



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

NELSON OLIVEIRA DA CUNHA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA PORTEIRA NO MUNICÍPIO DE
AQUIDAUANA – MS**

AQUIDAUANA – MS

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

NELSON OLIVEIRA DA CUNHA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA PORTEIRA NO MUNICÍPIO DE
AQUIDAUANA – MS**

Dissertação Apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana ao Programa de Pós-Graduação Curso de Mestrado em Geografia, sob a orientação do Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani.

AQUIDAUANA – MS

2021



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Nelson Oliveira da Cunha

Dissertação defendida e aprovada em 24 de setembro de 2021 pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani (Orientador)

Profa. Dra. Edna Maria Facincani (FAENG/UFMS)

Prof. Dr. Vicente Rocha Silva (CPAQ/UFMS)



Documento assinado eletronicamente por Vitor Matheus Bacani, Professor do Magisterio Superior, em 24/09/2021, às 10:07, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Edna Maria Facincani, Professora do Magistério Superior, em 27/09/2021, às 16:06, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Vicente Rocha Silva, Professor do Magisterio Superior, em 27/09/2021, às 16:30, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 2804296 e o código CRC 28C49940.



DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Deolindo Alves da Cunha (In Memoriam), a minha mãe Raquel de Fátima Oliveira da Cunha. Ao Professor Dr. Luiz Carlos Batista (In Memoriam), a minha esposa Silvia Espíndola Ribas e meu filho Olavo Espíndola da Cunha.



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me proporcionado força de vontade e energia para realizar este trabalho. Agradeço também as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para que este trabalho fosse realizado principalmente aos professores Vitor Matheus Bacani, Jaime Ferreira da Silva, Edna Maria Facincani, Elói Panachuki e sua equipe do Laboratório da UEMS.

Também aos meus colegas de curso e amigos que participaram das minhas expedições para coleta na área de estudo.



EPÍGRAFE

“Nada é impossível para quem não tem que resolver o problema ele mesmo.”

La Dias da Silva.



RESUMO

A bacia hidrográfica do Córrego da Porteira (BHCP) situa-se a leste do perímetro urbano do município de Aquidauana – (MS), possui aproximadamente 88,017 km² drenando o Planalto de Maracaju-Campo Grande onde estão situadas suas principais nascentes e de seus tributários. Nos últimos 53 anos o córrego da Porteira passou por significativas mudanças em sua paisagem e vem sofrendo um processo de assoreamento principalmente no seu médio e baixo curso em consequência da perda de solo dentro dos limites de sua bacia, causada por fenômenos naturais influenciados por ações antropogênicas devido à substituição de sua vegetação autóctone por gramíneas exóticas para alimentação de bovinos. Este trabalho teve por objetivo realizar análise multitemporal da fragilidade ambiental do córrego da Porteira localizado no município de Aquidauana – (MS), utilizando o sensoriamento remoto em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os procedimentos teórico-metodológicos fundamentaram-se nas teorias sistêmica e ecodinâmica para análise empírica da fragilidade ambiental multitemporal e em rotinas de processamento digital de imagens e tratamento de dados espaciais em ambiente SIG. Os resultados demonstram que do ponto de vista natural, há predomínio de 44,29% da área ocupada pela classe média de fragilidade potencial. Entre 1966 e 2019, constatou-se aumento da fragilidade ambiental em 59,49%, evidenciada pela classe baixa de fragilidade ambiental. Constatou-se que a forte ampliação dos níveis de fragilidade ambiental se traduz em impactos ambientais negativos impressos na paisagem ao longo do período analisado, o que evidencia a necessidade de políticas públicas de recuperação e prevenção de danos ambientais na BHCP.

Palavras Chave: Córrego da Porteira, análise multitemporal, fragilidade ambiental.



ABSTRACT

The Córrego da Porteira watershed (BHCP) is located to the east of the urban perimeter of the city of Aquidauana – (MS), it has approximately 88,017 km² draining the Maracaju-Campo Grande Plateau where its main springs and its tributaries are located. In the last 53 years the Porteira stream has undergone significant changes in its landscape and has been suffering a siltation process mainly in its medium and low course as a result of the loss of soil within the limits of its basin, caused by natural phenomena influenced by anthropogenic actions due to the replacement of its autochthonous vegetation by exotic grasses for cattle feeding. This work aimed to perform a multitemporal analysis of the environmental fragility of the Porteira stream located in the city of Aquidauana – (MS), using remote sensing in a Geographic Information System (GIS) environment. The theoretical-methodological procedures were based on systemic and ecodynamic theories for empirical analysis of multitemporal environmental fragility and on digital image processing routines and spatial data processing in a GIS environment. The results show that from a natural point of view, there is a predominance of 44.29% of the area occupied by the middle class with potential fragility. Between 1966 and 2019, there was an increase in environmental fragility of 59.49%, evidenced by the low class of environmental fragility. It was found that the strong increase in the levels of environmental fragility translates into negative environmental impacts printed on the landscape over the period analyzed, which highlights the need for public policies for the recovery and prevention of environmental damage in BHCP.

Keywords: Stream of Porteira, multitemporal analysis, environmental fragility.



LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01. Definição Teórica de Geossistema.....	25
Figura 02. Obtenção de Imagens por Sensoriamento Remoto.....	28
Figura 03. Estrutura Geral de Sistemas de Informações Geográficas.....	29
Figura 04. A) Represa no baixo curso. B) Canal no baixo curso. C-D) Exutório do córrego da Porteira.....	30
Figura 04. Localização da Área de Estudo.....	31
Figura 05. Fluxograma Metodológico.....	32
Figura 06. Amostras Utilizadas para Validação do Mapeamento.....	35
Figura 07. Mapa Hipsométrico da BHCP.....	40
Figura 08. Área de Declive com Formação de Ravinas.....	41
Figura 09. Mapa de solos da BHCP.....	42
Figura 10. Mapa Geológico da BHCP.....	45
Figura 11. Arenito em processo de degradação com granulometria de média a grossa (A), Marmita em leito rochoso do córrego Ponte de Pedra (B), Vegetação com características de Caatinga composta de bromélias e cactáceas (C).....	46
Figura 12. Litoestratigrafia da Bacia Sedimentar do Paraná.....	47
Figura 13. Vista de detalhe dos sedimentos arenosos da Formação Aquidauana, no leito do Córrego Porteira (A, B e C) e fora dele (D). Notar as cores camurça e avermelhada, bem como a estrutura maciça.....	49
Figura 14. Estruturas observadas nos arenitos da Formação Aquidauana, majoritariamente, maciças e localmente, estratificação plano-paralela (A, B e C) e casco de tartaruga (D); as cores avermelhadas, marcantes dessa unidade litoestratigráfica, associadas a estruturas casco de tartarugas estão presentes marcas de arrasto, típica de passagem de geleiras (E, F).	50
Figura 15. Mapa de Compartimentação Geomorfológica da BHCP.....	51
Figura 16. Mapa de Declividade da BHCP.....	53
Figura 17. Direção de Fluxo da BHCP.....	54
Figura 18. Mapa de uso e cobertura da terra BHCP 1966.....	57
Figura 19. Mapa de uso e cobertura da terra BHCP 1991.....	58
Figura 20. Mapa de uso e cobertura da terra BHCP 2019.....	59
Figura 21. Mudanças nas Classes de uso e Cobertura na BHCP em 53 anos.....	61
Figura 22. Mapa de fragilidade potencial.....	62
Figura 23. Mapa de fragilidade ambiental 1966.....	64
Figura 24. Mapa de Fragilidade Ambiental 1991.....	65
Figura 25. Mapa de fragilidade Ambiental 2019.....	65
Figura 26. A) Leito de rocha do córrego Ponte de Pedra, B) córrego da Porteira.....	67
Figura 27. A, B Recuo da margem do córrego da Campina C vista de baixo, D vista de cima, E cerca derrubada pelo recuo da margem.....	67



LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Limiões de Índice Kappa.....	36
Tabela 02. Grau de Fragilidade dos Solos.....	38
Tabela 03. Classes de Proteção da Cobertura da Terra.....	38
Tabela 04. Quantificação da Área Ocupada por tipos de Solos na BHCP....	42
Tabela 05. Quantificação das classes de relevo da BHCP.....	51
Tabela 06. Classes da declividade da bacia do córrego da Porteira.....	43
Tabela 07. Quantificação de Direção de Fluxo.....	54
Tabela 08. Índice Kappa e Acurácia Global dos Mapas Temáticos de 1991 e 2019.....	56
Tabela 09. Quantificação das classes de uso e cobertura da terra em 1966	57
Tabela 10. Quantificação das classes de uso e cobertura da terra em 2019	58
Tabela 11. Quantificação das classes de uso e cobertura da terra em 1991	60
Tabela 12. Soma da área dos polígonos da fragilidade potencial.....	62
Tabela 13. Soma da área dos polígonos da fragilidade emergente.....	63
Tabela 14. Soma da área dos polígonos da fragilidade ambiental 1966.....	64
Tabela 15. Soma da área dos polígonos da fragilidade ambiental 1991.....	65



LISTA DE QUADROS

Quadro 01. Chave de interpretação para os mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 1991 e 2019.....	37
--	----



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Problema	16
1.2 Justificativa	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Especificos	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo e Planejamento	18
3.2 Mudanças do Uso e Cobertura da Terra	19
3.3 Fragilidade Ambiental e Modelagem de Perda de Solos	21
3.4 Teoria Geral dos Sistemas	23
3.5 Sensoriamento Remoto e SIG no Estudo de Bacias Hidrográficas	26
4. METODOLOGIA	30
4.1 Área de Estudo	30
4.2 Procedimentos Metodológicos	31
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6.1 Hipsometria da BHCP	40
6.2 Solos	41
6.2.1 Neossolo Litólico.....	42
6.2.2 Argissolo Vermelho Distrófico.....	43
6.2.3 Gleissolo Háptico.....	43
6.2.4 Latossolo Vermelho Distrófico.....	43
6.3 Geologia	44
6.4 Geomorfologia	50
6.5 Declividade	52
6.6 Direção de Fluxo	53
6.7 Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Córrego da Porteira	54
6.8 Avaliação dos Índices de Fragilidade Potencial, Emergente e Ambiental da BHCP ao longo dos anos 1966, 1991 e 2019	61
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS	71

1. INTRODUÇÃO

Desde o processo de modernização da agricultura, o mundo passou e passa por grandes transformações em termos tecnológicos, em consequência disso o processo de degradação do solo, água e vegetação vem ocorrendo de forma acelerada, chegando a índices alarmantes, pelo fato que estão intimamente ligados aos processos de assoreamento dos leitos naturais de drenagens, no processo de carreamento de detritos e lavagem do solo, o abastecimento de água para as áreas urbanas, enfim, a água, solo e vegetação quando usados racionalmente, tornam-se um dos fatores capazes de melhorar a qualidade de vida da humanidade.

O estudo da fragilidade ambiental é um importante instrumento na identificação de impactos sobre o meio ambiente e representa papel fundamental para o planejamento ambiental porque permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada (PERIÇATO e SOUZA, 2019).

Nesse contexto através destas informações podem-se definir áreas mais frágeis e que merecem maior atenção, sendo que o uso não planejado pode resultar no comprometimento de todo sistema. Entende-se como prioritária a reflexão sobre o entendimento das causas e das consequências das fragilidades potenciais presentes na área de estudo. A partir da análise sistêmica torna-se possível uma melhor compreensão dos fatores e elementos (solo, hidrografia, morfologia, uso da terra, etc.) componentes no ambiente, indispensáveis para o conhecimento do funcionamento e inter-relação das paisagens (GRISA et al., 2015).

Nos estudos de bacias hidrográficas para se apresentar uma proposta para a solução dos problemas é necessário analisá-la como um sistema através da integração de todos os fenômenos físicos, biológicos e socioeconômicos através de uma visão integrada e global da bacia. Como um geossistema que se caracteriza segundo Bertrand (1971):

O geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta a combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitações, temperatura...) e

hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo...). É o “potencial ecológico” do geossistema. Ele é estudado por si mesmo e não sob o aspecto limitado de um simples “lugar” (BERTRAND, 1971 p. 146-147).

Mendonça (2001) destaca que nos estudos ambientais e na geografia física em um passado não muito distante se passou a abarcar métodos que tomam a perspectiva vertical (ecossistema) e horizontal (geossistema) das paisagens, incluindo também as atividades humanas enquanto fator da dinâmica da paisagem. Segundo o autor:

Ressaltam-se na história recente da geografia as contribuições de Sotchava (geossistema) – bastante melhorada por Georges Bertrand –, e de Jean Tricart (ecodinâmica e ecogeografia), entre outras (Mendonça, 1989, 1993 e 1998; Christofolleti, 1999). As aludidas propostas metodológicas baseiam-se na TGS (Teoria Geral dos Sistemas), largamente empregada nas ciências naturais, fato que tem vinculado o tratamento do ambiente no âmbito da geografia – através das referidas metodologias – a uma perspectiva muito mais naturalista que social (MENDONÇA, 2001 p. 125).

Em análise multitemporal sobre uso e ocupação do solo realizada por Cappi et al. (2005); Carvalho et al. (2006), na área da bacia Hidrográfica do Córrego da Porteira (BHCP), apontaram que o principal problema existente na bacia é a redução da cobertura vegetal e o aumento de pastagens cultivadas em área de preservação permanente o que aliado à declividade do terreno favorece a dissecação e aumento do carreamento de sedimentos e conseqüentemente o assoreamento da calha do córrego bem como, do seu exutório localizado no Rio Aquidauana.

Abrão et al. (2016) analisaram a fragilidade ambiental da bacia do córrego da Porteira, utilizando sensoriamento remoto. Os resultados apresentaram quatro graus de fragilidade potencial onde o nível baixo foi o que mais predominou. Para fragilidade ambiental de 2015 apresentou três classes do qual o nível médio ocupou a maior parte da área. A utilização da área da bacia por pastagem influenciou nos resultados, bem como as condições físicas da área por apresentar baixa declividade e pelo tipo de solo predominante na área ser menos suscetível a erosão.

Guimarães et al. (2017), realizaram estudo em três bacias de córregos localizados no município de Aquidauana/MS, sendo que uma das bacias presente no estudo foi a Bacia do Córrego da Porteira. E esse estudo constatou a urgência de adequação das faixas de matas ciliares conforme a legislação vigente, principalmente ao longo do córrego da Porteira, onde as ações antrópicas resultaram no alargamento constante das margens devido à retirada da cobertura vegetal marginal o que contribui para acelerar a atuação dos processos geomorfológicos fluviais e conseqüentemente o assoreamento do curso d'água.

A susceptibilidade a erosão da bacia do Córrego da Porteira foi mapeada por Carvalho *et al.* (2017) considerando as variáveis solos e declividade onde constatou-se que o uso predominante da bacia é a agropecuária, sobretudo em seu médio e baixo curso, em pequenas propriedades já em seu alto curso possui fazendas com mais de 100 ha. Cerca de 81,3% da bacia possui Argissolo Vermelho Amarelo localizado no médio e baixo curso e parte do alto curso, 18,5% da área possui Neossolo Litólico em boa parte do alto curso e 0,1% da bacia possui Latossolo Vermelho, e que cerca de 13,5% da bacia tem média suscetibilidade a erosão localizada no médio e alto curso, e cerca de 23,5% da área da bacia apresenta alta suscetibilidade a erosão e localiza-se no alto curso uma vez que essa área apresenta terrenos ondulados e fortemente ondulados, o que favorece o escoamento superficial, associado ao Neossolo Litólico que tem grande suscetibilidade a erosão.

Apesar de haver vários estudos dentro dos limites do córrego da Porteira, ainda não estão evidentes quais os reais fatores e onde estão os principais elementos que contribuem para que a bacia do córrego continue a ser assoreada. É importante que se realize uma análise mais aprofundada da área principalmente no alto curso, onde ocorrem os principais fenômenos que causam esse processo de transformação da paisagem da bacia do córrego.

A intensificação dessas ações transformadoras ao meio ambiente, através de ações antrópicas, tem levado a decadência dos ambientes naturais e esses impactos variados têm exigido uma reformulação de métodos e técnicas constantes. É importante a conservação da natureza com base nas leis da Ecologia, que traduz no fato de se evidenciar a maneira racional de como proceder na utilização dos recursos naturais sem causar prejuízo ao ambiente natural.

Nesse contexto o presente trabalho tem por objetivo realizar análise multitemporal da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego da Porteira BHCP entre o período de 1966 a 2019, utilizando o Sensoriamento Remoto com o auxílio de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Optou-se por esse intervalo de tempo para se ter uma melhor perspectiva das mudanças ocorridas ao longo do tempo dentro dos limites da bacia.

A observação de bacias hidrográficas devem ser realizadas por longos períodos de tempo, preferencialmente superiores à 30 anos, que posteriormente devem ser avaliados em conjunto com estudos climáticos, pedológicos, geológicos e hidrogeológicos (PAIVA e PAIVA, 2001).

1.1. Problema

A bacia do córrego da Porteira a partir do seu médio curso vem sofrendo processo de assoreamento de sua calha. Quais os principais fatores que influenciaram e influenciam para o assoreamento da BHCP?

1.2 Justificativa

O córrego da Porteira é um importante tributário do rio Aquidauana que vem sofrendo processo de assoreamento de sua calha. Este estudo possui extrema importância para elucidar quais os principais fatores que influenciaram e influenciam o processo de assoreamento da BHCP. O córrego da Porteira é um importante manancial que deve ser preservado principalmente para as gerações futuras uma vez que os estudos focados nos impactos dentro dos limites de qualquer manancial é de extrema importância para o homem e a sociedade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por escopo realizar análise multitemporal da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Córrego da Porteira localizada no município de Aquidauana – MS, no período entre 1966 a 2019, utilizando o sensoriamento remoto com o auxílio de SIG e levantamento de campo.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a evolução dos tipos de uso e cobertura da terra ao longo do tempo e do espaço na BHCP;
- Caracterizar a geologia e geomorfologia da área BHCP;
- Avaliar os índices de fragilidade potencial, emergente e ambiental da BHCP ao longo dos anos 1966, 1991 e 2019;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo e Planejamento

A Bacia Hidrográfica é definida como “um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Nas depressões longitudinais se verifica a concentração das águas das chuvas, isto é, do lençol de escoamento superficial, dando o lençol concentrado os rios” (GUERRA, 1978, p. 48).

A bacia hidrográfica é uma unidade física, caracterizada por ser uma área drenada por um curso d'água limitada por um divisor de águas, tendo como principais componentes naturais solo, água, vegetação e fauna.

Segundo Souza e Fernandes (2000) as bacias hidrográficas são adequadas para a realização de estudos por serem unidades geográficas naturais (seus limites geográficos – os divisores de água foram estabelecidos naturalmente). Devido às bacias hidrográficas possuírem características biogeofísicas e sociais integradas. Para Ioriatti, *et al.* (1997) as bacias hidrográficas se caracterizam pelos seus fatores físicos, que são diretamente influenciados pela ocupação humana e sua interferência no meio físico em razão dos interesses dos grupos que a ocupam. As bacias são palco de processos naturais ao mesmo tempo em que sofrem modificações pelo homem.

Para Vilaça *et al.* (2008) a bacia hidrográfica é uma excelente unidade física de gestão dos elementos naturais e sociais, pelo seu caráter integrador e que o estudo não deve ser pautado apenas sob o ponto de vista natural. Porque são ecossistemas com predomínio de uma única saída, possibilitando uma série de experimentos e a mensuração dos impactos causados pelas atividades antrópicas (SOUZA e FERNANDES, 2000). Para Siqueira e Henry Silva (2011) a bacia hidrográfica é um modelo para se conceituar e compreender os ecossistemas, que envolvem os aspectos geológicos, vegetação, clima, uso e ocupação do solo, formados por um subsistema interligados por processos bióticos e abióticos.

As bacias hidrográficas em um enfoque sistêmico é um sistema aberto caracterizado por atuação dinâmica de processos naturais ou antrópicos no

ambiente, os quais podem promover mudanças no meio físico. O input de energia deste sistema é constituído pelo clima e as forças endogenéticas, gerando o transporte de água e sedimentos, tanto no interior do sistema quanto nas vertentes, canais e abaixo de superfície. O output é caracterizado pela evapotranspiração e pela vazão de água e sedimentos na foz da bacia (Walling e Gregory, 1973 *apud* RIBEIRO, 2002).

