cidades, etc. (AZEVEDO e FERREIRA, 1998).

Em análise aos fragmentos florestais de cerrados compostos na BHRP, foi realizado estudo sobre a dimensão fractal dessas porções, onde se avaliou como: baixa; média e alta exposição as ações antrópicas, conforme se observa na figura 23.

Figura 23 - Classificação dos fragmentos em relação a Dimensão Fractal.



Organização: próprio autor.

Tabela 17 - Classificação em *ha*.

Classe de valores em dimensão	Fragmentos/tamanho
$\geq 1,210670$ a $1,300000$	Baixa
$> 1,300000$ a $1,400000$	Média
$> 1,400000$ a $1,474130$	Alta

Organização: próprio autor.

É perceptível que grande parte dos fragmentos de cerrado possui dimensão fractal baixa, apresentam maiores valores em dimensão de área territorial, e formato geométrico. Os identificados enquanto média dimensão possui espacialização por toda área da bacia, formato geométrico médio e proximidades aos canais de drenagem. Já no que tange aos fragmentos reconhecidos com alta dimensão possui formato geométrico estreitos e se localizam grande parte nas áreas mais elevadas da bacia, estando inseridos em maior parte na rede de drenagem.

Tabela 18 - Quantitativo dos fragmentos florestais em função da Dimensão Fractal.

<i>Dimensão Fractal</i>		
<i>Classes</i>	<i>Nº Fragmentos</i>	<i>%</i>
<i>Baixa</i>	132	44,59
<i>Média</i>	124	41,89
<i>Alta</i>	40	13,52
Total	296	100

Organização: próprio autor.

Foram mapeados 132 fragmentos com baixa prospecção as ações antrópicas, que possui formato em maior dimensão fractal, correspondendo a 44,59% de área dos fragmentos mapeados. No que difere aos mapeados e classificados com média prospecção somam 124 fragmentos, com dimensões fractais estreitos e correspondem a 41,89% de área. E em relação aos fragmentos identificados com alta prospecção, as ações antrópicas soma 40 fragmentos, correspondentes a 13,52% de área dos fragmentos de cerrados presentes na bacia, possuem porções geométricas que se caracterizam estreitos, pequenas porções territoriais em dimensões de largura, porém extensas quando se observa seu comprimento que por sua vez segue as redes de drenagens presentes na BHRP.

Conforme aponta Forman e Godron (1986); Forman (1995); Pickett e Kevin (1997), a forma geométrica pode ser correlacionada à intensidade de perturbação antrópica na paisagem. Nas áreas onde há ou houve intensa perturbação, os fragmentos possuem formas geométricas mais retilizadas.

Os fragmentos naturais geralmente possuem formas amebóides com lóbulos curvilíneos e dispersos, dividindo-se quanto à geometria em regulares e irregulares, dependendo dos processos responsáveis pela sua origem. Os fragmentos alongados ou regulares, estão geralmente relacionados à forma meândrica dos rios. Os fragmentos irregulares possuem formas correlacionadas à heterogeneidade espacial e temporal dos processos que os originaram.

Sendo assim, o conjunto das formas dos fragmentos em paisagens poder ser organizado e classificado, para compreender as funções ecológicas ao nível de paisagem (FORMAN, 1995).

Para Turner et al. (2001), o estudo da forma dos fragmentos implica na observação do comportamento dos respectivos padrões espaciais em intervalos de tempo. O estudo temporal das formas dos fragmentos é efetuado com base na avaliação da relação entre a geometria e as perturbações ambientais ocorridas. Um dos aspectos mais graves da perturbação antrópica em relação à forma geométrica dos fragmentos florestais é dado pela alteração da estrutura física do fragmento por meio do efeito de borda.

Contudo, é importante salientar, que a teoria dos fractais, como qualquer outro modelo matemático, apresenta limitações. Para a realização desta análise, pontou-se o número de fragmentos, espacialização, o índice de exposição antrópica e o efeito de borda.

6 ANÁLISE INTEGRADA DOS FRAGMENTOS DE CERRADO A PARTIR DOS ÍNDICES VEGETACIONAIS E SOBREPOSIÇÃO DE CURVATURAS NA BHRP.

Neste capítulo será apresentado a análise e discussão dos estudos realizados a partir dos índices vegetacionais NDVI e NDWI, bem como a sobreposição das curvaturas verticais e horizontais (planas e de perfis) para os fragmentos de cerrado especializados na área da BHRP.