Segundo Ross e Del Prette (1998) a bacia hidrográfica quer seja a sua ordem, constitui uma unidade natural, cujo elemento integrador está representado pelos leitos fluviais ou canais de drenagem naturais. A bacia hidrográfica, embora seja um sistema natural, não se torna automaticamente um único sistema ambiental, do ponto de vista natural, quando levado em conta os demais componentes naturais, como relevo, solos, subsolo, flora e fauna e as atividades transformadoras do ambiente, atividades econômicas e político-administrativas.

3.2 Mudanças no Uso e Cobertura da Terra

As transformações que ocorrem ao longo do tempo e do espaço, dentro dos limites de uma bacia hidrográfica podem ser influenciadas por dinâmicas naturais ou por atividades humanas desenvolvida na área. Como uma das primeiras alterações ocorre à retirada da cobertura vegetal para a implantação de empreendimento como: criação de animais, plantações, mineração e diversas outras atividades. O mapeamento do uso e cobertura da terra é uma importante ferramenta em estudos ambientais, para a identificação de agentes locais que são responsáveis pela condição ambiental da área. O uso e cobertura da terra é um tema muito discutido, devido às consequências que o uso e ocupação desordenados trazem ao meio ambiente.

Segundo Filho; Menezes e Sano (2007) os conceitos relativos ao uso da terra e cobertura da terra são muito próximos, às vezes são usados indistintamente. Cobertura da terra está associada com os tipos de cobertura natural ou artificial, que é de fato que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar. Imagens não registram atividades, e cabe ao interprete buscar associações de

refletâncias, texturas, estruturas e padrões de formas para difundir informações a cerca da atividade de uso, a partir do que é basicamente informação de cobertura da terra.

Segundo o IBGE (2013), os levantamentos da cobertura do uso da terra indica a distribuição tipológica de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. O levantamento envolve pesquisa de escritório e de campo, voltado para a interpretação, análise e registro de observações. O levantamento sobre a cobertura e o uso da terra comporta análise e mapeamentos que são de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso do espaço. Nesse contexto Rosa e Sano (2014), afirmam que:

O estudo do uso da terra consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, da caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. De forma sintética, a expressão "uso da terra" pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA e SANO, 2014 p. 35).

Espindula (2012 p. 12) afirma que: “o uso e cobertura da terra em uma bacia hidrográfica é um fator determinante na degradação ambiental das águas, pois é a partir dele que serão definidos os usos prioritários da bacia”. Para Rosa e Sano (2014) o conhecimento atualizado do uso e ocupação da terra, bem como seu histórico, é indispensável para se entender os processos atuantes e o efeito do mau uso da terra como, por exemplo: os processos de erosão, desertificação, inundações e assoreamentos de cursos d’água. Desse modo, existe a necessidade de atualização dos registros de uso da terra e cobertura vegetal, para que suas tendências possam ser analisadas e o sensoriamento remoto constitui-se uma técnica de grande utilidade, que permite em curto espaço de tempo, a obtenção de informações a respeito de registro do uso da terra e cobertura vegetal.

Segundo Filho; Menezes e Sano (2007) os mapas de uso da terra e cobertura da terra são instrumentos bastante adequados para promover o desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental, e são imprescindíveis para planejamento local do terreno. Para Brito (2003 p. 1749) “a elaboração de mapas de

uso da terra, a partir de trabalhos de campo, dados de sensoriamento remoto e de técnicas de geoprocessamento, constitui-se num instrumento adequado para promover o desenvolvimento agrícola sustentável do ponto de vista ambiental de bacias hidrográficas”.

Nesse contexto, através da análise do uso e ocupação da terra pode-se mensurar impactos causados por fenômenos naturais ou atividades antrópicas dentro de determinada área, bacia, região etc. Com a utilização das geotecnologias pode-se realizar análise multitemporal do uso da terra e elaborar um histórico sobre determinado local, para conhecer seus antecedentes de uso e ocupação para se executar técnicas de recuperação de áreas que possam porventura ter sofrido degradação.

3.3 Fragilidade Ambiental e Modelagem de Perda de Solos

O conceito de fragilidade ambiental segundo Tamanini (2008) está relacionada à suscetibilidade do meio ambiente a qualquer tipo de dano, inclusive a poluição. Daí a definição de ecossistemas ou áreas frágeis como aquelas que, por suas características, são particularmente sensíveis aos impactos ambientais adversos, de baixa resiliência e pouca capacidade de recuperação. Por fragilidade ou vulnerabilidade do meio ambiente se entende o grau de suscetibilidade ao dano, ante a incidência de determinadas ações. Pode definir-se também como o inverso da capacidade de absorção de possíveis alterações sem que haja perda de qualidade (FERNÁNDES, 1987).

Segundo Santos (2015) a partir da metade do século XX, surgiram diversas propostas de investigação orientadas ao entendimento das relações de interdependência entre o aspecto físico-ambientais e as atividades antrópicas por meio de avaliação multitemáticas. A fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em

que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais (ROSS, 1994).

Para análise da fragilidade, exige-se o conhecimentos dos recursos naturais como solo, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima e fauna para que sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas. Tendo diferentes padrões de fragilidade classificadas através das Unidades Ecodinâmicas Estáveis (Instabilidade Potencial) e das Unidades Ecodinâmicas Instáveis (Instabilidade Emergente), portanto a Fragilidade Potencial é o cruzamento entre os dados dos solos, declividade e distância dos recursos hídricos e a Fragilidade emergente através do cruzamento da Fragilidade Potencial com o uso e cobertura da terra (ROSS, 1994).

Uma das consequências das intervenções humanas no meio natural, que ocorrem em muitas bacias hidrográficas, são as perdas de solo através da erosão hídrica causada principalmente pela retirada da cobertura vegetal que funciona como uma espécie de proteção contra as gotas de chuva, que dependendo do tipo de cobertura do solo pode através do seu impacto selar os poros do solo e por consequência há formação poças que se unem onde se forma o escoamento superficial que através do cisalhamento da água com solo o acaba por quebrar os agregados do solo e carrear minerais e sedimentos para as parte mais baixas dos terrenos como afirma Mafra (2005).

A erosão hídrica do solo consiste de uma série de transferências de energia e matéria provocadas por um desequilíbrio do sistema água, solo, cobertura vegetal, que resultam na perda progressiva de solo. A energia da chuva é aplicada à superfície do terreno e, ultrapassado um limite de resistência ao cisalhamento, iniciam-se as transferências de matéria por processos de desestabilização dos agregados do solo, de movimentação e transporte de partículas e de sedimentação em zonas mais rebaixadas do relevo (MAFRA, 2005 p. 301).

O processo de erosão hídrica ocorre em bacias hidrográficas em todo o mundo e é fortemente afetado por influências antrópicas. A modificação dos ecossistemas naturais pode causar intensa degradação ambiental, interna e

externamente. A erosão em estágios avançados pode não apenas transportar sedimentos, mas também remover nutrientes, carbono orgânico e contaminantes agroquímicos para fora dos sistemas, resultando em uma diminuição da produtividade geral da terra (AVANZI et al., 2013, tradução nossa).

A erosão do solo é o produto de uma complexa interações entre regime de chuva, propriedades do solo, características da encosta, cobertura vegetal e uso do solo e gestão. A interação deles frequentemente produz taxas excessivas de erosão no Brasil. Dados quantitativos sobre a erosão do solo são esparsas no Brasil. A compreensão da erosão do solo como um processo geomorfológico é um passo essencial para o desenvolvimento de estratégias de conservação do solo eficaz. Existe uma associação entre classes de solo no Brasil e erodibilidade do solo, as análises de campo sugerem que as taxas de erosão excedem os níveis toleráveis. O Brasil é um dos 'hotspots' globais de erosão. Devido às mais diversas condições ambientais, de uso e gestão dos terrenos, é muito difícil produzir estimativas médias confiáveis de perda de solo para o todo país (GUERRA, *et al.*, 2014, tradução nossa).

3.4 Teoria Geral dos Sistemas

A Teoria Geral dos Sistemas surge nos anos de 1950, proposta por Ludwig Von Bertalanffy, tendo como ideia geral que os fenômenos naturais devem ser organizados como sistemas abertos, que se baseia na troca de matéria e energia, buscando assim entender a natureza através da inter-relação entre seus elementos (BARROS, 2012). A teoria de sistemas constitui o amplo campo teórico tratando dos sistemas, com seus conceitos e noções. Levando a uma visão de mundo integradora, a respeito da estrutura, organização, funcionamento e desenvolvimento dos sistemas (CHRISTOFOLETTI, 1990).

A Teoria Geral dos Sistemas possui embasamento físico-matemático, amparada especialmente na Segunda Lei da Termodinâmica, consistindo em modelos teóricos interdisciplinares, que transitam, sobretudo, pela Física, a Biologia, as Ciências Sociais e a Psicologia. Desta feita, a Teoria Geral dos Sistemas,

buscava em suma, entender o mundo a partir da concepção de organização, portanto conformando as ideias de sistemas (GERRA; SOUZA e LUSTOSA, 2012).

Para Tricart (1977) o sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. E esses fluxos possuem relação de dependência mútua. E cada ação incorporada num sistema, pode ser analisada como um sistema. Sendo o sistema um conjunto que possui um entrosamento entre suas partes, a inserção de um fenômeno dentro de um sistema acionará mecanismos que farão com que o sistema evolua até que atinja o estado final de equilíbrio (CHRISTOFOLETTI, 1990).

Nesse contexto Ross (1995) enfatiza a teoria de sistemas como um sistema aberto que permite identificar um sistema maior ou menor. A partir dos fluxos de matéria e energia, espontâneos ou ativados pela ação humana, são regidos pela lei da física e da química, no qual definem a funcionalidade dinâmica (estável) ou desequilíbrio temporário (instável). O que diferencia um sistema de outro é a intensidade dos fluxos e a intensidade da dinâmica das trocas de energia e matéria, da atmosfera, hidrosfera, litosfera e a biosfera, incluindo também a sociedade que interferem de alguma forma na funcionalidade de um sistema.

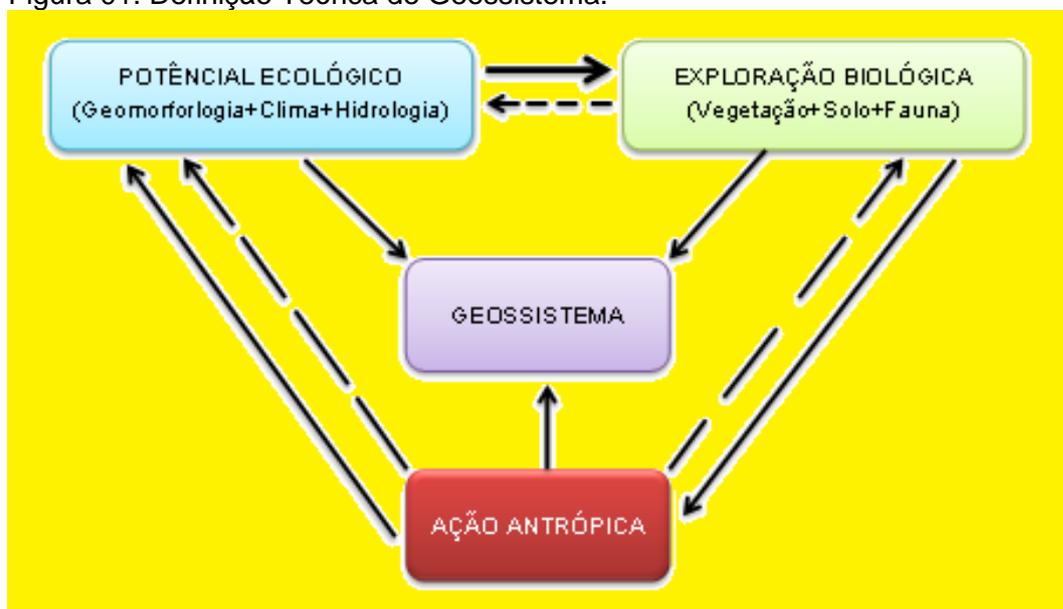
Neto (2008) afirma que cada ramo do conhecimento científico se apoia no conceito de sistema na delimitação de seu objeto. Estabelece-se então que o geossistema é o sistema do geógrafo, o ecossistema sendo o sistema para o ecólogo e para o biólogo, o corpo humano e seus subsistemas a grandeza sistêmica dos estudiosos das ciências médicas e assim por diante. A teoria geossistêmica na Geografia teve penetração maior na área da Geografia Física, tendo em vista que sua abordagem positivista e sua natureza preferencialmente indutiva acabaram por inibir até mesmo a utilização de suas ideias centrais na Geografia Humana (RODRIGUES, 2001).

O geossistema evidencia a relevância da ação e dinâmica antrópica na modificação da paisagem, especialmente ao criar taxonomias para a delimitação das unidades de paisagem global, destacando as zonas superiores (Zona, Domínio e região) e as zonas inferiores (Geossistema, Geofácia e Geótopo) estes últimos de forte alteração antrópica (Bertrand 1968 *apud* NEVES *et al.* 2014).

Nesse sentido o geossistema pode ser entendido teoricamente como a combinação de todos os fatores naturais, antrópicos de uma determinada área, com uma mesma dinâmica, a (Figura 01) esboça a definição teórica de um geossistema. O geossistema configura-se como uma de escala de análise como afirma Bertrand (2004):

O geossistema situa-se entre a 4ª e a 5ª grandeza temporo-espacial. Trata-se, portanto, de uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. É nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo. Enfim, o geossistema constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana. O geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitações, temperatura...) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo...) (BERTRAND, 2004 p. 146-147).

Figura 01. Definição Teórica de Geossistema.



Fonte: Bertrand, 2004.

O geossistema é o resultado da combinação de fatores geológicos, climáticos, geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos associados a certo(s) tipo(s) de exploração biológica. Tal associação expressa a relação entre o potencial ecológico e a exploração biológica e o modo como esses variam no espaço e no

tempo, conferindo uma dinâmica ao geossistema. Por sua dinâmica interna, o geossistema não apresenta necessariamente homogeneidade evidente. Na maior parte do tempo, ele é formado de paisagens diferentes, que representam os diversos estágios de sua evolução (DIAS; SANTOS, 2007).

Tricart (1977) propôs análise das potencialidades e da fragilidade ambiental pautada na noção de estabilidade e instabilidade morfodinâmica dos terrenos, e essas potencialidades foram usadas como parâmetros para análise das fragilidades. Segundo o autor a análise dos sistemas contrapõe-se a ciência tradicional, trazendo a discussão referente às relações entre sujeito-objeto incorporando as relações entre o natural, social e econômico envolvendo todos os fatores envolvidos no meio.

3.5 Sensoriamento Remoto e SIG no Estudo de Bacias Hidrográficas

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento constituem-se em técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite, em forma digital ou papel, são muito importantes e úteis, pois permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento (CAMPOS *et al.*, 2004).

Dados de sensoriamento remoto constituem-se atualmente numa das principais fontes geradoras de informações e alimentam banco de dados geográficos integrados em um sistema de informação geográfica (BACANI *et al.*, 2015). Os dados de sensoriamento remoto implementados em um SIG permitem o estabelecimento de um avanço taxonômico na cartografia do relevo, conferindo desta maneira, bases para o planejamento e ordenamento do território (CUNHA e BACANI, 2015).

A utilização de metodologias e técnicas de Geoprocessamento possibilita melhor conhecimento do espaço através do monitoramento dos elementos que compõem os geossistemas fornecendo subsídios para o diagnóstico e prognóstico para a gestão do território. Oferecendo auxílio para a compreensão dos processos dinâmicos naturais e antrópicos das bacias hidrográficas. Nesse sentido as bacias hidrográficas ao serem analisadas através da integração do Sensoriamento Remoto

e Sistema de Informação Geográfica (SIG), permite maior precisão na interpretação dos processos que ocorrem dentro de seus limites.

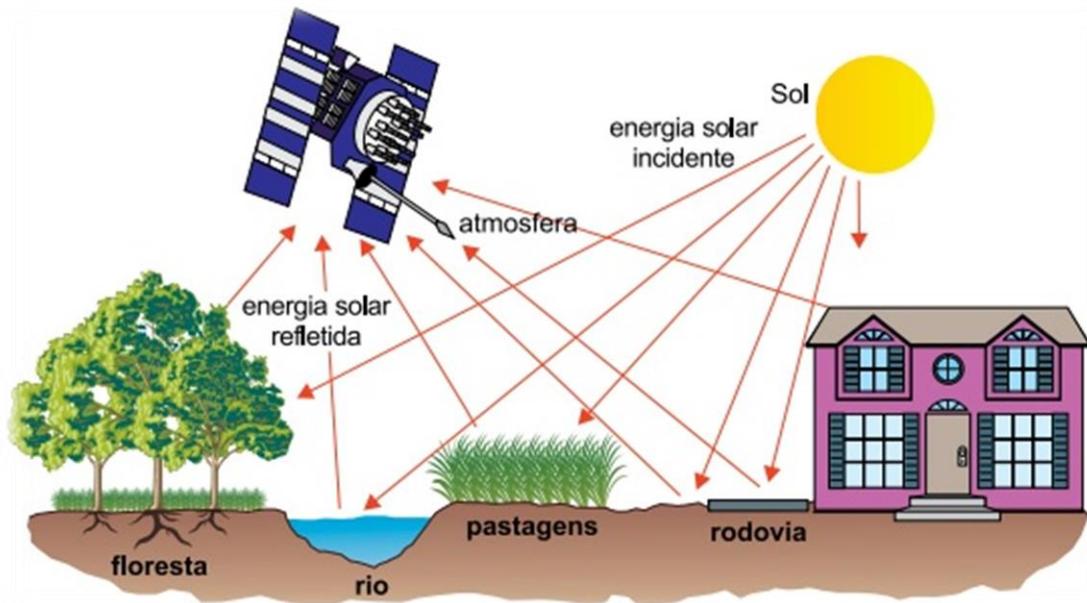
Para Florenzano (2013) o sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre. O termo sensoriamento refere-se à obtenção de dados por meio de energia refletida ou emitida pela superfície. Através de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas (balões e aeronaves) e orbitais (satélites artificiais). O termo remoto, que significa distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e os objetos na superfície terrestre.

Um dos principais objetivos do sensoriamento remoto é a aquisição de informações sobre a superfície da terra para mapeamento e avaliação de recursos terrestres e monitoramento ambiental. Todos os materiais (naturais ou artificiais) da superfície da terra, com temperatura superior a (0°K), podem emitir, refletir, transmitir ou absorver seletivamente Radiação Eletromagnética – REM. A Energia Eletromagnética – EM, mais familiar e mais importante em sensoriamento remoto é a energia solar (IBGE, 2001).

Na (Figura 02) a energia solar refletida pela superfície terrestre em direção ao sensor, que capta e registra. E dependendo do tipo de sensor a energia emitida pela superfície da terra pode ser captada e registrada, quanto maior a distância da superfície da terrestre, caso dos satélites artificiais maior será a interferência da atmosfera (FLORENZANO, 2002).

Segundo Gomes (2005) os primeiros SIGs foram desenvolvidos no Canadá em 1960, como parte de um plano estratégico governamental de longo prazo para criar um inventário automatizado de recursos naturais. Durante os anos 70, desenvolveram-se fundamentos matemáticos voltados para a cartografia. Neste período ocorreram importantes avanços tecnológicos, sobretudo no que se refere à capacidade de interatividade computacional. Na década de 1980, com a popularização e barateamento de computadores pessoais e bancos de dados, ocorreu uma maior difusão do SIG com a incorporação de muitas novas funções. Esse progresso tecnológico vem facilitando o desenvolvimento do SIG e permitindo o aperfeiçoamento dos mecanismos de aquisição de dados.

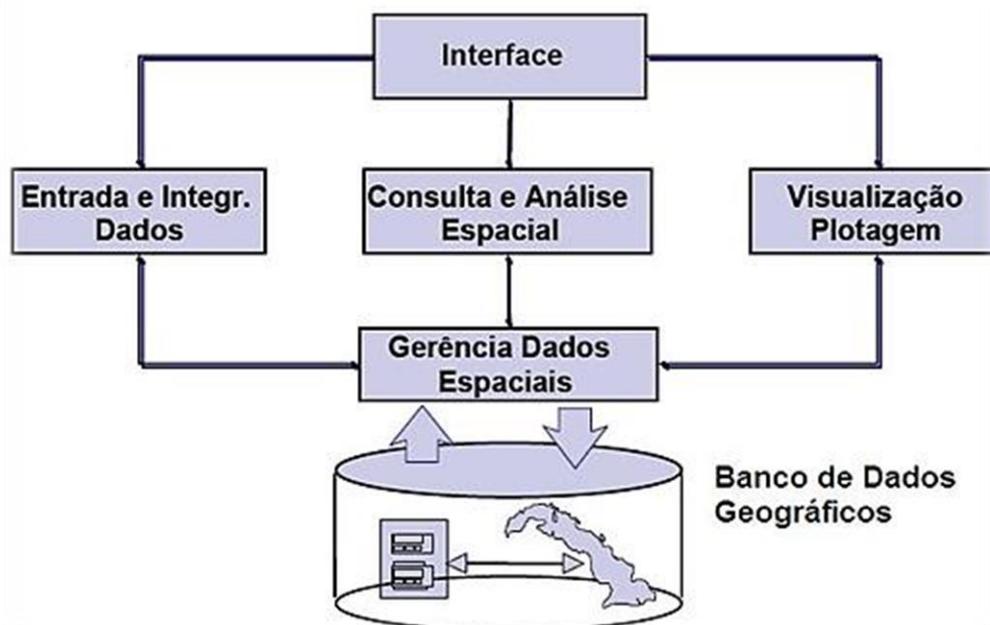
Figura 02. Obtenção de Imagens por Sensoriamento Remoto.



Fonte: IBGE, 2016.

O SIG é um conjunto de programas, equipamentos, metodologias dados e pessoas (usuário), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação (Teixeira, 1995 apud LISBOA FILHO e IOCHPE, 1996). Os sistemas de informações geográficas podem ser definidos como conjunto integrado de hardware, software, conceitos e de métodos capazes de desempenhar funções diversas em um sistema computacional (Figura 03), a fim de capturar, de armazenar, de transformar, de analisar, de modelar, de simular e de representar os fenômenos e os processos distribuídos no espaço geográfico (Cunha, 2009; Burrough, 1986 apud CAMPARA, 2012).

Figura 03. Estrutura Geral de Sistemas de informações Geográficas.



Fonte: Câmara e Davis, 2001.

A ferramenta tecnológica que mais cresce na gestão ambiental está ligada ao geoprocessamento, com a utilização de (SIG) e tratamento de imagens de satélite. Tendo em vista a importância da informação espacializada, os programas de SIG estão cada vez ganhando espaço, principalmente quando se trata de ambientes com código fonte livres na internet, e para o usuário final oferece uma maneira fácil e rápida para a tomada de decisão. A evolução do conceito de SIG se relaciona com as diferentes áreas de pesquisa que contribuíram para o seu desenvolvimento como a informática, que enfatiza a ferramenta banco de dados ou linguagem de programação; geografia, que o relaciona a mapas, e outros que ainda enfatizam aplicações como suporte aos planejadores (CAMPOS *et al.*, 2004).

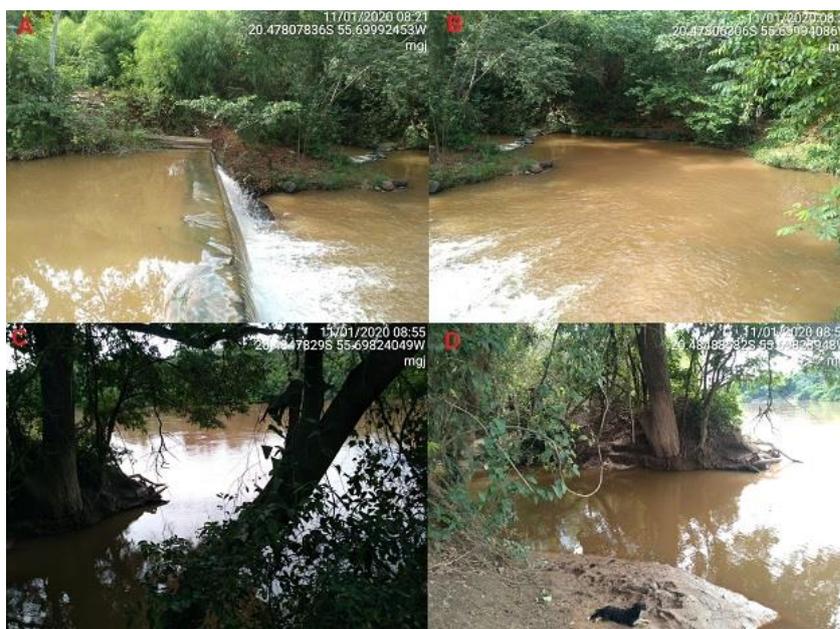
4. METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

O Município de Aquidauana (MS) está localizado na porção oeste do estado de Mato Grosso do Sul, situado em uma região de limite de duas bordas de bacias sedimentares do Paraná (Planalto) e do Pantanal (Planície). A Bacia Hidrográfica do Córrego da Porteira (BHCP), localiza-se entre os paralelos 20°20'09" e 20°29'01" S e meridianos 55°44'42" e 55°36'24" W, possui 74,460 km de rede de drenagem perenes até seu exutório (Figura 04) e sua área é de aproximadamente 88,017 km² cortando o Planalto de Maracaju-Campo Grande na direção Norte – Sul fluindo em direção à depressão do rio Aquidauana (Figura 05).

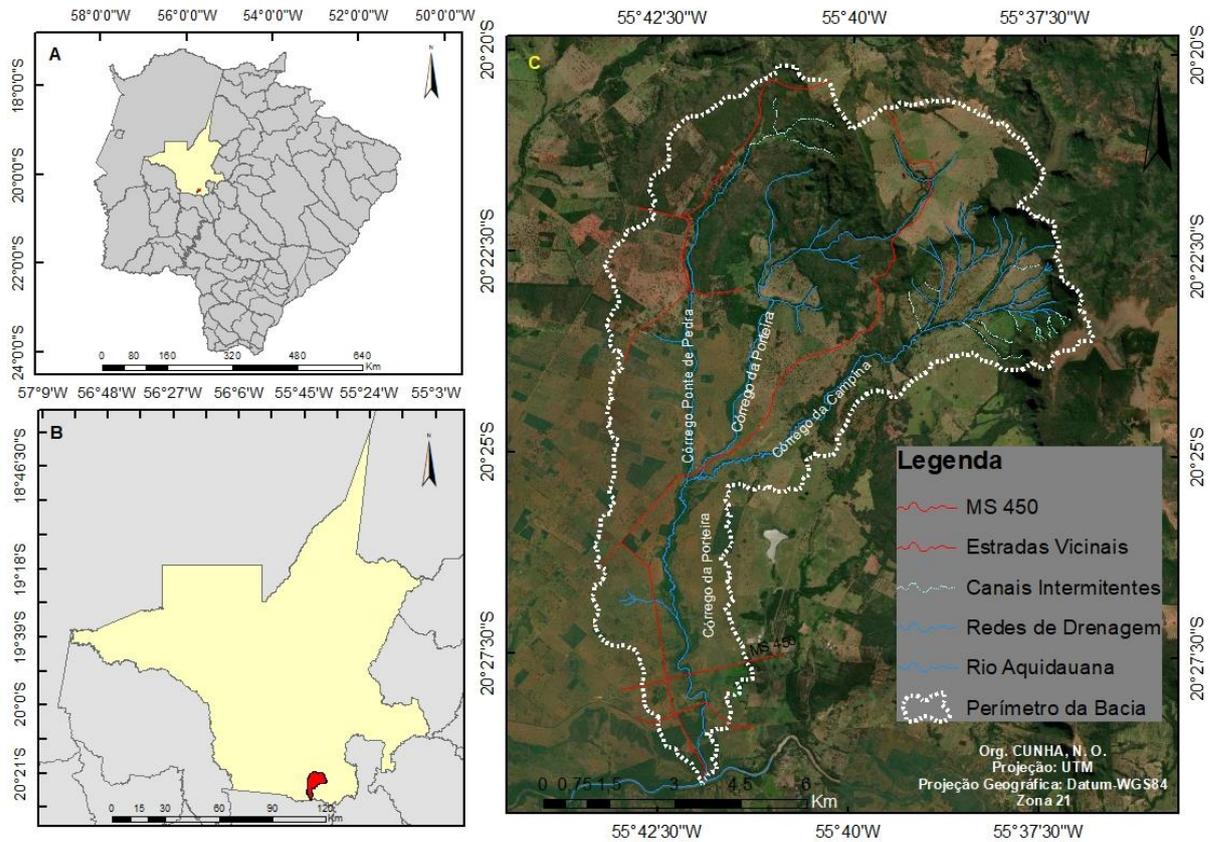
A classificação climática do município de Aquidauana, segundo a classificação de Köppen (1948), remonta à tipologia “Aw” descrita como: Clima tropical úmido, com duas estações bem definidas inverno seco e verão úmido. As precipitações pluviométricas são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1.800 mm. Apresenta estação seca que varia de 3 a 4 meses e estende-se entre os meses de maio a setembro, onde os totais pluviométricos médios são inferiores a 50 mm (ZARONI, 2011).

Figura 04. A) Represa no baixo curso. B) Canal no Baixo curso. C-D) Exutório do córrego.



Fonte: Próprio autor, 2020.

Figura 04. Localização da Área de Estudo onde A representa localização do município de Aquidauana no MS. B localização da bacia do Córrego da Porteira no município de Aquidauana e C a delimitação da bacia do Córrego da Porteira.



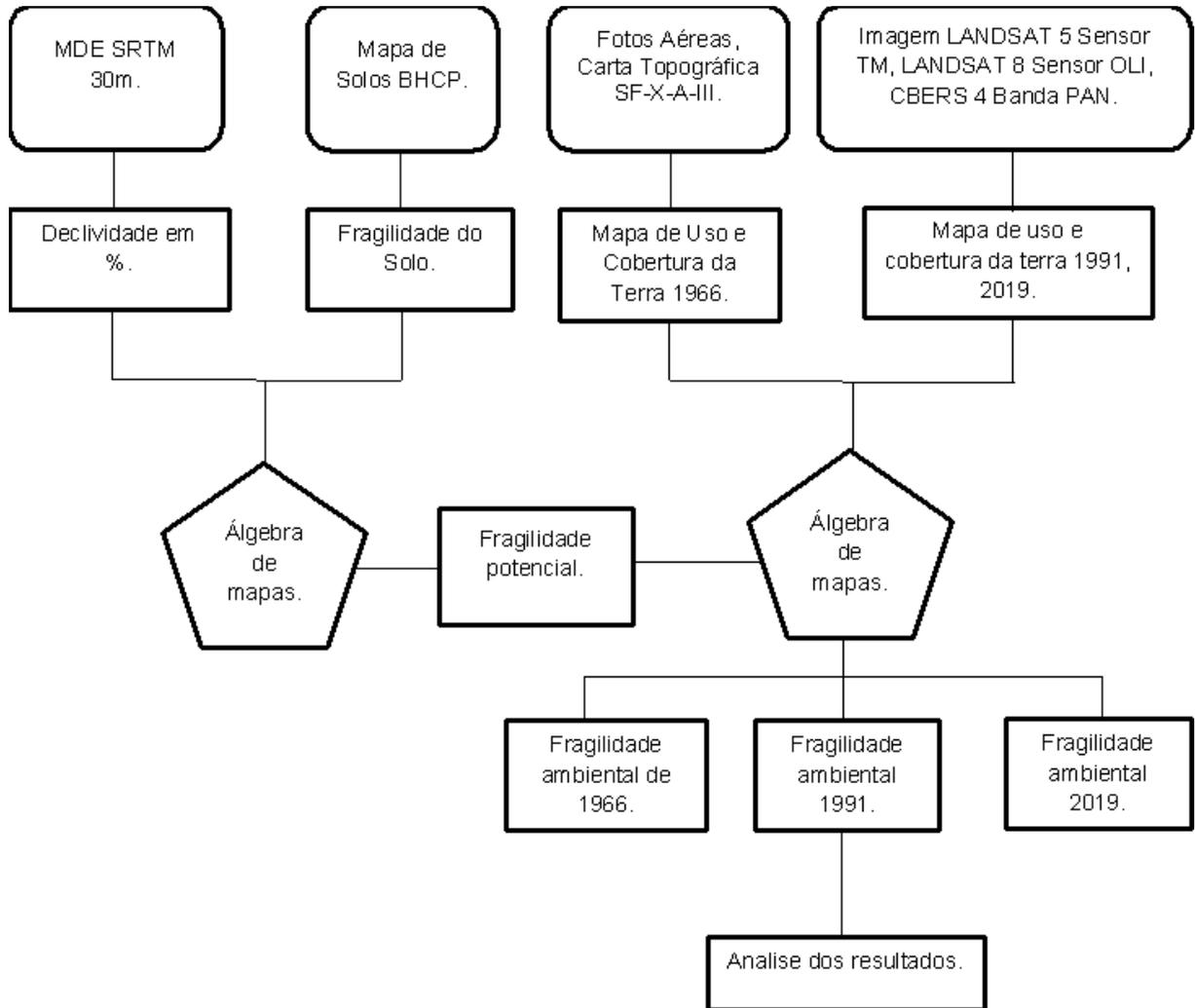
Fonte: Próprio Autor, 2021.

4.2 Procedimentos Metodológicos

A metodologia abordada para a realização deste trabalho fundamentou-se na análise empírica da fragilidade ambiental (ROSS, 1994), através de análises realizadas por sensoriamento remoto em ambiente SIG.

O fluxograma metodológico apresentado na Figura 05 descreve as principais etapas percorridas para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Figura 05. Fluxograma metodológico.



Fonte. CUNHA, N. O. 2021.

A primeira etapa foi a delimitação da área da bacia hidrográfica utilizando o software ArcMap 10,2 ® (ESRI, 2012), através da ferramenta *Flow Direction* utilizada para determinar as direções de fluxo da imagem de radar (SRTM) com 30 metros de resolução espacial, utilizou-se como *imput* a imagem (SRTM) determinando as direções de fluxos e na sequencia utilizou-se a ferramenta *Basin* que delimitou a área da bacia logo em seguida utilizou-se a ferramenta *Raster to Polygon* para converter a imagem em polígono e selecionar a bacia de interesse e exportou-se a delimitação da bacia.

Para a elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizou-se imagens de radar (SRTM) de resolução espacial de 30 metros, de onde gerou-se curvas de nível através da ferramenta *Contour* do ArcMap 10.2 ® (ESRI, 2012), em seguida foi

criado um modelo de grade irregular triangular (TIN) por meio da ferramenta *3D Analysis Tool – Data Management – Tin – Create Tin*.

Para o mapeamento pedológico utilizou-se de dados da EMBRAPA (2009) e IBGE (2020) em formato de vetores, na escala de 1:100.000 além de expedições a campo para aferição da tipificação de solos descritas nos vetores.

O mapeamento geológico e geomorfológico utilizou-se de fotografias aéreas e imagens radar (SRTM), conforme procedimentos descritos em Fiori & Soares (1976), dividido em três etapas:

Foto-leitura: Reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetos correspondentes e sua repartição;

Foto-análise: Estudo das relações entre as imagens, associação e ordenação das partes das imagens;

Fotointerpretação: estudo do material iconográfico buscando a descoberta e avaliação por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens;

O MDE gerado a partir da imagem SRTM serviu de suporte para a interpretação das principais feições do relevo. A classificação taxonômica do relevo foi adotada segundo a proposta de Ross (2011), 5º táxon que está representado pelos tipos de vertentes contidas e cada uma das formas de relevo.

Para elaboração do mapa geológico foi utilizado como base dados geológicos da CPRM, (2006) e também técnica de fotogrametria descritos em Fiore e Soares (1976) o software ArcGis 10.2® (ESRI, 2012) além de trabalho de campo na área da bacia para reconhecimento e melhor caracterização da área de estudo.

Foi elaborado um mapa de declividade utilizando-se como input raster o MDE por meio da ferramenta *slope (spatial analyst tool)* do Software ArcGis 10.2® (ESRI,2012). O MDE da área também foi utilizado para gerar o mapa de direção de fluxo. Primeiramente utilizou-se com *input surface raster* o MDE com a ferramenta *Fill* para aprofundamento dos vales e efetuar o preenchimento das falhas. Após gerar o *Fill* utilizou-se o produto gerado para criar o direcionamento de fluxo através da ferramenta *Flow Direction* gerando o mapa de direção de fluxo.

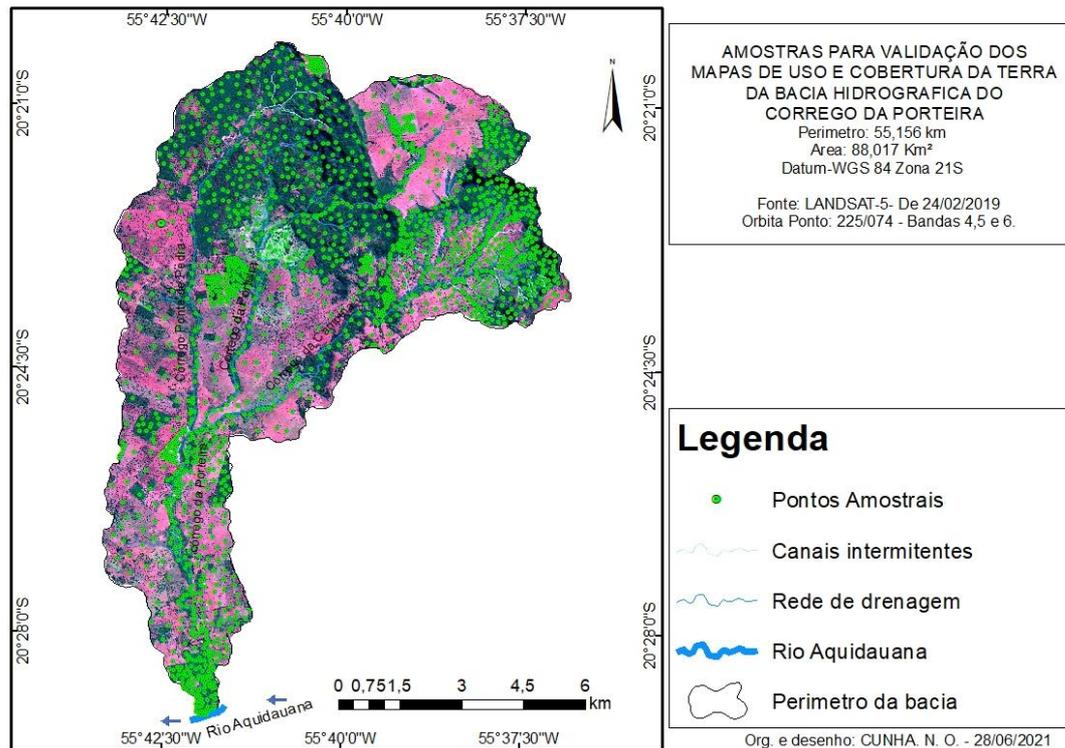
Para elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra 1966, foram utilizados dois pares de fotos aéreas N. (63647, 63648 e 63649, 63650) Aquidauana N. de ordem -11 Rolo – 512 – Linha 3175 – 73 Total: 63647 – 63656. Escala 1:60.000 de agosto de 1966. Carta Topográfica Folha Aquidauana SF 21-X-A-III Escala 1:100.00 (DSG, 1972). Foi utilizado um estereoscópio de espelho de modo complementar para auxiliar na identificação das classes. Todo material analógico foi digitalizado e convertido para formato raster em 300 dpi. Adotou-se o método de interpretação visual (NV, 2010) aplicando-se a interpretação diretamente em meio digital.

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra dos anos subsequentes, adotou-se imagens dos satélites Landsat 5 sensor TM de 29/07/1991 orbita ponto 225-074 Bandas 3, 4 e 5, e Landsat 8 sensor OLI de 24/06/2019, orbita ponto 225-074 Bandas 3, 4 e 5, e CBERS 4 de 07/06/2019 – PAN 5m. Aplicou-se rotinas de processamento digital de imagens compreendendo a etapas de realce e classificação supervisionada por regiões utilizando o algoritmo Bhattachaya no software Spring (CÂMARA *et al.*, 1996), conforme descrito em Câmara *et al.*, (2001) e Novo (2010).