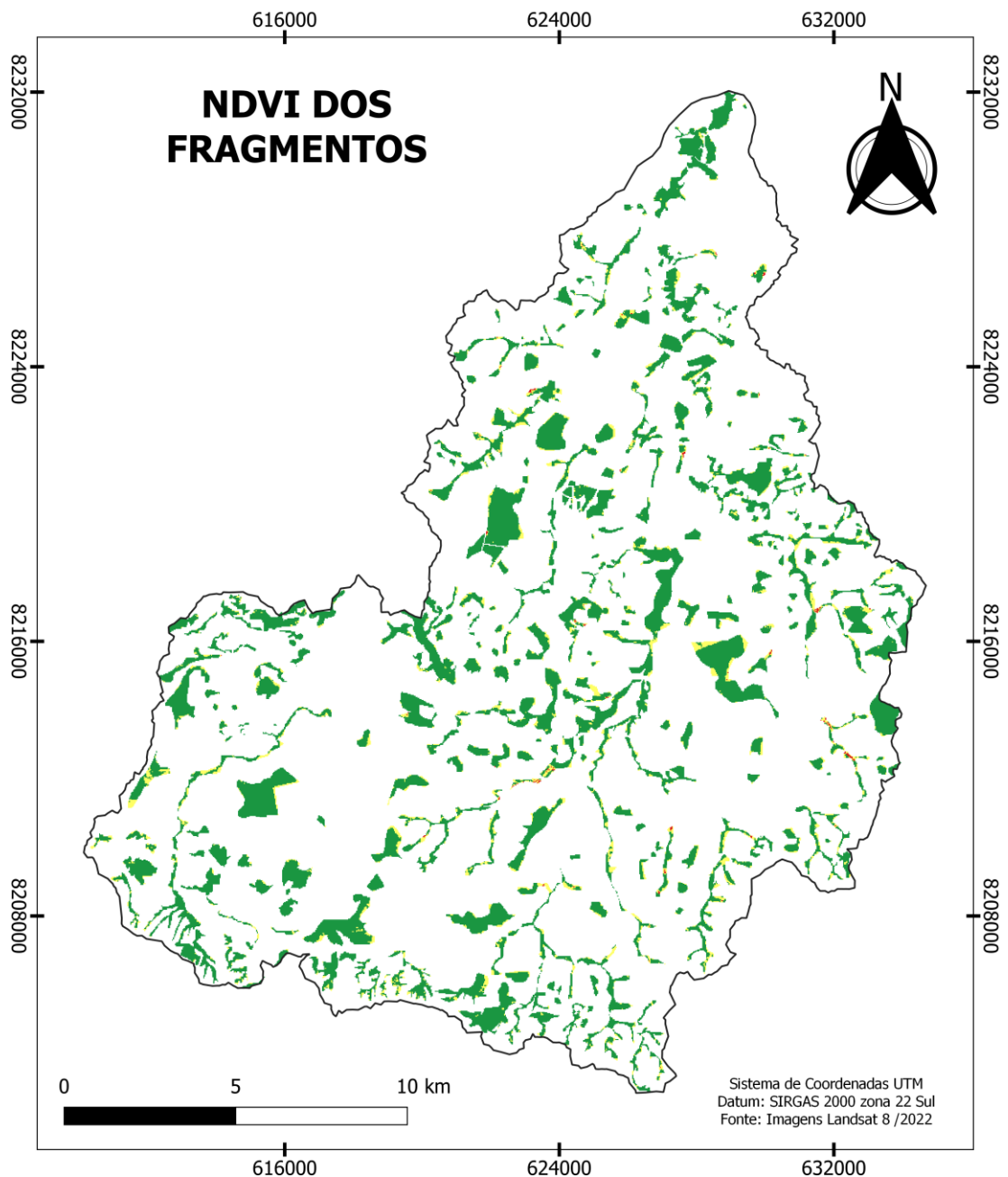
Nos últimos anos os métodos do sensoriamento remoto têm sido relevantes para suceder o monitoramento e mapeamento dos recursos naturais. Por meio de imagens de satélite podemos ter uma ampla visão de uma região permitindo a análise da dinâmica da paisagem em escala espacial e temporal, assim podemos caracterizar e monitorar as mudanças ocorridas no uso e cobertura da vegetação por meio de dados obtidos em sensores orbitais.

6.1 NDVI DOS FRAGMENTOS DE CERRADO NA BHRP.

O NDVI é um índice que tem sido amplamente utilizado em diversas áreas de abordagens, como exemplo citamos estudos da robustez vegetacional, no coeficiente de culturas agrícolas, no mapeamento de uso e ocupação do solo, desmatamento florestais, mudanças climáticas, controle de incêndio dentre outros. De acordo com Araújo (2006), esse índice permite identificar a presença de vegetação com característica foliar verde na superfície e detalhar sua distribuição espacial, bem como a evolução ao longo do tempo.

Na figura 24 são apresentados os fatores da variável biofísica, NDVI.

Figura 24- NDVI dos fragmentos de cerrado da BHRP.



Limite da Bacia	
$\leq 0,33$ - Apresenta algum tipo de deficiência	
0,33 - 0,66 - Moderadamente Sadia	
$> 0,66$ - Muito Sadia	

Organização: próprio autor.

Observa-se na figura acima que a média NDVI variou de $\leq 0,33$ a $>0,66$. Tendo intervalos de 0,33, sendo possível identificar três características para a vegetação dos fragmentos da bacia, onde valores menores ou iguais a 0,33 apresenta algum tipo de deficiência na planta em relação à produção fotossintética e vigor vegetativo, de 0,33 a 0,66 apresenta carac-

terísticas moderadamente sadia e valores acima de 0,66 plantas muito sadia. Cabe destacar que a maioria dos fragmentos de cerrados existentes na bacia apresentam maior vigor vegetativo.

Tabela 19 - Classificação dos fragmentos em relação ao NDVI em km² e área %.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
<= 0,33 - Apresenta algum tipo de deficiência	6	10
0,33 - 0,66 - Moderadamente Sadia	12	20,3
> 0,66 - Muito Sadia	41	69,7
<i>Soma</i>	59	100

Organização: próprio autor.

Conforme descrito na tabela 19, observasse que os fragmentos de cerrados presentes na bacia a maioria se classificam em plantas muito sadia, 69,7% de área dos fragmentos, cabe destacar que isso ocorre nos fragmentos de médio, grande e muito grande quando classificados por tamanho descrito na figura 20, ou seja, quase toda espacialização dos fragmentos na BHRP apresenta um bom estado fenológico, ocupando 41 km² em área na bacia.

Já 20,3% dos fragmentos presentes na bacia foram classificados enquanto vegetação modernamente sadia, o que é fator de atenção, visto que, quando se analisa esses fragmentos no mapa da figura 24, conclui-se que estão localizados em áreas de bordas dos fragmentos de cerrado, estando a exposição da antropização o que pode remetido a não qualidade destas vegetações, ocupam 12 km² em área na BHRP.