Para obtenção da matriz de erro e cálculo do Coeficiente Kappa foram adotados os seguintes passos:

- Obtenção de 400 pontos amostrais dentro dos limites da BHCP (Figura 06);
- Realização de trabalho de campo para identificação das categorias de classes;
- Montagem da matriz de confusão e cálculo do Coeficiente de Kappa, dos levantamentos do uso e cobertura da terra;

Figura 06. Amostras utilizadas para validação do mapeamento.



Para a validação estatística dos mapas de uso e cobertura da terra utilizou-se metodologia descrita em Mangabeira; Azevedo e Lamparelli (2003), que consiste no cálculo do índice de concordância Kappa, calculado segundo a Equação (I) e cálculo da Exatidão Global, Equação (II):

Equação (I):

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (I)$$

Onde:

K = Coeficiente Kappa de Concordância;

N = Número de observações pontos amostrais;

r = Número de linhas de matriz de erros;

X_{ii} = Observações na linha i e coluna i;

X_{i+} = Total marginal da linha i;

X_{+i} = Total marginal da coluna i;

Equação (II):

$$EG = \frac{A}{N} * 100 \quad (III)$$

Onde:

EG = Exatidão Global;

A = Acerto geral (pontos amostrais com acertos);

N = Número de pontos amostrais;

Para auxiliar as análises de valores de índice Kappa utilizou-se dos limiares estabelecidos por Landis e Koch (1977), Tabela 01:

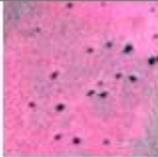
Tabela 01. Limiares de Índice Kappa.

Índice Kappa	Concordância
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Bom
0,61 a 0,80	Muito Bom
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Foi elaborada uma chave de interpretação para identificação e mapeamento das classes temáticas de cada imagem (Quadro 01):

Quadro 01. Chave de interpretação para os mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 1991 e 2019.

Classes Temáticas	Tonalidade		Cor	Textura Forma
	1991	2019		
Pastagem			Verde/vermelho Claro	Média-Rugosa/ Regular-Irregular
Solo Exposto			Cinza/Branco	Lisa/ Regular
Mata			Verde Escuro	Rugosa/ Irregular

Fonte: O próprio autor, 2021.

Os mapas de fragilidade são resultado da sobreposição das variáveis do meio físico-natural, e o estado atual da área de estudo conforme a metodologia de Ross (1994) através dessa combinação foi possível obter as categorias de fragilidade.

Para elaboração dos mapas de fragilidade foram utilizados os mapas de solo (SO) que ocorre nos limites da bacia foi atribuído um peso de fragilidade de acordo com Ross (1994) para cada tipo e característica de cada solo para posteriormente ser convertido em raster utilizando a ferramenta *Conversion Tools – Polygon to raster*. O mapa de uso e cobertura da terra (UC) também procedeu-se da mesma forma, mas foi adicionado um campo para o grau de proteção da terra para cada tipo de uso conforme Ross (1994).

O mapa de declividade (DC) em formato raster teve que ser reclassificado utilizando a ferramenta *Spatial analyst tools – Reclass – Reclassify*. O mapa de litologia ou geológico (GO) procedeu-se com a criação de campo de classe na tabela de atributos e adicionou-se o índice de vulnerabilidade de Crepani et al., (2001) e em

seguida utilizou-se a ferramenta *Conversion Tools – To raster – Polygon to raster* para a conversão em raster.

Para a elaboração do mapa de fragilidade potencial (FP) utilizou-se a ferramenta *Raster Calculator* utilizando a equação $FP=(DC+SO)^2$ e de fragilidade emergente (FE) as equação $FE=(DC+SO+UC)/3$, onde:

DC = Declividade

SO = Solos

UC = Uso e cobertura da terra.

Após converter todas as variáveis para o formato raster reclassificadas segundo a Tabela (02 e 03), utilizou-se a seguinte ferramenta *Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator*, obtendo assim os mapas de fragilidade potencial e emergente.

Tabela 02. Grau de fragilidade dos solos.

Classes de solos	Grau de fragilidade	Peso
Neossolo Litólico	Muito Alta	5
Argissolo Vermelho Distrófico	Alta	4
Latosolo Vermelho Distrófico	Muito Baixa	1
Gleissolo Háptico	Muito Alta	5

Fonte. ROSS, 1994.

Os dados de solos foram extraídos do banco da Embrapa (2009) para o município de Aquidauana na escala de 1:100.00. Os solos foram classificados com peso entre 1 e 5.

Tabela 03. Classes de proteção da cobertura da terra.

Classes de Cobertura da Terra	Grau de Proteção	Peso de Proteção
Floresta Aluvial	Muito Alta	1
Savana sem Floresta de Galeria	Muito Alta	1
Savana+Florestada+Arborizada	Muito Alta	1
Florestada (Cerradão)	Muito Alta	1
Florestada+Arborizada+Florestada	Muito Alta	1
Pastagem	Médio	3
Solo Exposto	Muito Baixa	5

Fonte: ROSS, 1994.

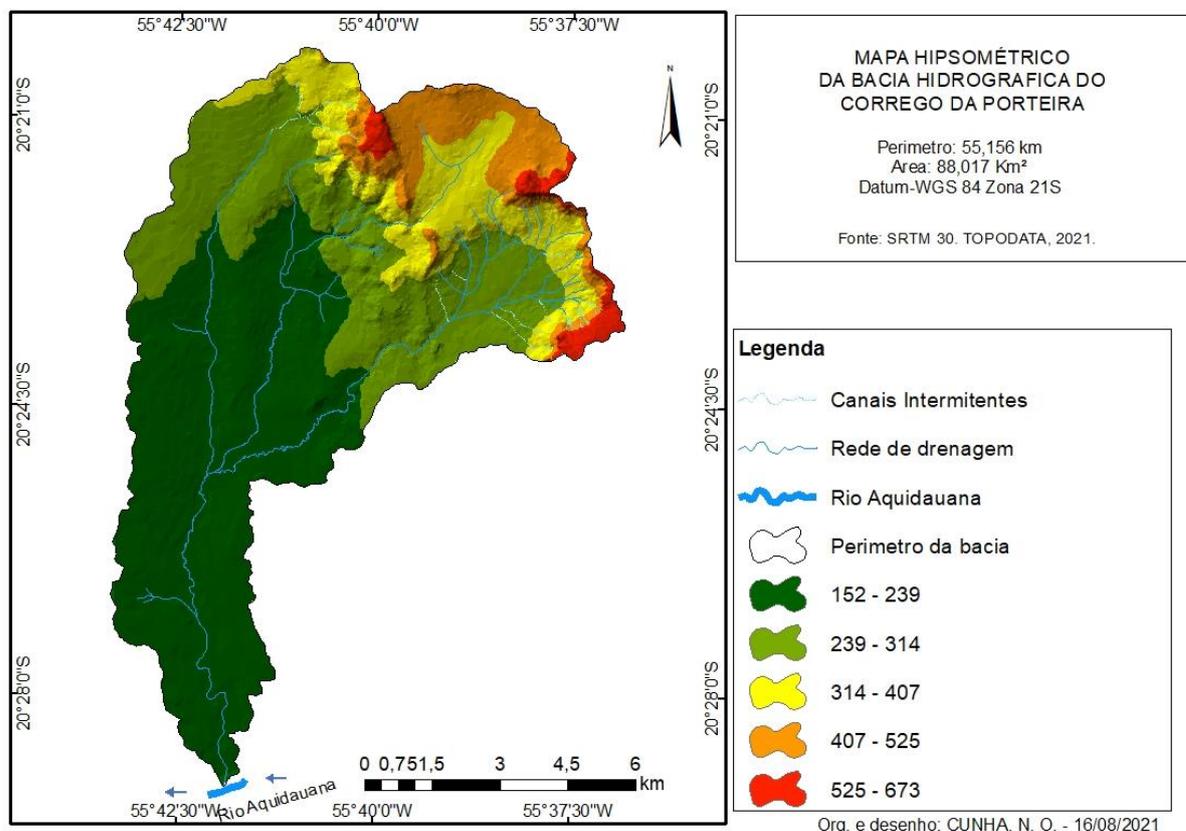
O tipo de vegetação predominante na área é o cerrado e suas formações compostas foram extraídas do PCBAP (1992).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Hipsometria da BHCP

A hipsometria da BHCP apresentou 5 compartimentos altimétricos que variam de 673 a 152 m, o que revela uma ligação entre os intervalos de altitude com distribuição das formas de relevo. As elevações 673 a 525m situam-se na parte superior da serra, caracterizadas por pequenas elevações em processo de sedimentação. As altitudes de 525 a 407m são marcadas por formas tabulares predominante plana, de 407 a 314m caracteriza-se pela transição entre as escarpas e vertentes com formas dissecadas, de 314 a 152m ocorre o terreno dissecado em colinas convexas e planícies, constituindo o baixo curso da bacia onde está localizado o exutório do Córrego da Porteira, conforme a Figura 07.

Figura 07. Mapa Hipsométrico da BHCP.



Esse elevado gradiente topográfico da BHCP, (521 metros de amplitude topográfica) tende a acentuar a ação dos processos de dinâmica superficial, os quais, associados às formas de ocupação econômica da área nos últimos 53 anos (supressão da vegetação natural para dar lugar às pastagens), permitiram a instalação de processos erosivos e de carreamento de sedimentos para locais à jusante, sobretudo, às drenagens contributárias do Córrego da Porteira Figura 08.

Figura 08. A. Área de declive com formação de ravinas. B. Pisoteio do gado em solo exposto em área de declive.



Fonte: O próprio Autor, 2021.

6.2 Solos

Os solos predominantes na BHCP são: Neossolo Litólico textura arenosa, localizado nas áreas elevadas e íngremes da bacia totalizando 45,77%, Argissolo Vermelho Distrófico textura arenosa localizado na área de colinas totalizando 55,85%, Gleissolo Háptico localizado em área úmida com aproximadamente 1,81% e Latossolo Vermelho Distrófico textura arenosa posicionado em área de colinas convexa correspondendo a 0,56% do total da área da bacia conforme observa-se na Figura 09 e Tabela 04.

Figura 09. Mapa de solos da BHCP.

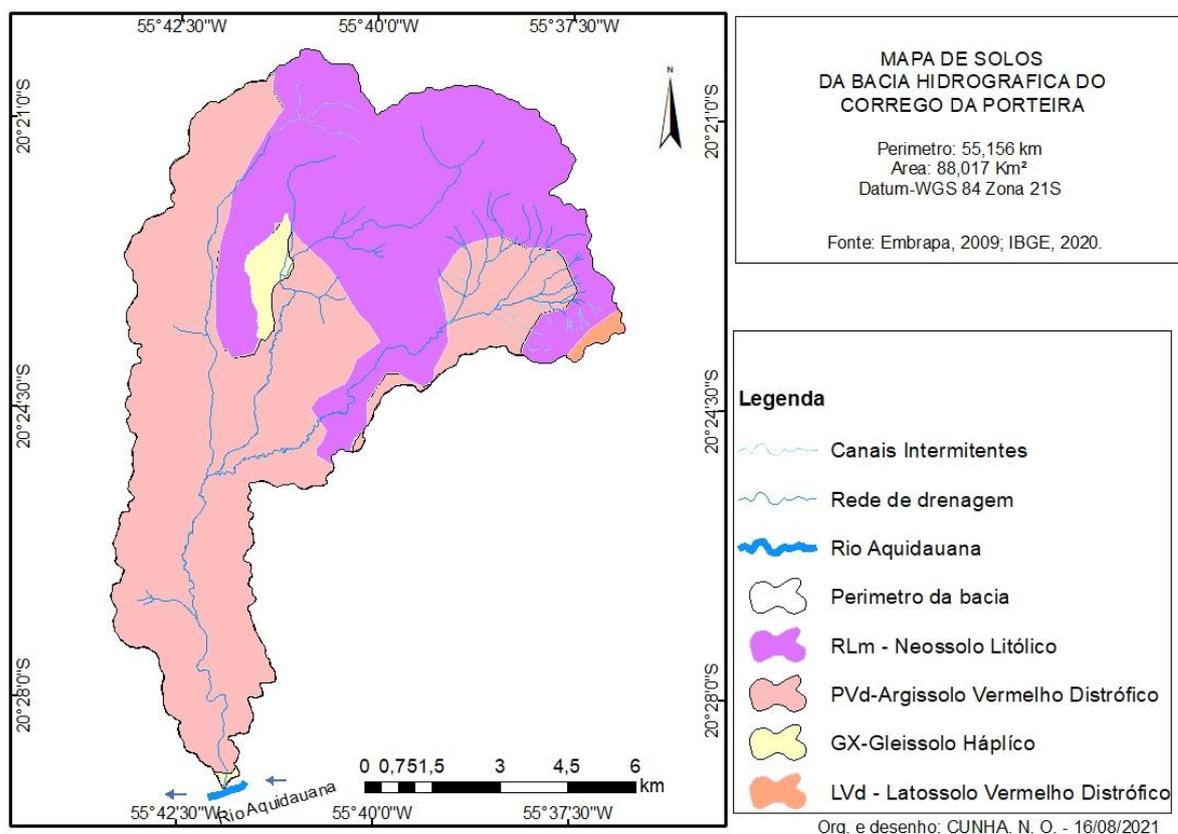


Tabela 04. Quantificação da área ocupada por tipos de solo na BHCP.

Classe	Área Km²	% Relativa ao Total
RLm Neossolo Litólico	36,7623	41,77
Pvd-Argissolo Vermelho Distrófico	49,158524	55,86
GX-Gleissolo Háplico	1,595942	1,81
LVd-Latossolo Vermelho Distrófico	0,500421	0,56
Total	88,017187	100

Fonte: O Próprio Autor, 2021.

6.2.1 Neossolo Litólico

Os Neossolos Litólicos ocorrem em aproximadamente 41% da BHCP. Com horizonte A ou hístico, assentado diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões), que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo. Admite um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2018).

6.2.2 Argissolo Vermelho Distrófico

A classe Argissolo Vermelho Distrófico é a predominante na BHCP, ocupando aproximadamente 56% da área. Estes solos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B. São solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho ou com matiz 5YR e valores e cromas iguais ou menores que 4, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Esta classe de solo está representada pelas unidades de mapeamento PVd 1 e PVd 2. (EMBRAPA, 2010).

6.2.3 Gleissolo Háptico

Os Gleissolos Hápticos ocupam aproximadamente 2% da área da BHCP. Os Gleissolos são solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm a partir da superfície do solo, ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam horizonte vértico em posição diagnóstica para Vertissolos ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. Horizonte plânico, horizonte plíntico, horizonte concrecionário ou horizonte litoplíntico, se presentes, devem estar à profundidade maior que 200 cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2018).

6.2.4 Latossolo Vermelho Distrófico

Ao Latossolos Vermelhos Distróficos ocorrem em menos de 1% da área de estudo. São solos com horizonte B latossólico. São de coloração avermelhada,

alaranjada ou amarelada, muito profundos, friáveis, porosos, de textura variável, com argila de atividade baixa (Tb). São solos fortemente intemperizados. Neles os minerais primários pouco resistentes ao intemperismo, bem como a fração silte, estão ausentes ou existem em pequenas proporções e os teores de óxidos de ferro e alumínio são elevados. A cor destes solos é variável em função da quantidade e do tipo de óxidos de ferro presentes. São solos que por serem bastante intemperizados apresentam uma morfologia muito uniforme ao longo do perfil, apresentando transição entre os horizontes difusa, com um pequeno escurecimento mais visível no horizonte superficial devido a presença da matéria orgânica (EMBRAPA, 2006).

6.3 Geologia

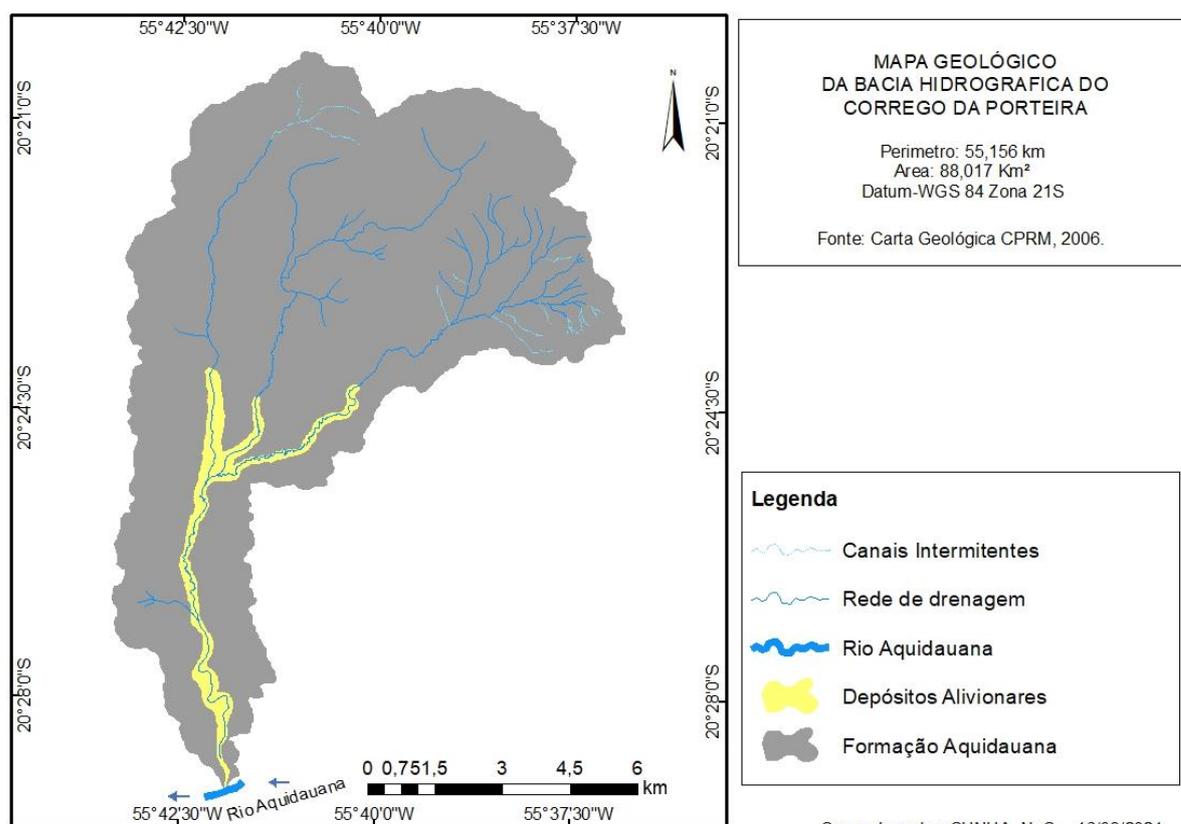
A BHCP está inserida em uma área de borda da Bacia Sedimentar do Paraná, que devido a sucessivos ciclos de sedimentação e fenômenos de compensação isostática, pela sobrecarga de sedimentos passou pelo estágio de subsidência central, o que levou ao soerguimento das bordas. Foram identificadas duas estratigrafias geológicas nos limites da bacia: a Formação Aquidauana e Depósitos Aluvionares (Figura 10).

De acordo com Gesick (1996) a Formação Aquidauana caracteriza-se pela natureza detrítica de seus sedimentos, essencialmente arenosos e feldspáticos e de coloração predominantemente avermelhada. A base é constituída por arenito, arcóseo e subarcóseo, há o desenvolvimento de concreção ferrífero-manganesífera de enriquecimento supergênico residual, o que dá a rocha uma coloração vermelho-chocolate. Os depósitos Aluvionares são caracterizados por serem retrabalhados e mutáveis, composto de areia, areia quartzosa, cascalho, silte e argila. Está presente no sistema fluvial no leito nas margens e também nas planícies de inundação dos cursos d'água, esse material depositado recente (Holoceno).

A BHCP, bem como suas adjacências imediatas, estão assentadas sobre rochas sedimentares da Formação Aquidauana, que correspondem a uma variação lateral da sedimentação do Grupo Itararé, Bacia do Paraná, de idade Permo-

Carbonífera (BRASIL, 2006). A área exibe um elevado desnível topográfico, com cotas do terreno variando entre 150 a 660m, onde pode-se inferir a presença de forte ação de eventos tectônico/estruturais pretéritos, os quais, associados a processos de dinâmica superficial (erosão, transporte e assoreamento das áreas mais baixas do relevo), esculpíram uma superfície diferenciada, topograficamente, deixando morros testemunhos de portes variados (*inselbergs*), cujos morros mais elevados fazem parte do Planalto de Maracaju-Campo Grande.

Figura 10. Mapa Geológico da BHCP.



Durante trabalho de campo observou-se a formação de arenitos com granulometria variável de fina a grosseira, marmitas formadas pelo fluxo da água alinhada com seixos de quartzo e areias, com a presença marcante de vegetação composta de bromélias e cactáceas que são evidências paleoambientais e paleoecológicas das flutuações climáticas que ocorreram no Pleistoceno terminal, estabelecidas durante os períodos glaciais quaternários, essas evidências demonstram um período de ressecamento que ocorreu no Quaternário (Figura 11).

Nessa área específica, a Formação Aquidauana é caracterizada por espesso pacote sedimentar, fortemente arenoso, mas com contribuição lamítica (siltitos e

argilitos), de cores avermelhadas, exibindo diversas estruturas sedimentares, cujo palco deposicional está associado à glaciação gondwânica neopaleozoica. Dentro dos limites da bacia hidrográfica, essa unidade litoestratigráfica encontra-se isolada no espaço, sem contato com outras unidades; todavia, na região, ela pode estar associada, lateralmente, aos metamorfitos do Grupo Cuiabá, em contato discordante (falhamento normal), ou coberto pelos sedimentos da Formação Pantanal, ou sobreposta, discordantemente, aos arenitos da Formação Furnas, ou ainda, sotoposta aos arenitos da Formação Botucatu.

Figura 11. Arenito em processo de degradação com granulometria de média a grossa (A), Marmita em leito rochoso do córrego Ponte de Pedra (B), Vegetação com características de Caatinga composta de bromélias e cactáceas (C).



Fonte: Próprio Autor, 2019.

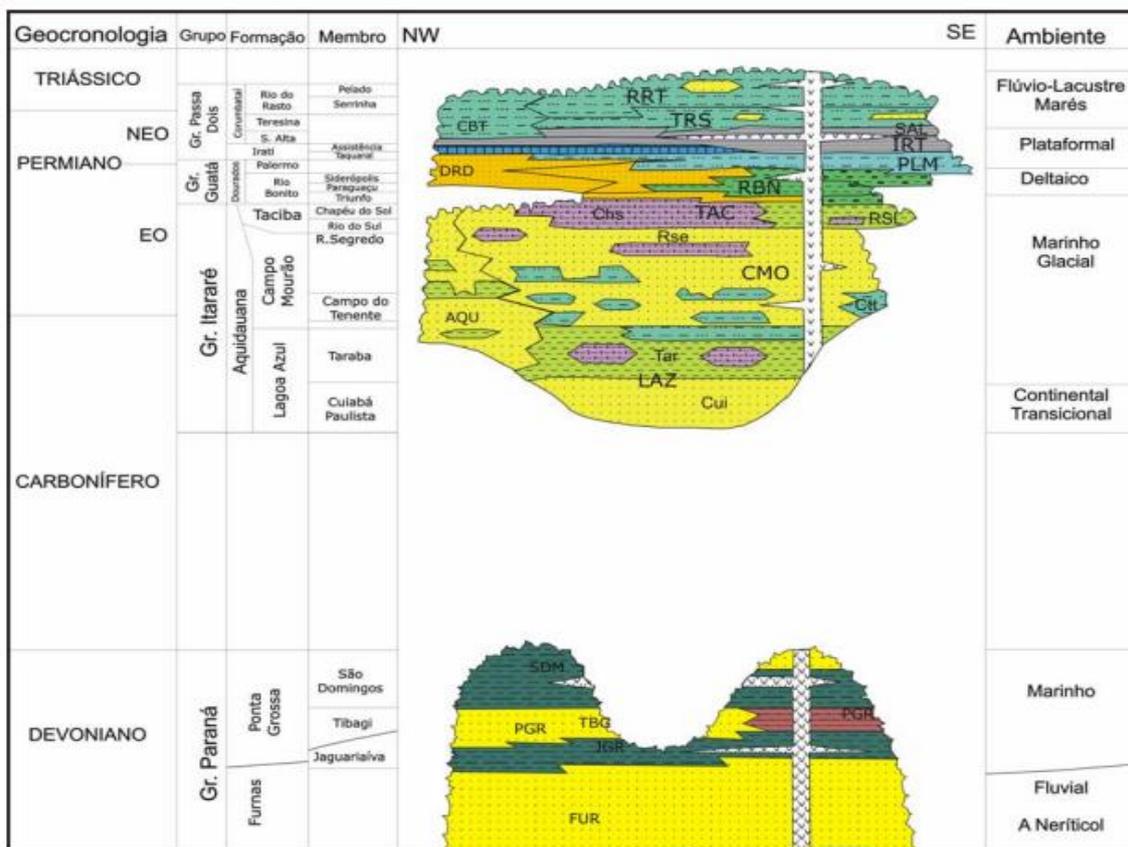
Na BHCP e em seu entorno, afloram diversas unidades litoestratigráficas integrantes da Bacia do Paraná. Que por sua vez representam uma unidade autônoma de subsidência, que abrange uma vasta extensão territorial da América do Sul, e inclui partes do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai; com cerca de 1.500.000 km², e espessura máxima em torno de 7 mil metros, a bacia exibe uma forma ovalada com eixo maior N-S abrangendo uma sucessão sedimentar-magmática, com idades entre o Neo-Ordoviciano e o Neocretáceo, cujo depocentro estrutural da

sinéclise é coincidente, geograficamente, com a região da calha do rio Paraná (MILANI, 1997; MILANI, 1998).

No transcorrer do tempo geológico, entre 450 Ma e 65 Ma, sucessivos episódios de sedimentação acomodaram seus depósitos, no que viria a ser uma bacia de registro policíclico. Seis unidades de segunda ordem constituem o arcabouço estratigráfico na forma de pacotes rochosos envelopados por discordância de caráter inter-regional. Essas superseqüências são: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo) (MILANI, 1997, MILANI 1998).

Nesse contexto, se manifesta a Formação Aquidauana, depositada no Carbonífero Superior, que corresponde a uma variação faciológica de sedimentos do Grupo Itararé, e é marcadamente, caracterizada pelo seu aspecto litológico e sua coloração intrínseca, sendo resultante de ingressões marinhas associadas à glaciação, que se manifestaram na Bacia do Paraná durante o Paleozoico (Figura 12).

Figura 12. Litoestratigrafia da Bacia Sedimentar do Paraná.



Fonte: Milanil et al., 2007 apud MORELATO, 2007.

Constituída, de modo geral, por arenitos feldspáticos e, exibindo coloração avermelhada/arroxeadada, essa unidade litoestratigráfica é representada, majoritariamente, por arenitos arcoseanos a subarcoseanos, e espessos pacotes de siltitos, argilitos e diamictitos; associados a essas litologias, ocorrem, muitas vezes, estratos conglomeráticos, ferruginosos e caulíníticos. Os arenitos são quartzosos, com grãos subarredondados a angulosos, exibindo granulometria variável, de fina a grosseira, mal selecionados, com cimento ferruginoso ou não. Possuem ampla gama de cores, de avermelhadas, cinza-arroxeadas até esbranquiçadas. Estratificações cruzadas e plano-paralelas nos sedimentos arenosos e lamíticos, respectivamente, e as cores avermelhadas/arroxeadas são registros marcantes nessa unidade (BRASIL, 2006).

Essa formação está assentada sobre rochas Pré-Cambrianas representadas pelo Grupo Cuiabá e sequências rudimentares Paleozoicas dos Grupos Paraná, e se insere na transição entre os platôs resquiciais do Planalto Central e Planície do Pantanal; o relevo escarpado circunscreve platôs com níveis acentuados de elevação posicionados a leste-noroeste do município de Aquidauana (BRASIL, 1982).

De modo específico, na área da BHCP, os sedimentos da Formação Aquidauana aflorantes correspondem a arenitos arcoseanos, com granulometria fina a grosseira, e cores avermelhadas/arroxeadas, podendo, localmente, apresentar cores esbranquiçadas (Figura 13).

Figura 13. Vista de detalhe dos sedimentos arenosos da Formação Aquidauana, no leito do Córrego Porteira (A, B e C) e fora dele (D). Notar as cores camurça e avermelhada, bem como a estrutura maciça.



Fonte: CUNHA *et al.*, 2020.

As estruturas sedimentares presentes são, via de regra, maciças; localmente, podem ser encontradas estruturas plano-paralelas, casco de tartarugas e feições abrasivas, típicas de geleira (Figura 14).

Figura 14. Estruturas observadas nos arenitos da Formação Aquidauana, majoritariamente, maciças e localmente, estratificação plano-paralela (A, B e C) e casco de tartaruga (D); as cores avermelhadas, marcantes dessa unidade litoestratigráfica, associadas a estruturas casco de tartarugas estão presentes marcas de arrasto, típica de passagem de geleiras (E, F).



Fonte: CUNHA et al., 2020.

É evidente que, os processos erosivos, de carreamento e deposição nas áreas mais baixas do relevo do entorno acontecem/aconteceram ao longo do tempo geológico, a partir da implantação dos eventos tectônicos/estruturais, que resultaram nas feições geomorfológicas atuais. Esses sedimentos depositados se constituem nos sedimentos quaternários observados, que ocorrem, muitas vezes, recobrendo a Formação Aquidauana.

6.4 Geomorfologia

Foram identificados cinco compartimentos geomorfológicos dentro dos limites da BHCP entre eles estão elencadas: planície aluvial (Apf) (área 8,29 km²); relevo dissecado de serra com declive de até 30% (área 0,54 km²); relevo dissecado com declive >30% (área 0,29 km²); relevo dissecado em serra topo anguloso (Ta) (área 2,78 km²), vertentes de perfil côncavo com até 20% de declividade (área 3,29 km²); relevo dissecado em morrote com topo convexo (Tc) (0,51 km²); relevo dissecado com colina convexa até 20% (0,048 km²), relevo dissecado com colina

convexa de até 6% de declividade (área 48,71 km²); relevo dissecado com colina convexa de até 12% de declividade (área 23,54 km²), conforme a Tabela 05 e Figura 10. O que pôde-se verificar na área de estudo que as rochas estão passando por processo de sedimentação e formando vários de tipos de faces geomorfológicas, principalmente no alto e médio curso do córrego onde o escoamento superficial das águas são os principais agentes que esculpem essas formas de relevo.

Devido à declividade alta em determinados pontos da BHCP, as águas ganham competência e o cisalhamento das águas com as rochas areníticas há maior degradação e carreamento de sedimento, esculpindo diversas fácies geomorfológicas, dissecando e transformando a paisagem dentro de cada compartimento.

Figura 15. Mapa de Compartimentação Geomorfológica da BHCP.

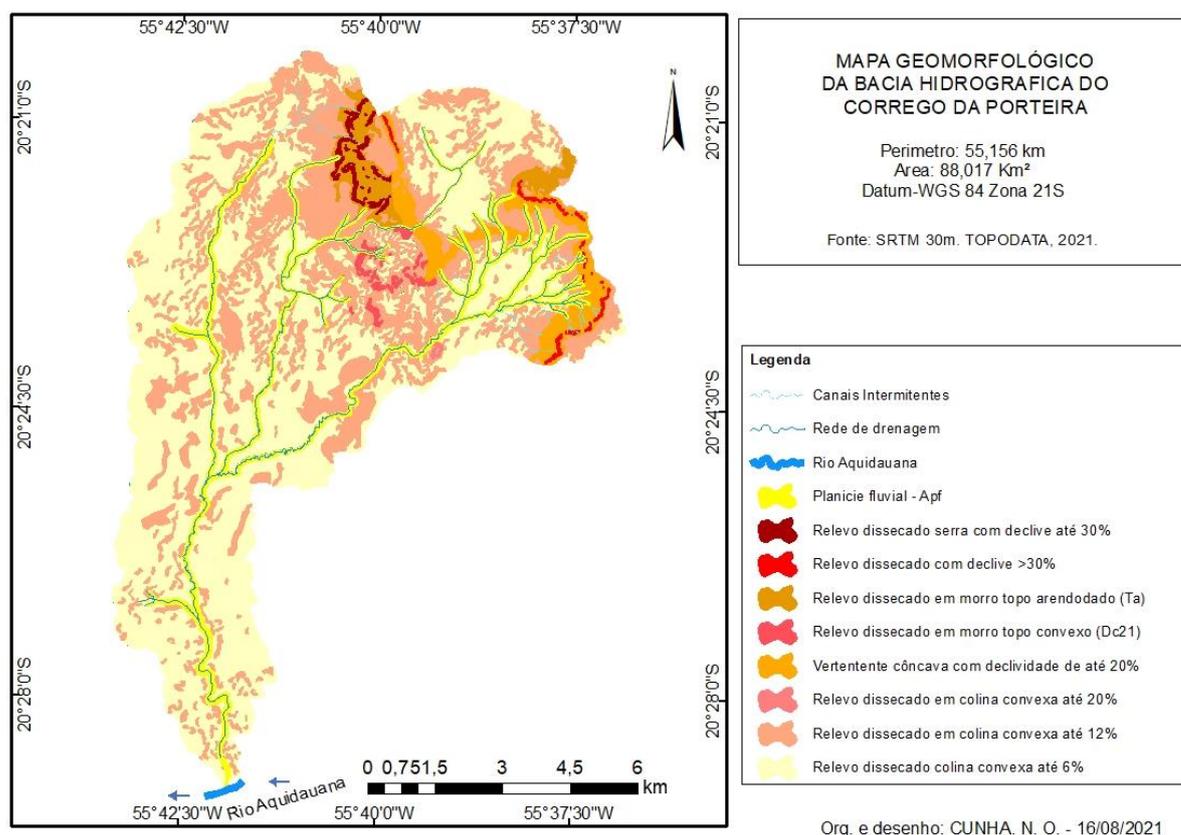


Tabela 05. Quantificação das classes de relevo da BHCP.

Relevo	Área km ²	% Área
Apf-Planície fluvial	8,29402	9,43%
Relevo dissecado serra com declive de até 30%	0,53726064856	0,61%
Relevo dissecado com		

declive >30%	0,291830465485	0,33%
Relevo dissecado em Serra Topo anguloso (Ta)	2,778043242074	3,15%
Vertentes com perfil côncavo com até 20%	3,296727398769	3,74%
Relevo Dissecado em Morrote Topo Convexo (Tc)	0,508711511963	0,57%
Relevo dissecado em colina convexa até 20%	0,048894601563	0,06%
Relevo dissecado em colina convexa até 6%	48,71690223	55,35%
Relevo dissecado em colina convexa até 12%	23,5447969	26,76%
Total	88,017187	100%

Fonte: Próprio Autor, 2021.

6.5 Declividade

A declividade de uma bacia controla em boa parte a velocidade em que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias (VILELA e MATOS, 1975 p. 17). O escoamento superficial é o responsável pelo carreamento de sedimentos das áreas mais elevadas para os pontos mais baixos o que leva a concentração de material nessas áreas principalmente nos leitos dos cursos d'água.

A partir do mapeamento de declividade Figura 16 e Tabela 06, pôde-se identificar a predominância de declividades até 6% aproximadamente 47,46% da área, ocorrendo em áreas de relevo dissecado em colinas convexas praticamente presente em toda área da bacia. E também a declividade de até 12% correspondendo 37,22% localizada em área de relevo dissecado em colinas convexas, 13,06% corresponde à declividade de até 20% localizada em áreas de relevo dissecado em colinas convexas, 1,83% com declividade de até 30% localizada em área de relevo dissecado em serras e 0,40% correspondem a áreas com declive maior que 30% localizados em área com relevo dissecado e escarpas.

Figura 16. Mapa de declividade da BHCP.

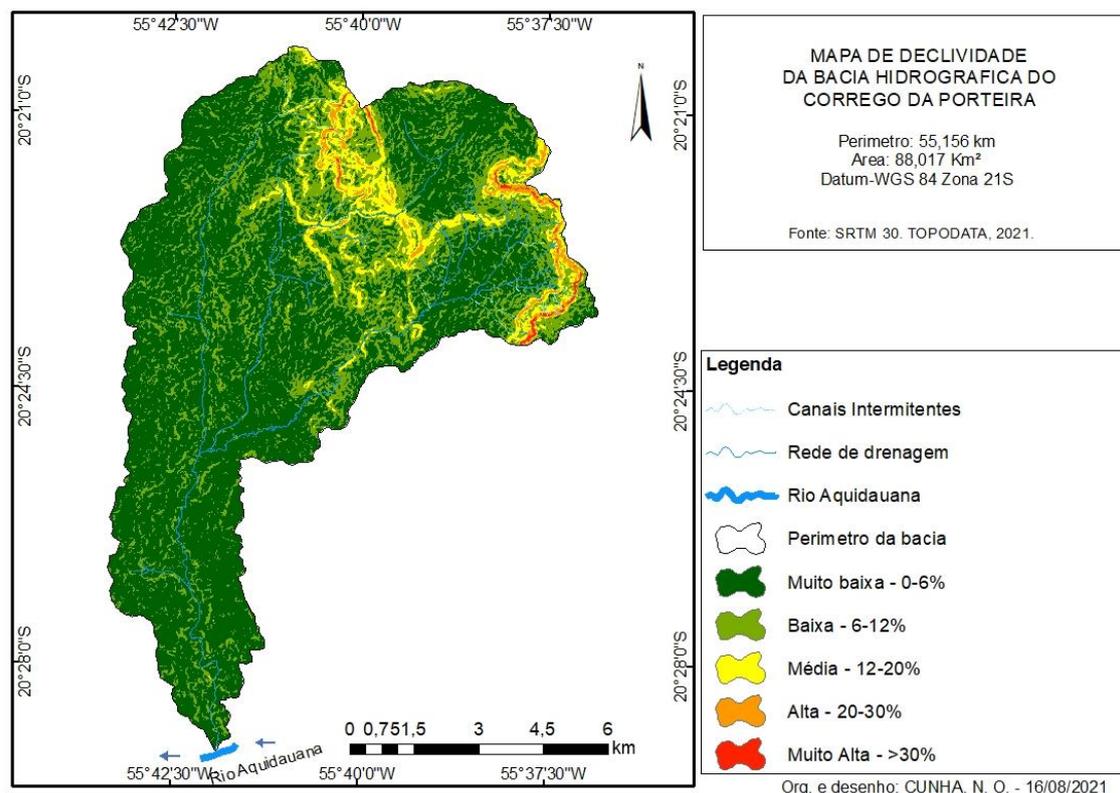


Tabela 06. Classes da declividade da bacia do córrego da Porteira.

Classes de declividade	Área Km ²	% Relativa ao Total
Muito baixa 0-6%	41,7771896535169	47,46%
Baixa 6-12%	32,74458864	37,22%
Média 12-20%	11,501825562455	13,06%
Alta 20-30%	1,637374579978	1,86
Muito alta >30%	0,356208566067	0,40%
Total	88,017187	100%

Fonte: Próprio Autor, 2021.

6.6 Direção de Fluxo

As direções de fluxo são dados essenciais para modelagem hidrológica. Estas direções permitem simular o caminho que a água e materiais transportados como sedimentos, contaminantes, nutrientes, etc., podem percorrer. Das direções de fluxo são derivadas as delimitações de bacias hidrográficas, as áreas de contribuição dos rios, a rede de drenagem, o compartimento e declividade de trechos de drenagem, os descritores de terreno, o índice topográfico, entre outros (JARDIM, 2017).

A direção de fluxo das vertentes da BHCP apresenta diversidade na direção das vertentes, fato natural em se tratando de uma bacia, mas destacam-se as vertentes orientadas para o norte (N), sul (S), oeste (O) e leste (L) e como observa-se na e Figura 17 Tabela 07.

Figura 17. Direção de Fluxo da BHCP.