Enquanto 10% desses fragmentos estão identificados com a presença de algum tipo de deficiência, fato de extrema atenção, pois os mesmos se classificam em porte de tamanho pequeno. Entende-se que as saúdes das plantas desses fragmentos florestais de cerrado estão comprometidas, pois os mesmos estão situados em áreas de antropização, principalmente nas proximidades das práticas agrícolas, conforme analisado na figura 16, ocupam parte em extensão de área pequena comparada a área da bacia, totalizando 6 km².

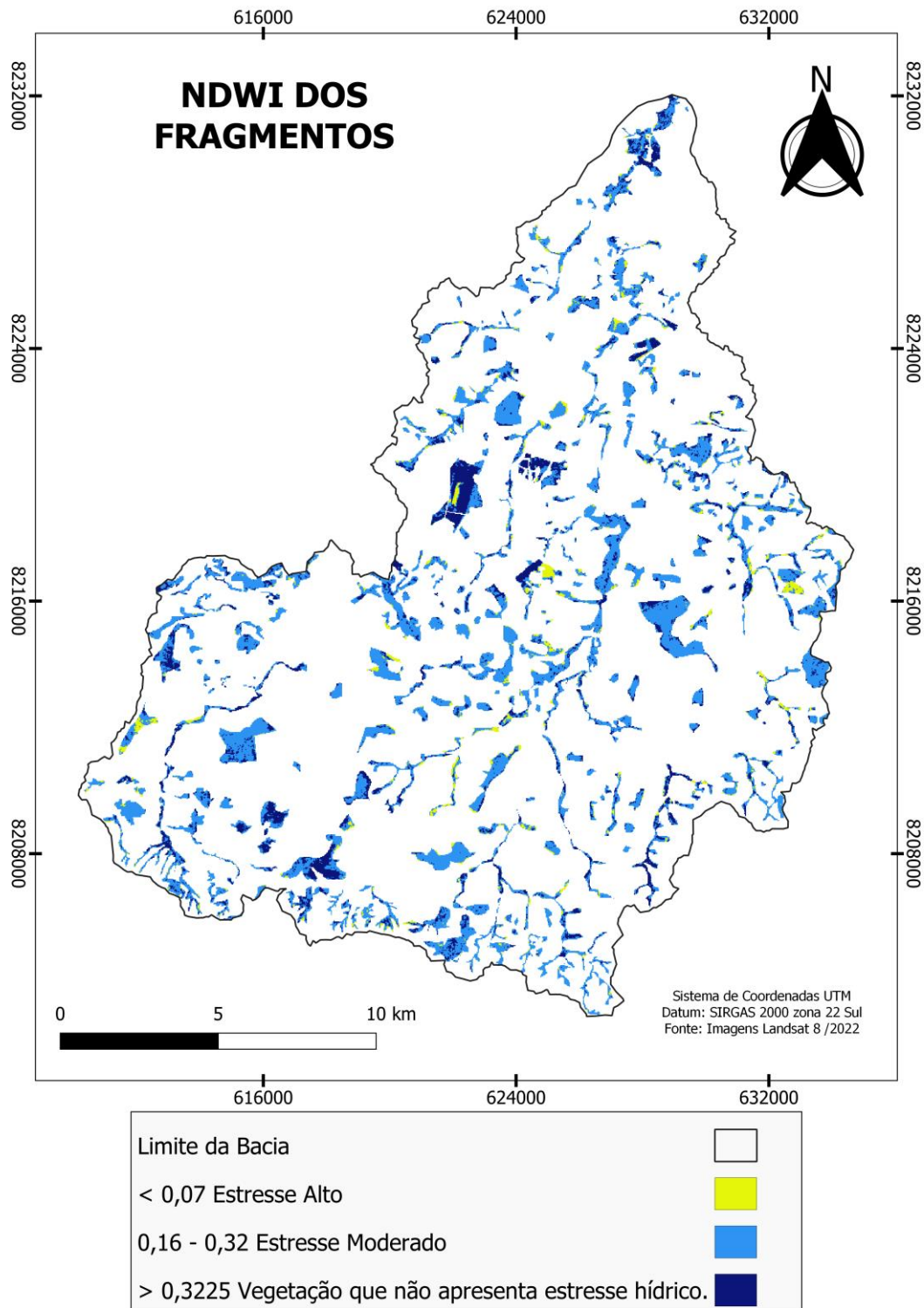
Porém, vale destacar que independentemente do tamanho dos fragmentos florestais, estes podem apresentar diferentes condições de qualidade da vegetação, ao existirem fragmentos na bacia que mesmo apresentando uma pequena área, a vegetação pode apresentar, por exemplo, um estágio sucessional avançado, no qual a mata se encontrava mais fechada e com elevada biodiversidade de espécies da flora.

6.2 NDWI DOS FRAGMENTOS DE CERRADO NA BHRP.

O NDWI é outro importante índice nos estudos da cobertura vegetal, de acordo com Gao (1996) este é correlacionado altamente ao conteúdo de água na cobertura vegetal e permite-nos acompanhar mudanças na biomassa e avaliar o estresse hídrico da vegetação, por

meio de operações aritméticas com base as bandas de infravermelho próximo e do infravermelho de ondas curtas do sistema Landsat. Conforme descrito foi mapeado este índice para a BHRP, que segue na figura 25.

Figura 25 - NDWI dos fragmentos de cerrado da BHRP.



Organização: próprio autor.

Quanto ao NDWI, temos valores menores que 0,07 e maiores que 0,32. Sendo categorizados a estresse alto com intervalo de < 0,07 a 0,15, estresse moderado de 0,16 a 0,32 e ve-

getação que não apresenta estresse hídrico $> 0,3225$. É perceptível que grande parte dos fragmentos presentes na bacia apresenta estresse moderado, quase toda totalidade da bacia.