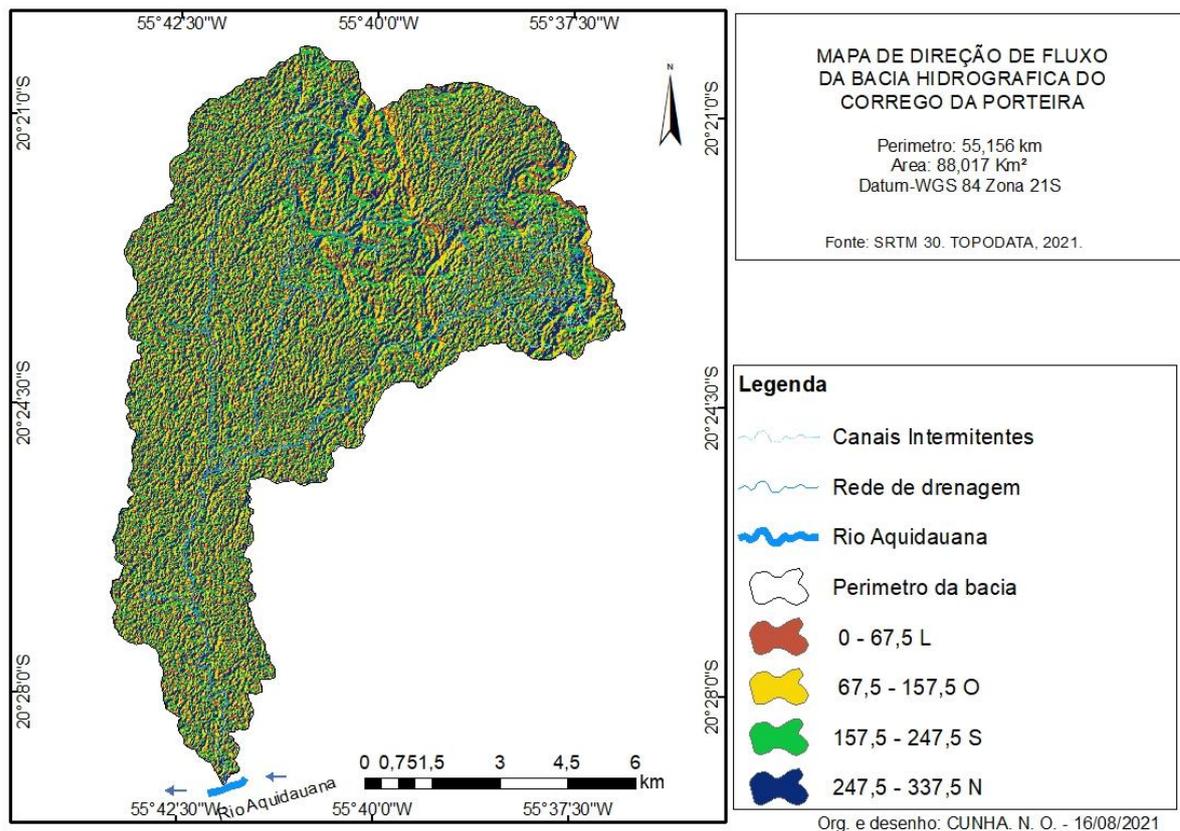


Tabela 07 Quantificação de Direção de Fluxo.

Direção	km ²	% Relativo ao Total
Norte	26,596341	30,21
Sul	23,701623	26,93
Leste	15,483664	17,6
Oeste	22,235559	25,26

Fonte: próprio Autor, 2021.

6.7 Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Córrego da Porteira

A cobertura vegetal autóctone da bacia do córrego da Porteira, segundo Brasil (1997), era composta por Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial “Mata Ciliar” (Fa), caracterizada por formação florestal ribeirinha que ocupa as acumulações fluviais quaternárias, suas características variam de acordo com a posição geográfica que ocupa a formação aluvial, apesar de as árvores caducifólias do gênero *Erythrina* demarcar tipicamente esta formação.

Savana Florestada “Cerradão” (Sd), que segundo Brasil (1997), é uma Formação com fisionomia florestal, ocorrendo em terrenos não inundáveis e clima tropical eminentemente estacional. Apresenta sinusais lenhosas de micro nanofanerófitos tortuosos, com circunferência raramente ultrapassando 1 m, com ramificação irregular, provido de macrófitos e esclerófitos perenes ou semidecíduos. As árvores apresentam-se dispostas de maneira mais ou menos ordenada, com copas irregulares podendo se tocar. A composição florística é heterogênea.

Savana Arborizada sem Floresta de Galeria (Sas) que segundo Brasil (1997), constitui-se por uma formação natural ou antropizada que se caracteriza por apresentar fisionomia nanofanerófitica (mais ou menos 5 m), de fustes finos e tortuosos, esparsamente distribuídos sobre um estrato graminoide (hemisporófito) contínuo entremeado de plantas lenhosas raquíticas e palmeiras acaulares, sujeito ao fogo anual. Essas sinúsias dominantes formam fisionomia raquítica em terrenos degradados. A composição florística possui ecótipos dominantes que caracterizam os ambientes de acordo com espaço geográfico ocupado. Ocorrem espécies como *Curatella americana* (lixeira), *Terminalia argentea* (capitão-do-campo), *Luehea peniculata* (açoita-cavalo), *Dimorfandra mollis* (faveiro-do-campo), *Annona crassifolia* (ariticum), *Stryphonodendron ssp.* (barbatimão).

Savana Florestada/Savana Arborizada (Sd+Sa) e Savana Arborizada/Savana Florestada (Sa+Sd) segundo Brasil (1997), nessas formações compostas, a formação que aparece em primeiro lugar refere-se àquela de maior predomínio da categoria.

Obteve-se como resultado dos procedimentos metodológicos o Índice Kappa e Acurácia Global dos mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 1991 e 2019, e os mapas de Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego da Porteira Aquidauana – MS, dos anos 1991 e 2019 (Figuras 18 e 19). Para a

elaboração do mapa de Uso e cobertura da Terra do ano de 1966 foi utilizado dados da Carta topográfica, Folha Aquidauana SF 21-X-A-III e não foi possível obter “Chave de Interpretação” para o ano.

Foram avaliados dois mapas de uso e cobertura da terra do ano de 1991 e 2019. Os resultados obtidos apresentaram os seguintes valores 0,7965, 0,7978. De acordo com os limiares estabelecidos por Lands e Koch (1977) os mapas foram validados como Muito Bom conforme observa-se na Tabela 08.

Tabela 08. Índice de Kappa e Acurácia Global dos Mapas Temáticos de 1991 e 2019.

Ano	1991		2019	
Classes	AP %	AU %	AP %	AU %
Pastagem	98,00	98,57	98,99	100,00
Solo Exposto	100,00	100,00	100,00	100,00
Mata	100,00	100,00	98,85	100,00
Índice Kappa	0,7965		0,7978	
Acurácia Global	97,8635%		98,9576%	

Fonte: Próprio Autor, 2021.

“A acurácia de produtor (AP) refere-se a probabilidade de um pixel de referencia ter sido corretamente classificado. E acurácia de usuário (AU) indica a probabilidade de um pixel que um pixel classificado na imagem de fato representa aquela categoria no campo.” (CATTANI et al., 2013).

A Figura 18 apresenta o mapeamento de uso e cobertura para o ano de 1966 e na Tabela 09, encontra-se a quantificação e porcentagem das classes de uso e cobertura da terra na área da bacia do córrego da Porteira no ano de 1966. A área total da BHCP no ano de 1966.

No ano de 1966 observou-se a ocorrência de três classes de uso e cobertura da terra, devido o mapa ser gerado a partir de fotos aéreas, sendo os tipos de uso e cobertura da terra classificados conforme a Carta Topográfica Folha Aquidauana SF 21-X-A-III, na escala 1:100.000, nos limites da bacia. A ocupação predominante na área da bacia era de cobertura vegetal natural (Cerrado) e suas formações compostas, com cerca de 74,708 km² correspondendo a 85% da área e 13,412 km² correspondente a culturas englobando plantações e pastagens, correspondendo a 14,36% da área.

Figura 18. Mapa de uso e cobertura da terra BHCP 1966.

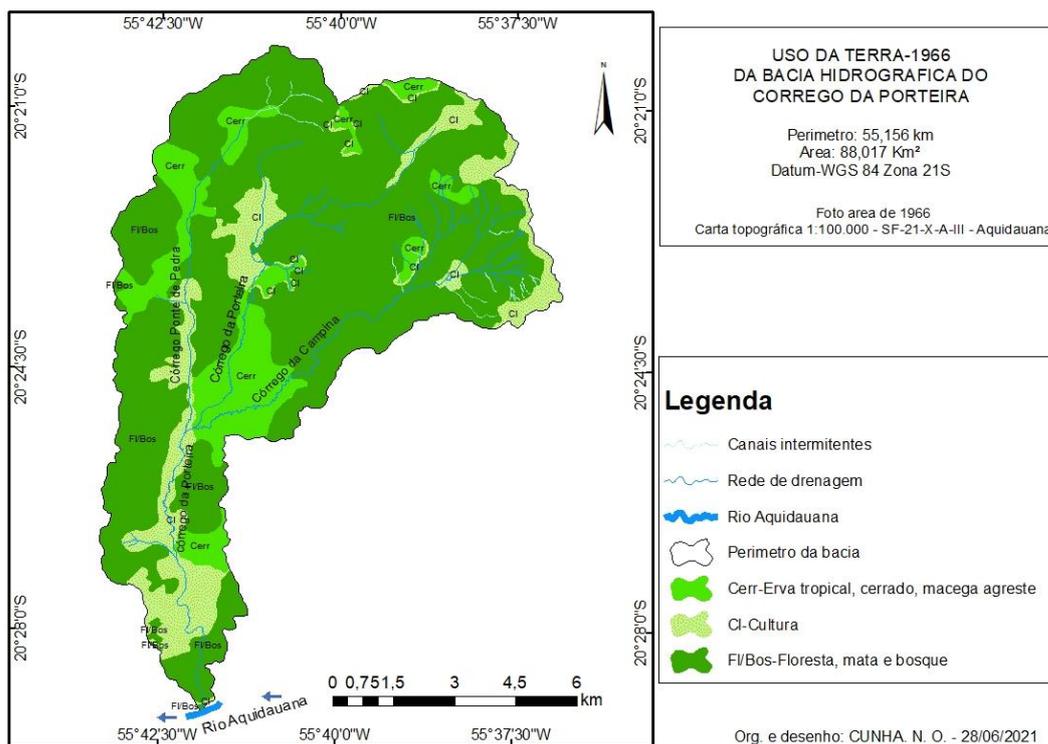


Tabela 09. Quantificação das classes de uso e cobertura da terra em 1966.

Uso da terra	Área km ²	% Relativa ao Total
FI/Bos-Floresta, mata e bosque	61,970974	70,40%
Cerr-Erva tropical, cerrado, macega agreste	12,633521	15,24%
CI-Cultura	13,412692	14,36%
Total	88,017187	100%

Fonte: Próprio Autor, 2021.

No ano de 1991 foram identificadas sete classes de uso e cobertura da terra BHCP e são elas: Fa – Floresta Aluvial (área 0,13 km² cerca de 0,15%); As + Sd – Florestada – Arborizada - Florestada (área 6,53 km² cerca de 7,43%); Sas - Savana sem Floresta de Galeria (área 0,68 km² cerca de 0,78%); Sd - Florestada (Cerradão) (área 1,02 km² cerca de 1,16%); Sd +As – Florestada – Florestada – Arborizada (área 27,40 km² cerca de 31,14%); Solo Exposto (área 3,98 km² cerca de 4,52%); Pastagem (área 48,24 km² cerca de 54,82%). O uso predominante na BHCP era de vegetação nativa com aproximadamente 74,708 km² correspondendo a 85% da área (Figura 19, Tabela 10), observa-se que após em um período de 25 anos as propriedades rurais intensificaram a supressão da vegetação nativa em detrimento das pastagens plantadas para alimentação de bovinos.

O que acarretou em perda da formação vegetal autóctone nos limites da bacia. Nesse período a bacia perdeu 45,18% de sua vegetação nativa, dando espaço para a pastagem plantada e exótica, aproximadamente de 48,247 km² correspondendo a 54,82% da área, no ano de 1991, o que acarretou em grande perda de vegetação e espécies nativas do cerrado. Em consequência dessa substituição 3,983 km² foram identificadas como solo exposto o que corresponde a 4,53% da área total.

Figura 19. Mapa de uso e cobertura da terra BHCP em 1991.

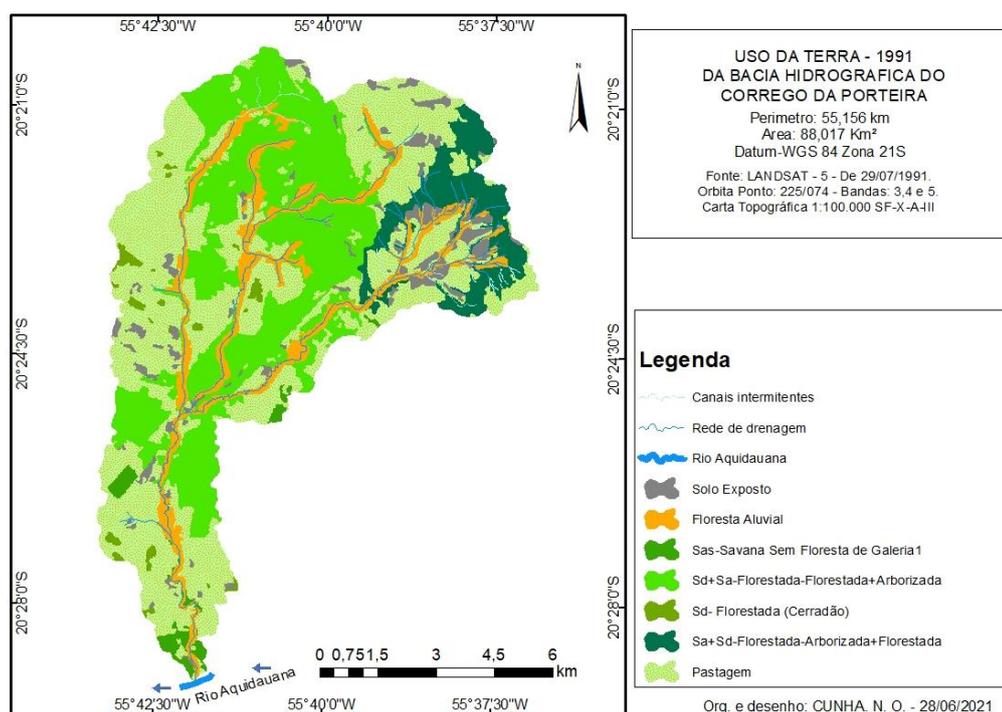


Tabela 10. Quantificação das classes de uso e cobertura da terra em 1991.

Uso da terra	Área km ²	% Relativa ao Total
Pastagem	48,24723502	54,82%
Fa-Floresta Aluvial	0,134590260891	0,15%
Sa+Sd-Florestada-Arborizada-Florestada	6,534529001	7,43%
Sas-Savana sem Floresta de Galeria	0,687727923	0,78%
Sd-Florestada (Cerradão)	1,029122891	1,16%
Sd+Sa-Florestada-Florestada-Arborizada	27,400774	31,14%
Solo Exposto	3,983207906	4,52%
Total	88,017187	100

Fonte: Próprio Autor, 2021.

No ano de 2019 foram identificadas seis classes de uso e cobertura da terra nos limites da BHCP, sendo predominante a pastagem (área 55,32 km² correspondendo a 63,9%). Estas pastagens têm certa porção de pasto sujo com formações de capoeiras. Houve um enorme avanço sobre a vegetação natural restando apenas mosaicos (manchas) da vegetação original (Figura 20 e Tabela 11), Fa – Floresta Aluvial (área 11,56 km² cerca de 13,14%); Sas – Savana sem Floresta de Galeria (área 0,54 km² cerca de 0,63%); As + Sd – Floresta – arborizada – florestada (área 6,89 km² cerca de 7,84%); Sd - Cerradão (área 1,06 km² cerca de 1,2%); Sd + Sas – Florestada – Florestada – Arborizada (área 10,32 km² cerca de 11,19%); Solo Exposto (área 2,29 km² cerca de 2,6%) o que corresponde a 36,6% de vegetação natural cerrado e suas formações compostas, demonstrando o avanço das pastagens até sobre áreas de vertentes inclinadas e de proteção permanente, o que pode estar associado ao assoreamento do córrego da Porteira, tendo em vista que a área tem processos erosivos acelerados devido ao mau uso da terra.

Figura 20. Mapa de uso e cobertura da terra BHCP em 2019.

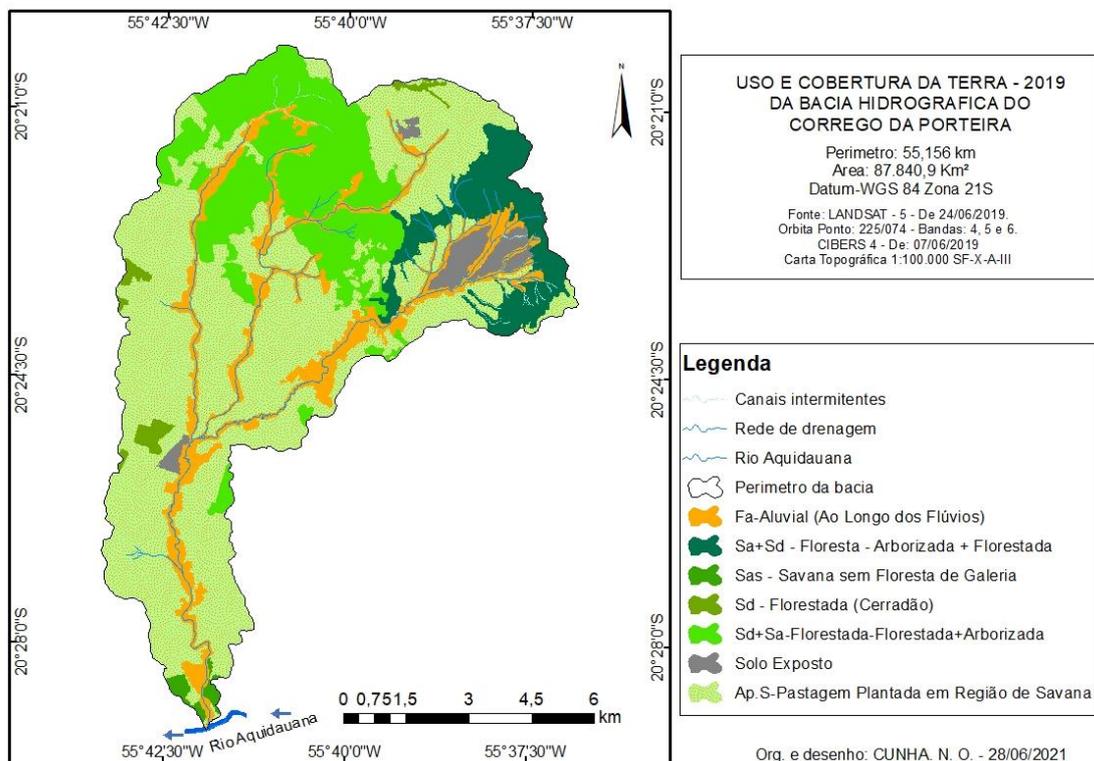


Tabela 11. Quantificação das classes de uso e cobertura da terra em 2019.