Tabela 20 - Classificação dos fragmentos em relação ao NDWI em km² e área %.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
< 0,07 Estresse Alto	6	10,3
0,16 – 0,32 Estresse Moderado	32	54,2
> 0,3225 Vegetação que não apresenta estresse hídrico	21	35,5
<i>Soma</i>	59	100

Organização: próprio autor

Como analisado na tabela 20, temos a maior classificação da vegetação dos fragmentos de cerrado presentes na BHRP apresentando estresse moderado, ocupando 32 km² e correspondentes a 54,2% de área na bacia. Estes fragmentos ocupam diversas áreas na bacia, estando situados nas proximidades lineares e centrais, este estresse moderado ocorre nos mais variados fragmentos de pequeno, médio, grande e muito grande quando classificados por tamanho descrito na figura 20.

Há fragmentos que se classificam enquanto vegetação que não apresentam estresse hídrico, sendo a segunda maior classificação na BHRP, estes ocupam 35,5% de área na bacia, e são equivalentes a 21 km². Quando analisados e identificados no mapa da figura 25, percebe-se que os fragmentos de tamanho médio, grande e muito grande tem maiores ocorrências para esta classificação, localizados na maioria nas áreas centralizadas da bacia, na porção sudoeste e na cabeceira da BHRP. Desta maneira, não se pode dizer que não há a ocorrência para esta classificação em fragmentos de tamanho pequeno, é identificado em menores porções a ocorrência nestes fragmentos em diversas áreas na bacia.

Ainda assim, temos 10% de área de fragmentos que se classificam estresse alto na vegetação de cerrado. Entendemos NDWI como o índice que mede a umidade, ou seja, a presença das moléculas de água na planta ou da vegetação, percebe-se então que estes fragmentos apresentam características peculiares, apresentando índices menores que 0,07% de umidade. Estes fragmentos ocupam 6 km² em área na bacia, um valor até pequeno em relação aos demais classificados, porém, alarmante, porque estas áreas podem estar em processos de adoecimento da planta, a ocorrência de desmatamento de área, e entre outras ações antrópicas. Fato notável, e que esta classificação é presente em fragmentos classificados enquanto tamanho pequeno conforme análise dos mapas presentes nas figuras 20 e 25, e se localizam em áreas de bordas nos fragmentos de cerrado, expostos às transformações ocorrentes no espaço por interferências humanas.

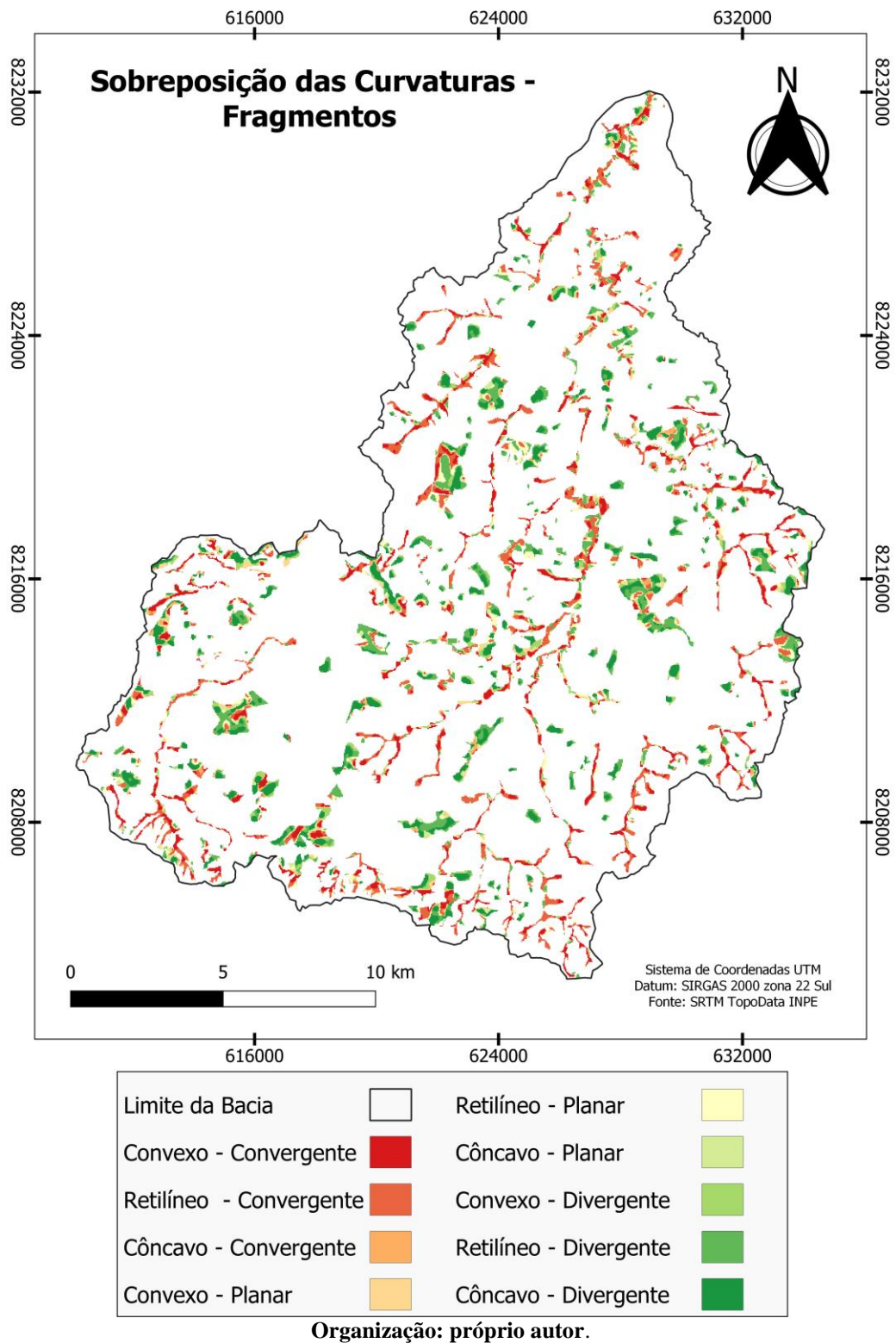
6.3 *SOBREPOSIÇÃO DE CURVATURAS VERTICAIS E HORIZONTAIS PARA OS FRAGMENTOS DE CERRADO NA BHRP.*

As classes de curvaturas horizontais (convergente, planar ou divergente) e verticais (côncavo, retilíneo ou convexo) podem ser combinadas para fornecer indicação da forma do terreno, entretanto foi aplicado essa combinação para os fragmentos de cerrado da BHRP, para entender a interação da vegetação com o terreno.

Para Valeriano (2008), diante do interesse específico do estudo e das condições locais de terreno, substrato e processos vigentes, as classes de forma de terreno podem ser reagrupadas em função de sua similaridade frente a esses aspectos. Os casos extremos de combinações de curvatura do terreno são representados pela forma côncavo-convergente (máxima concentração e acúmulo do escoamento) e pela forma convexa-divergente (máxima dispersão do escoamento).

No mapa da figura 26 temos essa representação combinada a partir da sobreposição de curvaturas, como se observa logo a baixo:

Figura 26 - Sobreposição de curvaturas nos fragmentos de cerrado na BHRP.



Após as sobreposições, temos um mapeamento que traz a definição de 9 classes para os fragmentos especializados na bacia. A qual temos a maior área de fragmentos na bacia classificada como convexo-convergente, somando 11,5 km² e correspondente a 19,4% em área de fragmento (tabela 20), os mesmos se encontram especializados em toda a bacia, e com maior concentração nas bordas da bacia, em áreas mais elevadas conforme mapeadas na figura 5 e tem uma variação de 780 a 940 metros, esses fragmentos situam em áreas que apresen-

tam disponibilidade para a dispersão de precipitação e sedimentos, ocorrendo um escoamento para áreas mais baixas.

Tabela 21 - Classificação da sobreposição de curvaturas nos fragmentos de cerrado na BHRP.

<i>Classes</i>	<i>Área em km²</i>	<i>Área em Percentagem (%)</i>
Convexo - Convergente	11,5	19,4
Retilíneo - Convergente	11	18,6
Côncavo - Convergente	1,3	2,2
Convexo - Planar	3,2	5,4
Retilíneo - Planar	4,9	8,3
Côncavo - Planar	1,8	3,4
Convexo - Divergente	4	6,7
Retilíneo - Divergente	10,3	17,4
Côncavo - Divergente	11	18,6
Soma	59	100

Organização: próprio autor.

A classificação retilínea – convergente também ocupa área extensa na bacia, totalizando 11 km² em área de fragmento e corresponde a 18,6% na espacialização na BHRP, é identificado que essas áreas têm a ocorrência de fragmentos mapeados enquanto tamanhos pequenos, não apresentam grandes estruturas geométricas, e são áreas que também ocorrem a dispersão de sedimentos e precipitação pela formação do relevo.

Áreas mapeadas enquanto côncavo – convergente ocupam pequenas porções na bacia, sendo 1,3 km² que representa 2,2% na bacia, desenvolvidas em fragmentos pequenos, situados em bordas ou até mesmo em áreas internas da vegetação, e são áreas que apresentam maiores dispersões por abranger áreas mais elevadas e côncavas.

Já as convexas – planar não são extensas, mas ocupam 3,2 km² em área na bacia, contabilizando 5,4% de área, um quantitativo pequeno comparado aos demais. Também há a ocorrência em fragmentos pequenos situados em diversas partes da bacia, são áreas que permite a aceleração do escoamento e o acúmulo em suas partes planas.

As áreas de fragmentos classificadas de retilíneo – planar abrangem 4,9 km², e ocupa 8,3% em área na bacia, presentes em espacialidades em toda BHRP, e com maior ocorrência em fragmentos de tamanho médio e pequeno, essas áreas apresentam grande disponibilidade para aceleração de fluxo e, portanto, influencia a erosão e a deposição de sedimentos.

Côncavo – planar representa uma pequena porção de áreas em fragmentos na bacia, sendo 1,8 km² representando 3,4 de área total da bacia, com ocorrência em fragmentos em sua maior parte mapeados em tamanho médio e especializados em toda porção da BHRP, são

propícias a aceleração de fluxo e com maior probabilidade de acúmulo de sedimentos na parte inferior côncava.

Em áreas mapeadas na figura 23, pode-se identificar que convexo – divergente representam também porções pequenas, que se totalizam em 4 km² de área na bacia, totalizando 6,7% de ocupação na BHRP. São áreas que apresentam grandes dispersões de fluxo e aceleração.

Consiste em áreas retilíneo – divergente na bacia 10,3 km² representando porções com maiores ocorrências, essas representam 17,4% de ocupação. Situam em fragmentos classificados em médio, grande e muito grande, centralizados na bacia e com eventualidades nas porções laterais da BHRP, são áreas que apresentam dispersões de fluxo e aceleração e acúmulo em áreas baixas.

Por fim, temos áreas côncavo – divergente que caracteriza 11 km² em porções na bacia, somando 18,6% de ocupação total da bacia, são áreas de fragmentos que ocupam extensões de áreas maiores na bacia, com presença em variados tamanhos de fragmentos, e sendo perceptível grande ocorrência em fragmentos de tamanho grande e muito grande, são áreas que possibilita grande divergência de fluxo nas partes de maiores altitudes, ocorrendo a dispersão de fluxo para áreas em menores altitudes, ocasionado a deposição de sedimentos.