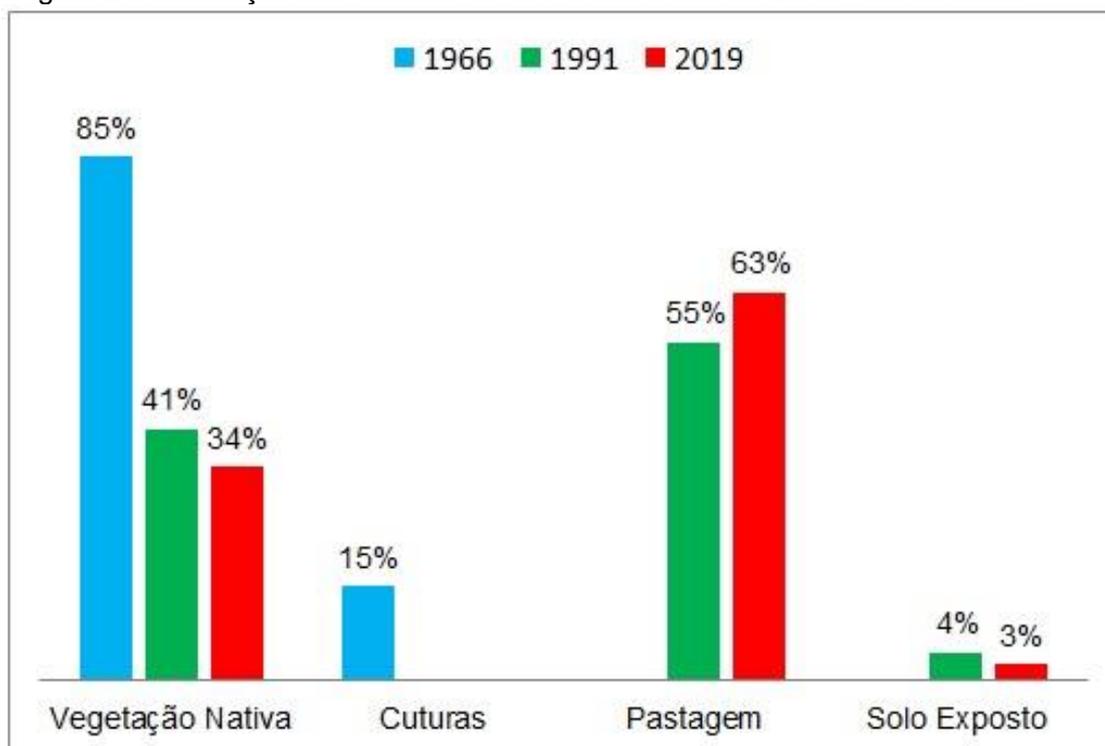
Uso da terra	Área Km²	% Relativa ao Total
Ap.S-Pastagem	55,32635421	63,90%
Fa-Floresta aluvial	11,5658	13,14%
Sas-Savana sem floresta de galeria	0,547818	0,63%
Sa+Sd-Floresta-arborizada-florestada	6,89798	7,84%
Sd-Cerradão	1,064689536	1,2%
Sd+As-Florestada-florestada-arborizada	10,32298125	11,19%
Solo Exposto	2,291564	2,60%
Total	88,017187	100

Fonte: Próprio Autor, 2021.

Como observou-se em um período de 53 anos, o uso e cobertura da terra na BHCP passou por grandes transformações principalmente em relação à vegetação nativa. Em 1966 a classe vegetação nativa na área era constituída aproximadamente de 74.000 km², cerca de 85%. Em 1991 essa área foi reduzida para aproximadamente 36.000 km², cerca de 38,62%, e em 2019, a vegetação foi suprimida ainda mais e houve redução para aproximadamente 30,399 km², cerca de 34% da área total ou seja no período de 53 anos houve a redução de 51% da cobertura vegetal autóctone em detrimento de pastagem exótica plantada.

Em relação à pastagem, no ano de 1966, classificou-se como cultura envolvendo pastagem e plantações que existiam na época, conforme a carta SF-X-A-III. Esta classe ocupava aproximadamente 13,412 km², cerca de 15% da BHCP. Figura 21. No ano de 1991, a pastagem já ocupava aproximadamente 48,247 km² da área cerca de 55%, e em 2019 houve o aumento para aproximadamente 55,326 km², cerca de 63%. No ano de 1991 a classe solo exposto apareceu aproximadamente em uma área de 3,983 km², cerca de 4% e em 2019, com aproximadamente 291 km², cerca de 3% da BHCP, o que caracterizou enorme mudança na paisagem, perca de espécies endêmicas de abrigo da fauna local, o que gerou sério impacto negativo ao meio natural.

Figura 21. Mudanças nas Classes de uso e Cobertura na BHCP em 53 anos.



Fonte. Próprio autor, 2021.

6.8 Avaliação dos Índices de Fragilidade Potencial, Emergente e Ambiental da BHCP ao longo dos anos 1966, 1991 e 2019

A fragilidade ambiental empírica do meio que permite averiguar as fragilidades das localidades de forma integrada, compatibilizando as características naturais de seu estrato geográfico com suas restrições (ROSS, 1994).

A análise dos índices de fragilidade considerando as características físicas (topográfica, declividade, formas das vertentes, pedológicas e uso e cobertura da terra), o que possibilitou na compreensão dos fenômenos naturais e antrópicos na área de estudo.

No que se refere à fragilidade potencial, que caracteriza-se pela fragilidade natural, nas áreas de menor declividade de 0 a 6% foram identificadas as categorias baixa em 23,864 km², ocupando aproximadamente 27,12% e média em 38,988 km², cerca de 44,29%, alta em 16,893 km², cerca de 19,19%, nas áreas com declividade entre 12 a 20% identificou-se as categorias alta com aproximadamente 16,893 km² cerca de 19,19% e muito alta em 8,223 km² cerca de 9,34%, localizadas nas áreas onde o tipo de solo é constituído por Neossolo Litólico, o que reforça a importância

das ações tocantes ao planejamento ambiental da área conforme pode-se observar na Figura 22 e Tabela 12.

Figura 22. Mapa de fragilidade potencial.

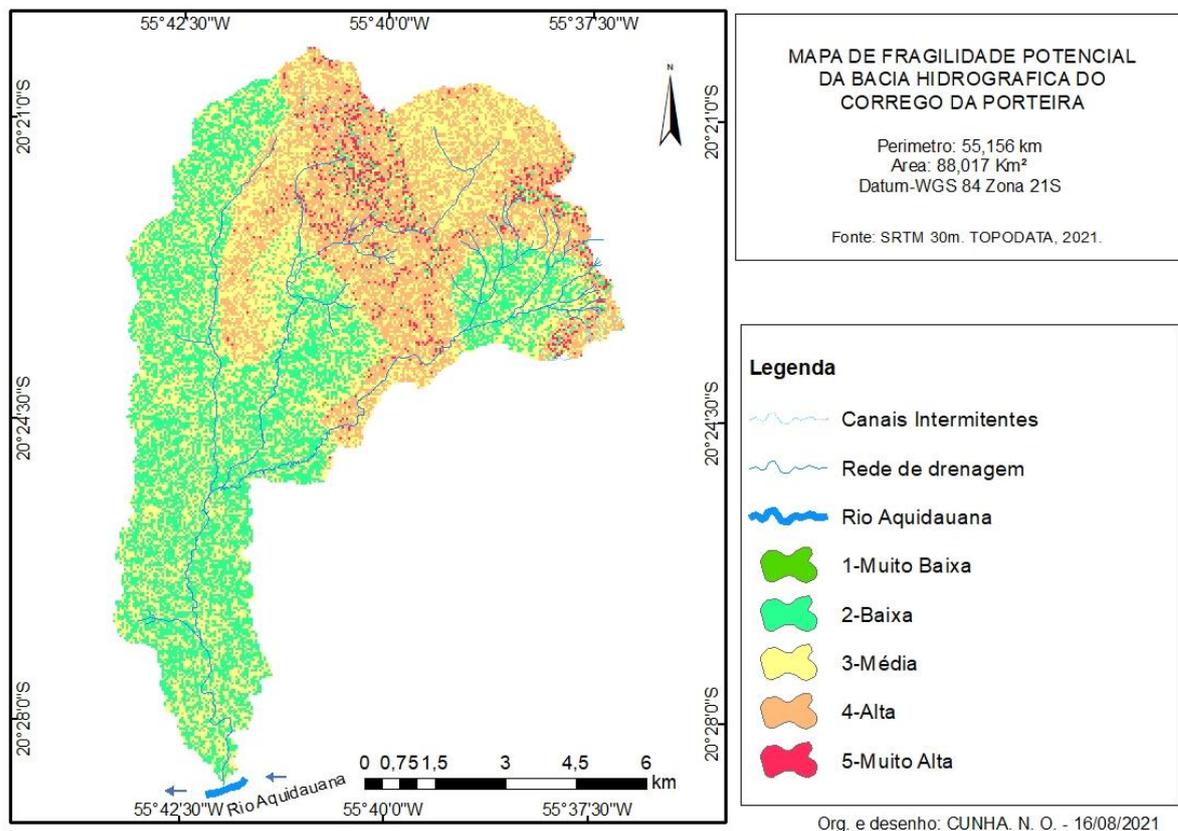


Tabela 12. Soma da área dos polígonos da fragilidade potencial.

Grau de Fragilidade Potencial	Área km ²	% Relativa ao Total
1-Muito Baixa	0,046312	0,06
2-Baixa	23,864793	27,12
3-Média	38,98890767	44,29
4-Alta	16,89378167	19,19
5-Muito Alta	8,223391667	9,34
Total	88,017187	100

Fonte: Próprio Autor, 2021.

A fragilidade emergente ou ambiental que evidencia a relação das condições naturais com as informações relacionadas ao uso e cobertura da terra considera os graus de proteção da terra pela vegetação natural quanto aos possíveis impactos causados pelos diferentes tipos de uso da terra.

Os resultados da fragilidade ambiental para o ano de 1966 destacaram os graus muito baixa com aproximadamente 55,562 km² da BHCP, cerca de 63,13% e fraca com aproximadamente 17,559 km² da área com cerca de 19,94% da BHCP, comprovando que os fatores declividade e cobertura da terra influenciam no aumento no potencial de fragilidade ambiental de áreas naturais e antrópicas. As classes média, alta e muito alta totalizam aproximadamente 14,895 km² a área da BHCP, cerca de 16,93% da área ocorrendo nas áreas de declive entre 12 a >30%, como observa-se na Figura 24 e Tabela 13.

Figura 23. Mapa de Fragilidade Ambiental da BHCP em 1966.

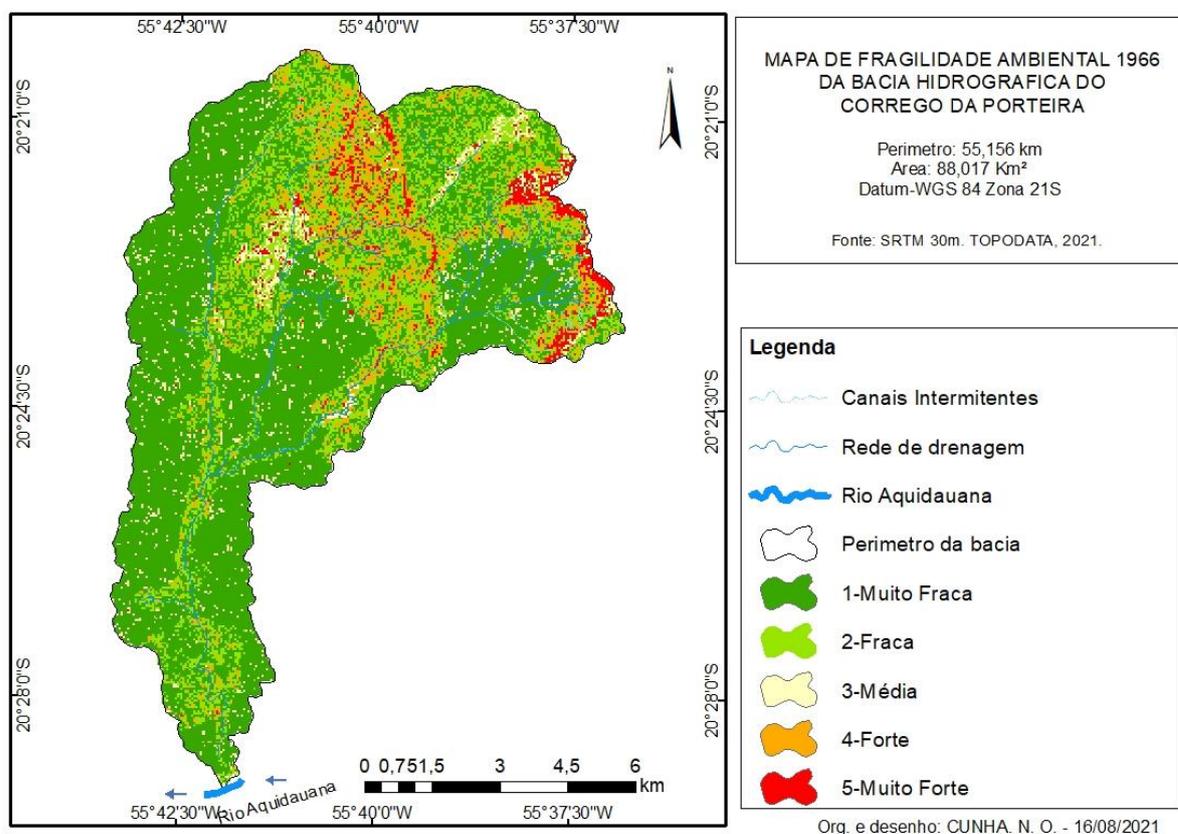


Tabela 13. Área ocupada por classes de fragilidade ambiental da BHCP em 1966.

Grau de Fragilidade Ambiental	Área km ²	% Relativa ao Total
1-Muito Fraca	55,562546414676	63,13
2-Fraca	17,5592357	19,94
3-Média	3,81096921393699	4,33
4-Alta	7,895291736151	8,97
5-Muito Alta	3,18915606570699	3,63
Total	88,017187	100

Fonte: O próprio autor, 2021.

A fragilidade ambiental da BHCP no ano de 1991 revelou que predominaram os níveis de fragilidade muito fraca com aproximadamente 41,709 km² da BHCP cerca de 47,38% da área e baixa com aproximadamente 32,528 km², cerca de 36,95% nas área onde a declividade variam entre 0 a 6%. A classe média ocorreu em aproximadamente 10,015km² da área, cerca de 11,37% da BHCP, concentrando-se no alto curso da bacia onde ocorrem os maiores índices de declividade. A classe alta foi identificada em aproximadamente 1,674 km², cerca de 1,92% da área e a classe muito alta com aproximadamente 2,088 km², com cerca de 2,38% da BHCP, como pode-se observar nas Figura 25 e Tabela 14.

Figura 24. Mapa de Fragilidade Ambiental da BHCP em 1991.

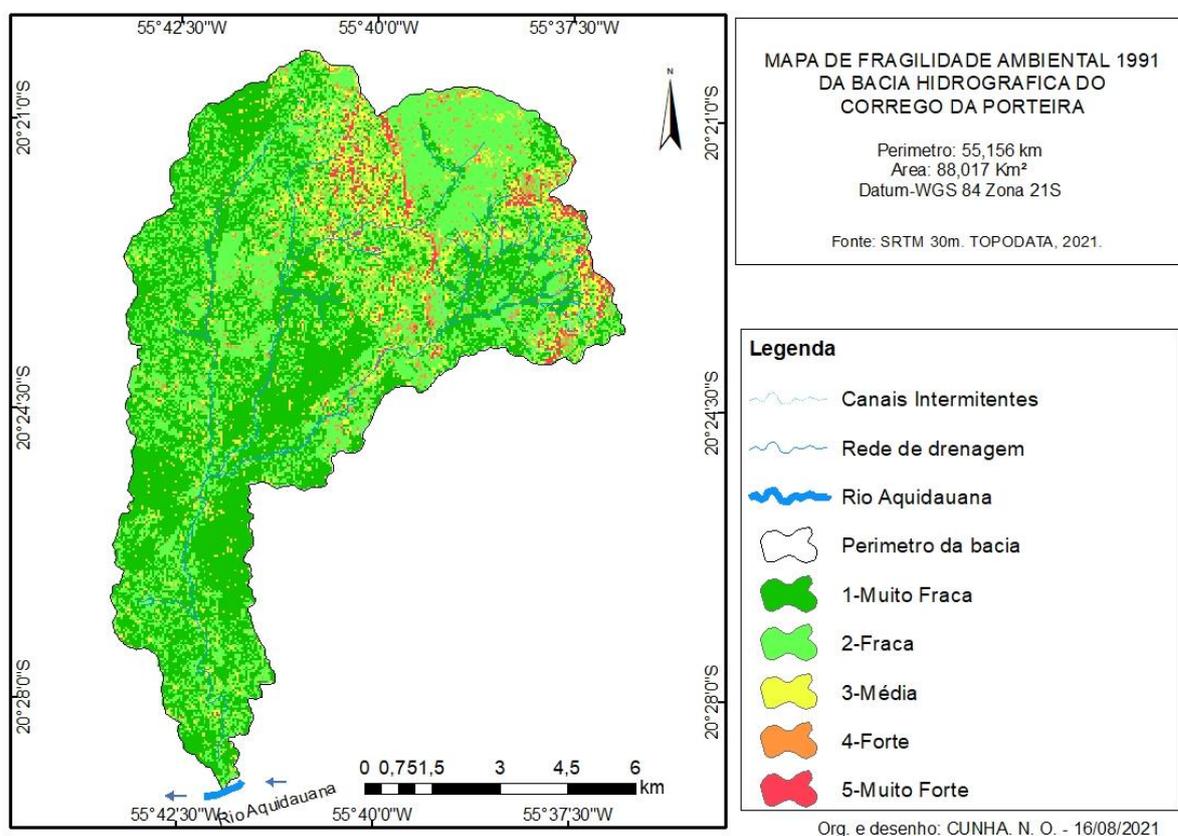


Tabela 14. Área ocupada por classe de fragilidade ambiental da BHCP em 1991.

Grau de Fragilidade Ambiental	Área Km ²	% Relativa ao Total
1-Muito Fraca	41,70941824	47,38
2-Fraca	32,5283592662949	36,95
3-Média	10,01580348	11,37
4-Alta	1,674622532583	1,92
5-Muito Alta	2,088983484911	2,38
Total	88,017187	100

Fonte: O próprio Autor, 2021.

Os índices de fragilidade ambiental para o ano de 2019 tiveram destaque para os graus fraca com aproximadamente 52,368 km² cerca de 59,49% e média com aproximadamente 21,728 km² cerca de 24,69%, seguidos de muito fraca com aproximadamente 10,384 km² cerca de 11,80% concentrando-se nas áreas de vegetação riparia, alta com aproximadamente 3,120 km² cerca de 3,55% e muita alta com 0,416 km² cerca de 0,47% da área concentrando-se nas áreas com declividade >30% como pode-se observar na Figura 26 Tabela 15.

Figura 25. Mapa de fragilidade Ambiental da BHCP em 2019.

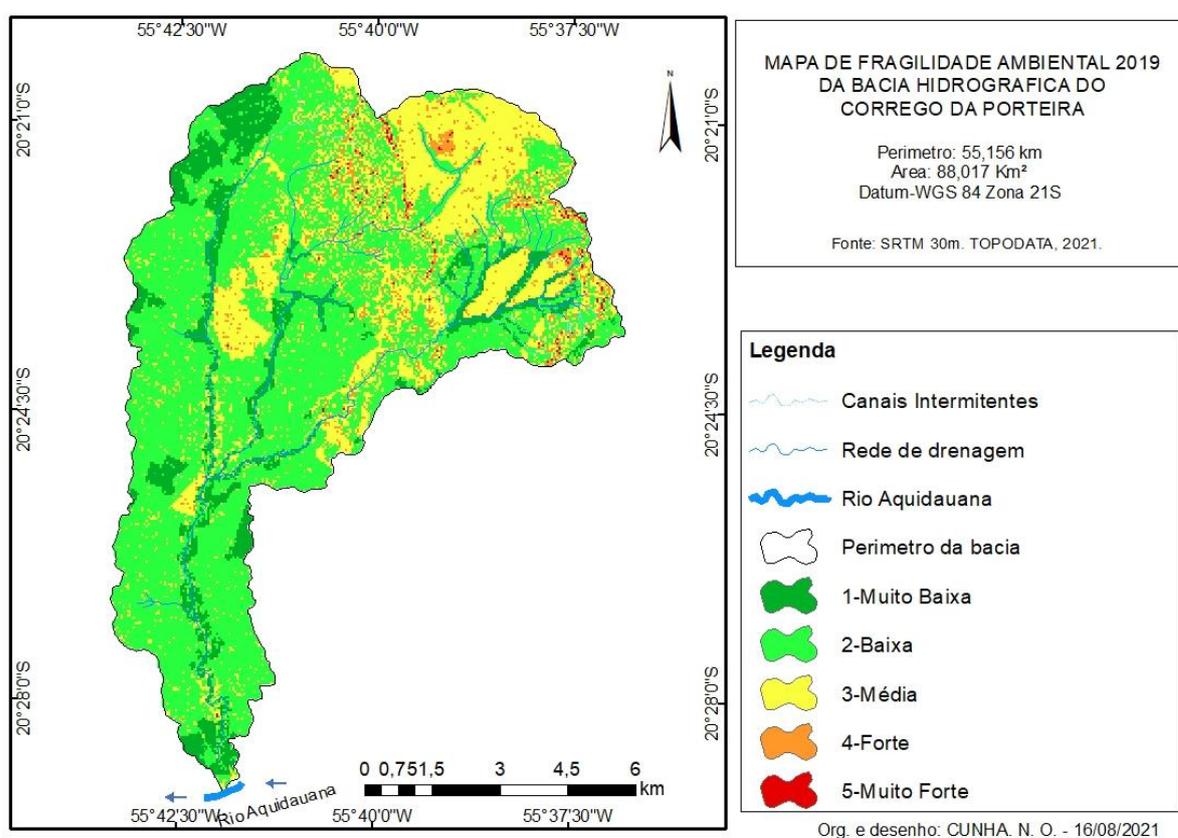


Tabela 15. Área ocupada por classe de fragilidade ambiental da BHCP em 2019.