A comparação realizada neste capítulo, permitiu a compreensão dos índices de vegetação e a avaliação fragmentos de cerrado presentes na bacia, identificando a robustez vegetacional e a presença de umidade na folhagem vegetacional de cerrado. A sobreposição de curvaturas permitiu o entendimento com a relação do relevo e seus elementos na constituição e dinâmica dos fragmentos, com análises mapeadas, classificadas e correlacionadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo contribuir com os estudos voltados para as consequências ambientais da fragmentação de paisagens do Cerrado, promovidas principalmente pela agropecuária. Assim, a pesquisa propõe desenvolver dois produtos finais, o primeiro foi um diagnóstico das condições ambientais da BHRP, frente ao avanço das atividades agropecuárias, numa perspectiva de análise integrada da paisagem, considerando aspectos físicos, biofísicos e climáticos. E, o segundo, foi a avaliação das condições de conservação ambiental dos fragmentos de remanescentes de Cerrado, a partir de métricas da paisagem, correlacionadas a índices de vegetação e índices geomorfométricos.

Para além dos produtos supracitados, a pesquisa também contribuiu com a propositura de caminhos metodológicos, no âmbito da ecologia de paisagens e análise ambiental integrada, com vistas a avaliação das condições ambientais de fragmentos de Cerrado, em áreas de alta pressão antrópica.

Em relação ao mapeamento de cobertura e uso e ocupação do solo, constatou-se que entre as subclasses de cobertura e uso do solo considerada natural, que predomina na bacia, é a de formação floresta e entre as antrópicas destacam-se atividades agrícolas, sobretudo, culturas temporárias e pastagem.

Este tipo de cultura é possivelmente uma das principais responsáveis pela transformação da paisagem, no período analisado, relevante destacar o crescimento da monocultura da soja que no ano de 1992 não aparecia, e em 2002 tinha 11,06 km², no ano de 2012 tinha-se 19,65 km², e em 2022 a agricultura ocupou 72,84 km² em área na BHRP.

Os estudos ambientais têm contribuído no desvelamento das fragilidades, vulnerabilidades e também potencialidades das paisagens, especialmente em sistemas ambientais como as bacias hidrográficas. As análises integradas das paisagens, nesses recortes espaciais, são abordagens cada vez mais usadas e valorizadas nos estudos geográficos, bem como os geosistemas, que integram aspectos bióticos, abióticos e antrópicos nas análises. Tendo isso em vista, torna-se cada vez mais relevante e significativo tais estudos que objetivam assegurar a preservação e a conservação do ambiente.

Nesse sentido, ressalta-se a importância dos SIGs, aplicações para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Os métodos e técnicas ligados ao geoprocessamento se tornaram indispensáveis nos estudos geoambientais das paisagens, por estarem presentes em todas as etapas do processo, desde a caracterização, passando pela integração e finalizando na produção cenários diagnósticos.

A partir de todo o desenvolvimento da pesquisa, pode-se concluir que os resultados se apresentam como embasamento para o planejamento e gestão de uso das diferentes áreas da

BHRP, podendo amparar processos decisórios quanto ao uso e ocupação do solo, de modo a possibilitar formas de apropriação com menores impactos negativos para o Cerrado remanescente na região.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. (2003). **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 159p.
- Allan, J.D. and Flecker, A.S. (1993) **Biodiversity Conservation in Running Waters**. *BioScience*, 43, 32-43. <https://doi.org/10.2307/1312104>.
- AZEVEDO, T. S.; FERREIRA, M. C. **Evolução espaço temporal das matas ciliares na alta bacia do rio Passa Cinco: uma metodologia baseada em sistema de informação geográfica**. Rio Claro: UNESP, 1998. 56 p.
- BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através do território e das temporalidades**. Maringá: Massoni, 2007.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.
- BIGARELLA, J J; BECKER, R D; SANTOS, G F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 2009, V. 1.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA A. S. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013/ MMA/ SBF/ Brasília**: MMA, 2015.
- CAMPOS, Hernani Loebler. (2003). **Processo histórico de gestão na bacia hidrográfica do rio Beberibe (PE): uma retrospectiva**. Rio de Janeiro, Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CAMPOS, M. C. C. **Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações**. *Ambiência*. Guarapuava (PR) v.8 n.3 p. 963 – 982, 2012.
- CHAGAS, C. da S., FERNANDES FILHO, E. I. BHERING, S. B. **Relação entre atributos do terreno, material de origem e solos em uma área no noroeste do estado do Rio de Janeiro**. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 25 n. 1, p. 147-162, 2013.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. E. Blucher, Sao Paulo, 1974.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Blucher, 1999.
- COLLINGE, S. K. **Ecology of fragmented landscapes**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2009.
- CUNHA, L. H.; COELHO, M.C.N. (2003). **Política e gestão ambiental**. In: CUNHA, S. B.; DAGNINO, E. **Sociedade civil, espaços públicos e a construção democrática no Brasil: limites e possibilidades**. In: DAGNINO, E. (org.). *Sociedade civil e espaços públicos no Brasil*. São Paulo, Paz e Terra, 2002.

DE AZEVEDO, D. G.; GOMES, R. L.; DE MORAES, M. E. B. **ESTUDOS DA FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM NA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BURANHÉM.** Boletim de Geografia, v. 34, n. 2, p. 127-144, 23 dez. 2016.

DIAS, Bráulio Ferreira de Souza. **Conservação da biodiversidade no Bioma Cerrado: História dos impactos antrópicos no Bioma Cerrado.** In: **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

EITEN, G. **Delimitação do conceito de Cerrado.** In: Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. v. XXI, Rio de Janeiro, 1977.

FERREIRA, M. C. **Mapeamento de Unidades de Paisagem em Sistemas de Informação Geográfica.** Geografia, Rio Claro, v. 22, n. 1, p. 23-35, 1997.

FERREIRA, J.M.S; FERREIRA, H. S.; SILVA, H. A.; SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, J. D.; **Análise espaço-temporal da dinâmica da vegetação de Caatinga no município de Petrolina - PE,** Revista Brasileira de Geografia Física 04 (2012) 904 - 922.

FORBES, F. J. & HODGES, R. C. **New Approaches to Comprehensive Planning in Canada.** Water Resources Bulletin, 7:(5) ,1971.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions.** New York: Cambridge University Press, 1995. p. 43–142.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology.** New York: Wiley, 1986. 619p.

HERCULANO, R. M. DA C. S. UNIDADES DE PAISAGEM E FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URU (GOIÁS). Goiás, GO,2022. Disponível em: https://cdn.ueg.edu.br/source/mestrado_academico_em_geografia_-_campus_cora_coralina_337/conteudo/11340/DISSERTACAO_ROSANA_MARCIA_DAC_OSTA_SILVA_HERCULANO.pdf

HIROMITI, M. M.; DANTAS, B. M. **Correlação Entre Algumas Fisionomias de Cerrado, no Vale do Paraíba, e Classes de Índices de Vegetação Obtidos Espectralmente.** SBRS, v. X, 2001.

Gates, D.M.; Feegan, H.J.; Schleter, J.C.; Weidner, V.R. **Spectral properties of plants.** Applied optics, 4(1):11-20. Optical Society of America, New York, 1965.

GAO, B. **NDWI- a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space.** Remote Sensing of Environment, 58, 257-266, 1996.

GAO, B. C. **NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space.** Remote Sensing of Environment, 58, 257-266. 1996

GOMES, D. D. M.; LIMA, D. R. M.; VERÍSSIMO, C. U. V; DUARTE, C. R. **Mapeamento e caracterização dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú - PE/A.** Caderno de Geografia, v.26, número especial 2, 2016.

GONZAGA, E. P.; SANTOS, V. V.; NICÁCIO, R. M.; **Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano**, in: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, Curitiba. Anais do XVI SBSR, Curitiba, PR, 2011.p.1736 -1743

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUIMARAES, Maia Regina. **SELEÇÃO DE GEOINDICADORES PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE FRAGILIDADE FACE ÀS PRESSÕES ANTRÓPICAS: CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE GEOSISTÊMICA E DA ECOLOGIA DA PAISAGEM NO ESPINHAÇO MERIDIONAL**. 2004. 188 p. Dissertação de mestrado — UFMG, MINAS GERAIS, 2004.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução da 2ª ed. por (pesquisadores do INPE): José Carlos N. Epiphanyo (coord) [et al.]; São José dos Campos: Parêntese. 2009. 672 p.

JOHNSTON, C. A. **Geographic Informations Systems in Ecology**. Oxford: Blackwell Science Ltda. 1998.

JOHNSON, L. B.; GAGE, S. H. **Landscape approaches to the analysis of aquatic ecosystems**. *Freshwater Biology*, v. 37, p. 113-132. 1997.

KUMAR, N.; YAMAÇ, S. S.; VELMURUGAN, A. **Applications of Remote Sensing and GIS in Natural Resource Management**. *Journal of the Andaman Science Association*, v. 20, n. 1, p. 1-6, 2015.

LANG, S; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

LAURENCE, W. F.; YENSEM, E. **Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats**. *Biological Conservation*, v. 55, p. 77-92, 1991.

LEIVAS, F. J.; ANDRADE, R.G.; VICENTE, L. E; TORRESAN, F. E.; VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L. **Monitoramento de seca 2011/2012 a partir do NDWI e NDVI padronizado do SPOT Vegetation** in: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, Foz do Iguaçu. Anais do X SBSR, Foz do Iguaçu, PR, 2013.p.364-370

LEROUX, S. J.; SCHMIEGELOW, F. K. A.; LESSARD, R.B.; CUMMING, S.G. **Minimum dynamic reserves: a framework for determining reserve size in ecosystems structured by large disturbances**. *Biological Conservation*, v. 138, 2007. p. 464-473.

LIMA, B. C.; FRANCISCO, C. N.; BOHRER, C. B. A. **Deslizamentos e Fragmentação Florestal na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1283-1295, 2017.

MaC NALLY, R.; QUINN, G. P. **The importance of scale in ecology**. *Australian Journal of Ecology*, Carlton, v. 23, p. 1–7. 1998.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Version 2.0, Corvallis: Oregon State University, 1994.

MALANSON, G. P. **Riparian Landscapes**. New York: Cambridge University Press, 1995. 293p.

Mandelbrot, B. **The fractal geometry of nature**. New York, W. H. Freeman & Co., 1983. 550 p.

MARCHINI, D.; LING, T.; ALVES, M.; CRESTANA, S.; SOUTO FILHO, S. N.; ARRUDA, O. G. **Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.6, p.574-580, 2015. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v19n6p574-580>

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** Biota Neotropica, Vol. 1, números 12, 2001.

MEETEMEYER, V.; BOX, E. O. **Scale effects in landscape studies**. In: TURNER, M. G., (Ed.) Landscape Heterogeneity and Disturbance. New York: Springer Verlag, 1987. p. 15–36.

MIZIARA, Fausto. **Expansão de fronteiras e ocupação do espaço no Cerrado: o caso de Goiás**. Natureza viva Cerrado. Goiânia: Ed. da UCG, 2006.

MYERS, N. et al. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, 403:853-845, 2000.

Mynemi, R.B., Hall, F.G., Sellers, P.J. & Marshak, A.L. **The interpretation of spectral vegetation indexes**. IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, 33:2:481-486. 1995.

NASCIMENTO, F. R. do. Método em questão. **O uso da Teoria dos Sistemas em Geografia Física: o caso da Geomorfologia**. 136 fl. 2001. Monografia (Bacharelado em Geografia – Levantamentos fisográficos e conservacionistas). Fortaleza, 2001.

OLIVEIRA, T.H., **Mudança espaço temporal do uso e cobertura do solo e estimativa do balanço de energia e evapotranspiração diária no município de Recife - PE**. Dissertação de Mestrado em Geografia - UFPE, Recife - PE, 2012.

O'NEILL, R. V.; KRUMMEL, J. R.; GARDNER, R. H.; SUGIHARA, G.; JACKSON, B.; De ANGELIS, D. L.; MILNE, B. T.; TURNER, M. G.; ZYGMUNT, B.; CHRISTENSEN, S. W.; DALE, V. H.; GRAHAM, R. L. **Indices of Landscape pattern**. Landscape Ecology, Hague, v. 1, n. 3, p. 153-162, 1988.

PICKETT, S. T. A.; KEVIN, H. R. **Patch dynamics: the transformation of landscape structure and function**. In: BISSONETTE, J. A. (Ed.) New York: Springer Verlag, 1997. p.101-128.

PIROVANI, D. B. et al. **Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do rio Itapemirim**, ES. *Árvore*, v. 38, n. 2, p. 271-281, 2014.

PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; CECÍLIO, R. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, S. V. **Análise Espacial de Fragmentos Florestais na Bacia do Rio Itapemirim**, ES. *Revista Árvore*, v.38, n.2, p.271-281, 2014.

PIROLI, E. L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Universidade Estadual Paulista. 46 p. Ourinhos (SP), 2010.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão**

hídrica. Viçosa, MG: UFV, 2006.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. **As principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado.** In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe. **CERRADO: Ecologia e Flora.** v. 1. Brasília: EMBRAPA, 2008.

RIBEIRO, S. C., LOVETT, A. **Associations between forest characteristics and socio-economic development: a case study from Portugal.** Journal of Environmental Management 90: 2873-2881, 2009.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.** Biological Conservation, v. 142, p. 1141-1153, 2009.

RODRIGUEZ, J.M.M., SILVA, E.V. do e LEAL, A.C. **Planejamento Ambiental de Bacias Hidrográficas desde a visão da Geoecologia das Paisagens.** In: Severo, A. e Foletto, E. (org.) **Diálogos em geografia Física.** Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2011.

ROGGE, N. **Undesirable specialization in the construction of composite policy indicators: The Environmental Performance Index.** Ecological Indicators, v. 23, p. 143-154, 2012.

ROMANINI, E., FUSHITA, A. T.; SANTOS, J. E. **An Approach to Environmental Planning and Sustainable Management of Watersheds and Municipalities in Southeastern Brazil.** Open Journal of Ecology, v. 6, 2016, p. 667-685, 2016.

ROSA, M. R.; ROSS, J. L. **Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade.** Revista do Departamento de Geografia, n. 13, 1999.

ROSENDO, S. J., ROSA, R. **Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação.** In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4209-4216.

Rouse, J.W. et al. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** In: Third ERTS Symposium, Proceedings, NASA SP-351, NASA, Washington, DC, v. 1, p. 309-317, 1973.

Russ, J. C. **The image processing handbook.** New York, CRC Press, 1995. 674 p.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço.** São Paulo: Edusp, 2002.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: oficina de textos, 2004. 184 p.

SANTANA, C. A. M. **Cerrado: pilar da agricultura brasileira.** In: In: BOLFE, E. L.; SANO, E.E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). **Dinâmica agrícola no Cerrado: análises e projeções.** Brasília, DF:Embrapa, 2020. v. 1, cap. 2, p. 39-58.

SAURA, S., BODIN, Ö.; FORTIN, M. J. **Stepping stones are crucial for species' long-distance dispersal and range expansion through habitat networks.** Journal of Applied Ecology, v. 51, p. 171-182, 2014.

SHIELDS, D.J.; SOLAR, S.V.; MARTIN, W.E. **The role of values and objectives in**

communicating indicators of sustainability. *Ecological Indicators*, v. 2, p. 149–160, 2002.

SILVA, LÍLIAN DA ROCHA; SANO, Edson Eyji. **Análise das Imagens do Satélite Rapideye para discriminação da cobertura vegetal do Bioma Cerrado.** *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, Nº 1277 68/7, p. 1269-1283, Jul/Ago/2016.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas.** Campinas (SP): Editora UNICAMP, 2011.

SILVA, A.H.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R.M.M. **Índices de vegetação e suas técnicas.** in: GALVÍNCIO, J. D (Org) *Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental.* Recife - PE: Editora Universitária - UFPE, Série extensão 15. pp. 19 - 26, 2012.

SOARES FILHO, B. S. **Análise de Paisagem: fragmentação e mudanças.** Departamento de Cartografia, Centro de Sensoriamento Remoto – Instituto de Geociências – UFMG: Belo Horizonte, 1998.

SOUSA, J. A. P. **Elaboração de um índice de vulnerabilidade ambiental dos fragmentos florestais da Mata Atlântica.** Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Sorocaba – São Paulo, 2021.

Souza, J. C. O., & de Barros Corrêa, A. C. 2013. **O Estudo Da Natureza Na Geografia Física Em Uma Perspectiva Geossistêmica.** *REVISTA EQUADOR*, 2(1), 96-117.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos geossistemas.** São Paulo: USP, 1977. (Série Métodos em Questão, n. 06)

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91p

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3ª Ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

TURNER, M. G; O’NEILL, R. V.; GARDNER, R. H.; MILNE, B. T. **Effects of changing spatial scale on analysis of landscape pattern.** *Landscape Ecology*, Amsterdam, v. 3, p. 153–162, 1989.

TURNER, M. G.; Gardner, R. H.; O’NEILL, R. V. **Landscape ecology in theory and practice: pattern on process.** New York: Springer Verlag, 2001. 401 p.

Tucker, C.J. **Red and photographic infrareds linear combinations for monitoring vegetation.** *Remote Sensing of Environment*. 8:127-150. 1997.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. **Geoprocessamento de Modelos Digitais de Elevação para Mapeamento da Curvatura Horizontal em Microbacias.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 4, Nº 1 p. 17-29, 2003.