Grau de Fragilidade Ambiental	Área Km ²	% Relativa ao Total
1-Muito Fraca	10,38445208	11,80
2-Fraca	52,368044717562	59,49
3-Média	21,7286626633759	24,69
4-Alta	3,12001144481099	3,55
5-Muito Alta	0,416016096697	0,47
Total	88,017187	100

Fonte: O próprio Autor, 2021.

BHCP está situada em uma área que possui altitudes entre 152 a 673 metros, possui maior parte de sua área composta por Argissolo Vermelho Distrófico 55,86% e Neossolo Háplico 41,77%, que segundo Oliveira *et al.*, (1999) possuem fragilidade muito forte e o uso e cobertura da terra conforme o passar dos anos entre 1966 a 2019 a cobertura vegetal natural da terra que é considerada forte como grau de proteção, acabou sendo substituída por gramíneas exóticas pra alimentação de bovinos.

A geomorfologia da área foi classificada em grande parte da bacia como relevo dissecado em colinas convexas totalizando 82,11% da BHCP, alternando entre 6 a 12% de declividade, sendo que esses intervalo de declividade é predominante em grande parte da área, com cerca de 84,68% classificadas como muito baixa e baixa. Todas essas características estão assentadas sobre rochas do Permo-Carbonífero do grupo Itararé, Formação Aquidauana composta, por rochas areníticas em uma complexa rede de direção de fluxo, sendo predominantes as direções norte 22,58%, sudeste 15,69%, noroeste 15,32%, leste 11,31% e sul 11,24%.

Os resultados dos mapas de fragilidade demonstraram que apesar da fragilidade potencial da bacia terem se destacado as classes média 44,29% e baixa 27,12%, e os mapas de fragilidade ambiental do ano de 1966 destacaram as classes muito baixa 63,13% e baixa 19,94%, assim como aconteceu para o ano de 1991, onde destacaram-se as classes muito baixa 47,38% e baixa 36,95%. No ano de 2019 houve pequena mudança nas classes onde se destacaram as classes de baixa (área de 59,49%) e média fragilidade ambiental (área de 24,69%) essa mudança foi determinada pelo aumento da supressão da vegetação natural, principalmente no alto curso da bacia onde há maior declividade e o tipo de solo (Neossolo Háplico) que é classificado com fragilidade muito alta.

Independentemente das classes predominantes de fragilidade para os anos analisados, o córrego da Porteira está passando por um processo de assoreamento célere, e o que ficou evidente durante as expedições a campo foi que o tributário Ponte de Pedra possui leito rochoso e em seu exutório suas águas não possuem competência para carrear sedimentos até o canal tronco. O córrego da Porteira também possui leito rochoso (Figura 27) até próximo ao exutório do córrego da Campina. Durante os trabalhos de campo pode-se perceber que o córrego da Campina vem passando por um processo de alargamento de sua calha que durante

os períodos de chuvas sofre com erosão mecânica (solapamento da parte inferior das margens) que estão recuando.

Figura 26. A) Leito de rocha do córrego Ponte de Pedra, B) córrego da Porteira.



Fonte. Próprio Autor, 2020.

Principalmente pela falta de mata ciliar ao longo das margens do córrego que em alguns pontos a pastagem chega até sua margem como observa-se na Figura 27. Onde pôde-se notar a cerca da divisa das propriedades sendo engolida pelo alargamento do canal do córrego da Campina.

Figura 27. A, e B) Recuo da margem do córrego da Campina; C) vista de baixo; D) vista de cima; E) cerca derrubada pelo recuo da margem.



Fonte: Próprio Autor, 2020.

O córrego da Campina é o principal responsável pelo assoreamento da calha do córrego da Porteira, tendo em vista que somente a partir do exutório do mesmo é que o córrego da porteira passa a receber maior quantidade de sedimentos em sua calha. Todo esse processo de alargamento do canal é resultado da supressão da vegetação nativa e por falta de práticas conservacionista no manejo do solo da área. Esses resultados denotam que a substituição da vegetação autóctone em detrimento de gramíneas para alimentação de bovinos nesses locais sem os estudos adequados podem levar a impactos irreversíveis do meio e principalmente a perda desses mananciais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do córrego da Porteira durante 53 anos, ou seja, de 1966 a 2019 passou por grandes intervenções em seu meio natural, e essas intervenções tiveram fortes impactos e seu estado atual é decorrência principalmente dessas intervenções antrópicas.

A bacia do córrego da Porteira apresenta fragilidade potencial predominantemente média. Em contrapartida os mapas de fragilidade ambiental dos anos de 1966 e 1991 indicaram predominância da classe muito baixa e aumento de um nível hierárquico em 2019 para o predomínio da classe baixa, o que requer atenção para que esta situação se mantenha ou ainda regreda para a classe de fragilidade muito baixa. Constatou-se de modo, que embora a fragilidade potencial tenha indicada nível médio predominantemente de fragilidade, o uso da terra foi preponderante em 1966 e 1991 para reduzir significativamente a instabilidade ambiental na área. Contudo, em 2019 registrou-se que o uso da terra promoveu reduções nos graus de proteção da terra e elevação do nível de fragilidade ambiental, colocando em alerta as políticas públicas de proteção ambiental na área.

Evidenciou-se por meio da análise multitemporal da fragilidade ambiental um avanço de processos morfogenéticos em detrimento da diminuição de processos ligados à dinâmica pedogenética, o que indica a redução da estabilidade ambiental ao longo dos últimos 53 anos.

Ainda que as classes de fragilidade foram baixas, a passagem de classes predominantemente muito baixas para baixa tem se traduzido em processo de assoreamento contínuo do processo de assoreamento do córrego da Porteira, o que leva a complementar que a área está em desequilíbrio ambiental e que os principais fatores que colaboraram para esses processos e fenômenos que estão instalados dentro dos limites da bacia, foram: supressão da vegetação autóctone; inexistência de manejo conservacionista dos solos; ausência de técnicas no manejo da área; carência de planejamento para uso e ocupação da área entre outros fatores.

Há de se salientar também a necessidade de maior atenção aos processos de alargamento das margens do tributário córrego da campina maior provedor de sedimentos da bacia, devido estar em desequilíbrio ambiental e por falta de vegetação ripária ao longo de suas margens. É importante intensificar os estudos

sobre os fenômenos que vêm ocorrendo na calha deste curso d'água e recuperar boa parte de suas matas ciliares.

Nesse sentido é de vital importância respeitar a ordenação do uso dos recursos naturais que ainda restam e utilizar esses recursos de forma racional para a preservação desse bem comum.

REFERÊNCIAS

ABRÃO, C. M. R.; ALBUQUERQUE, M. B. I. P.; SILVA, L. J.; BACANI, V. M. **Análise da Fragilidade Potencial e Ambiental da Bacia do Córrego da Porteira Aquidauana/MS**. In: SEABRA, G. Educação Ambiental e Biogeografia. Disponível em: <<http://www.cbhlitoral.com.br/wp-content/uploads/2016/04/III-CNEA-e-V-ENBioVOL-1final-13.11.13.pdf>>. Acesso em Mar./2019.

AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; NORTON, L. D.; BESKOW, S.; MARTINS, S. G. **Distribuição Espacial do Risco de erosão Hídrica em uma Bacia Hidrográfica com Eucalipto e Mata Atlântica**. Ciênc. Agrotec. Vol. 37 n. 5 Lavras Sep/Oct. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542013000500006&lng=en&tlng=en>. Acesso em Ago./2020.

BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUÉNOL, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Aplicados a Avaliação da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica**. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119-135, mai./ago. 2015. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1651/591>>. Acesso em: Ago./2020.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. **Educação Para a Água**. Estudos avançados 22 (63), 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142008000200014&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: Dez./2019.

BARROS, L. G. M. O Uso dos Sistemas na Geografia – Esboço Metodológico. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V. 1, N.4, p. 59 – 68, 2012. <<https://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1806>>. Acesso em: Jul./2020.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria dos Sistemas Abertos em Física e Biologia**. SCIENCE Vol. 111. 1950. <http://vhpark.hyperbody.nl/images/a/aa/Bertalanffy-The_Theory_of_Open_Systems_in_Physics_and_Biology.pdf>. Acesso em: Jul./2020.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico**. R. RA'E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/3389/2718>>. Acesso em: Jul./2020.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMRAPA). Solo: Substrato da Vida. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www2.uefs.br/geotropicos/solo_substrato_da_vida_22917.pdf>. Acesso em: Ago./2021.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Levantamento Detalhado dos Solos: Área Experimental 1 - Petrobras/SIX São Mateus do Sul-PR, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44121/1/documento-314.pdf>>. Acesso em: Ago./2021.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília-DF, 2018. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:OPZGf7qObDEJ:https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: Ag./2021.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Mapa Geológico do estado de Mato grosso do Sul. Escala 1;1.000.000**. 2006 Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/10217/2/mapa_ms.pdf>. Acesso em Ago. 2020.

BRITO, J. L. S. **Elaboração de Mapa de Uso da Terra Recomendado da Bacia do Ribeirão Bom Jardim, Triângulo Mineiro – MG, Utilizando SIG**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1749 – 1754. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/archive.cgi/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.14.39>>. Acesso em: Jul./2020.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE São José dos Campos, 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: Ago/2019.

CÂMARA, G; DAVIS, C. **Introdução: Por que Geoprocessamento**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; INPE, São José dos Campos, SP, 2001.

CAMPARA, M. J. V. **Sistemas de Geoprocessamento Como Ferramenta de Apoio a Tomada de Decisões: Uma Avaliação sobre o Sistema “SUS FALA” no Município de Timóteo**. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/nelso_6j8fq9l/Downloads/1481-2475-1-PB.pdf>. Acesso em Ago./2020.

CAMPOS, S.; ARAÚJO JUNIOR, A. A.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; PIROLI, E. L. **Sensoriamento remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Uso da Terra em microbacias Hidrográficas, Botucatu – SP**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.2, p.431-435, maio/ago. 2004. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/330262305>>. Acesso em: Ago./2020.

CAPPI, N.; CARVALHO, E. M.; PINTO, A. L. **Influência do uso e ocupação do solo nas características químicas e biológicas das águas de poços na bacia do córrego Fundo, Aquidauana, MS**. Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.38-46. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.11.13.29/doc/p29.pdf>>. Acesso em: Set./2020.

CARVALHO, E. M.; PEREIRA, E, A. A. S.; LEITE, E. F.; SILVA, J. L. C. **Análise Preliminar a Suscetibilidade a Erosão Laminar na Bacia do Córrego da Porteira, Aquidauana/MS**. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Campinas – SP, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/323436529_Analise_preliminar_da_suscetibilidade_e_a_erosao_laminar_na_bacia_do_Corrego_da_Porteira_AquidauanaMS>. Acesso em Ago./2020.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. **Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Disponível em: <<https://www.scienciaplana.org.br/sp/article/view/623>>. Acesso em: Jan./2020.

CATTANI, C. E. V.; MERCANTI, E.; SOUA, C. H. W.; WRUBLACK, S. C. **Desempenho de Algoritmo de Classificação Supervisionada para Imagens do Satélite RapidEye.** In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Foz do Iguaçu, p. 8005-8010. 2013. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:dLVtqEt79mcJ:marte2.sid.inpe.br/attachment.cgi/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.04.56/doc/p0864.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: Ago./2021.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDES FIHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-econômico e ao Ordenamento Territorial.** INPE-8454-RPQ/722. São José dos Campos, 2001. Disponível em: <<http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>>. Acesso em: Ago./2021.

CRISTOFOLETTI, A. **A Aplicação da Abordagem em Sistemas na Geografia Física.** R. bras. Geogr., Rio de Janeiro, 52 (2): 21-35, abr./jun. 1990. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1990_v52_n2.pdf>. Acesso em Jul./2020.

CUNHA, E. R.; BACANI, V. M. **Sensoriamento remoto e SIG aplicados ao mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do córrego Indaiá.** Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 630-646 mês. 2016. ISSN 2179-0892. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/107612>>. Acesso em Jun./2020.

CUNHA, N. O.; NASCIMENTO, M. M.; FACINCANI, E. M.; LOPES, E. **Caracterização Geológica e Geomorfológica da Bacia do Córrego da Porteira da Bacia do Córrego da Porteira Aquidauana – MS.** No Prelo In: 50º Congresso Brasileiro de Geologia 2021.

DERMACHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. **Análise Temporal do Uso do Solo e Comparação entre os Índices de Vegetação NDVI e SAVI no Município de Santa cruz do Rio Pardo – SP usando Imagens Landsat – 5.** RA´EGA 21 (2011), p. 234-271 Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/17416/14028>>. Acesso em: Ago./2020.

DERMACHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. **Estimativa de Perda de Solos por erosão Laminar e Linear na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Perobas (SP), nos anos 1962 a 2011.** R. Ra'e Ga DOI: 10.5380/raega Curitiba, v.46, p. 110 - 131, Abr/2019 eISSN: 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/56746/37858>>. Acesso em: Ago./2020.

DIAS, J.; SANTOS, L. **A Paisagem e o Geossistema como Possibilidade de Leitura da Expressão do Espaço Socioambiental Rural.** Confins Revista Franco-

Brasileira de Geografia. n. 1, 2º semestre, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4000/confins.10>>. Acesso em: Ago./2020.

ESPINDULA, N. L. **Influencia do Uso e Cobertura da Terra na Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Bubu, Município de Cariacica – ES. Vitória – ES, 2012.** Disponível em <<http://www.geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/NEIVA.pdf>>. Acesso em: Jun./2020.

FERNÁNDES, A. R. **Diccionario de la naturaleza : hombre, ecología, paisaje.** Madrid : Espasa-Calpe, 1987.

FILHO, M. C. A.; MENESES, P. R.; SANO, E. I. **Sistema de Classificação de Uso e Cobertura da Terra com base nas Imagens de Satélite.** Revista Brasileira de Cartografia No 59/02, Agosto 2007. (ISSN 1808-0936). Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44902/23912>>. Acesso em: Jul./2020.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** 3º. Ed. Ampl. E atual. – São Paulo: Oficina de textos, 2011. Reimpressão, 2013.

GOMES, S. C. **Diagnóstico Ambiental do Meio Físico da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão – PE.** Universidade Federal de Pernambuco, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/6554/1/arquivo6827_1.pdf>. Acesso em: Jun./2020.

GRISA, K. T.; ROCHA, A. S.; BADE, M. R.; CUNHA, J, E. **Mapeamento da Fragilidade Potencial: Estudo de caso do alto curso da bacia hidrográfica do rio Cotegipe - PR.** Geografia em Questão V. 08, n. 01, 2015. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/10876/8382>>. Acesso em: Ago./2020.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico.** Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

GUERRA, J. A. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C O.; ALEXANDRE, S. T. **Erosão e Conservação de Solos no Brasil.** Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 37 - 1 / 2014 p. 81-91. Disponível em: <http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2014_1/2014_1_81_91.pdf>. Acesso em Ago./2020.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. M.; LUSTOSA, J. P. G. **Revisitando a Teoria Geossitêmica de Bertrand no Século XXI: Aportes para o GTP.** Revista Geografia em Questão. V 05 – N. 02, 2012. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/5454/5158>>. Acesso em: Jul./2020.

GUIMARÃES, V. SIMÃO, P. M.; MORENO, L. A.; BELLO, V, D'A. **Questões ambientais em sub-bacias hidrográficas no município de Aquidauana: subsídios à tomada de decisões**. Anais do XIII Fórum Ambiental da Alta Paulista. Disponível em: <https://www.eventoanap.org.br/eventos/paginas/evento/8/pagina/versubmissao/apresentador/2955>>. Acesso em: Set./2019.

IBGE. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv780.pdf>>. Acesso em: Mar./2020.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>>. Acesso em: Ago./2020.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em Jun./2020.

IORIATTI, M. C. S.; AIELLO, L. A.; RIGOLIN, O.; BONANDO, P. A.; MORAIS, M. L.; CAPUCCI, S.; LABELLA, M.; OLIVEIRA, J. C.; SHIEL, D.; TUNDISE, J. G. **A utilização do conceito de bacia hidrográfica como base para a atualização de professores em ciências e geografia**. Anais. São Carlos: EESC-USP, 1987. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001823346>>. Acesso em: Jul./2020.

JARDIM, A. C. **Direção de Fluxos em Modelos Digitais de Elevação: Um Método com Foco na qualidade de Estimativa e Processamento de Grande Volume de Dados**. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/05.17.13.26/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em Ago./2021.

KUOK, K. K. K.; DAH, M. Y. S.; CHIU, P. C. **Avaliação dos Fatores C e P na Equação Universal de Perda de Solo em Sedimento de Armadilha: Estudo de Caso do Rio Santubong**. Journal of Water Resource and Protection Vol.5 No.12, (2013). Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=40547>>. Acesso em: Ago./2020.

LISBO FILHO, J.; OICHPE, C. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados**. Anais XVI Congresso da SBC, Recife – PE, 1996. Disponível em: <http://www.dpi.ufv.br/~juqrta/papers/sig-bd-jai.pdf>>. Acesso em: Ago./2020.

MAFRA, N. M. C. **Erosão e planificação de uso do solo**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

MARQUES NETO, R. **A Abordagem Sistêmica e os Estudos Geomorfológicos Algumas Interpretações e Possibilidades de Aplicação**. Geografia - v. 17, n. 2,

jul./dez. 2008 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. <<http://www.uel.br/revistas/geografia>>. Acesso em Jul./2020.

MENDONÇA, F. A. **Diagnóstico Ambiental da Microbacia Hidrográfica – Proposição Metodológica**. Ra'Ega v. 03 1999. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/18225/11822>>. Acesso em Jul./2020.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. Tese de Doutorado, 255 p.

MILANI, E. J. RAMOS, V. A. **Orogenias Paleozóicas no Domínio Sul-Occidental do Gondwana e os Ciclos de Subsidência da Bacia do Paraná**. Revista Brasileira de Geociências. 28(4):473-484, dezembro de 1998. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/35259741_Evolucao_tectono-estratigrafica_da_Bacia_do_Parana_e_seu_relacionamento_com_a_geodinamica_fanerozoica_do_Gondwana_sul-ocidental>. Acesso em Ago./2020.

NEVES, C. E.; MACHADO, G.; HIRATA, C. A.; STIPP, N. A. F. **A importância dos Geossistemas na Pesquisa Geográfica: uma análise a partir da correlação com o ecossistema**. Soc. & Nat., Uberlândia, 26 (2): 271-285, mai/ago/2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/sn/v26n2/1982-4513-sn-26-2-0271.pdf>>. Acesso em: Jul./2020.

NOVO, E. M. **Sensoriamento Remoto Princípios e Aplicações**. Ed. Blucher, 4ª edição, 2010.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada á gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625 pp.

PERIÇATO, A. J.; SOUZA, M. L. **Estudo da fragilidade Potencial e Emergente na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, Noroeste do Paraná**. Caderno de Geografia, v. 29, n. 59, 2019. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/19826>>. Acesso em: Ago./2020.

RIBEIRO, R. P. **Avaliação das Alterações na Rede de Drenagem de Sub-Bacias Hidrográficas da Porção Média da Bacia do rio Capivari (SP0: Escala 1:25.000 – Subsídio para o Planejamento Integrado**. Dissertação de Mestrado. São Carlos – SP. 2002. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-09032006-115335/publico/dissertacao_Ribeiro.pdf>. Acesso em: Jun./2020.

RODRIGUES, C. A **Teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais**. Revista do Departamento de Geografia, v. 14, p. 69-77. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47314>>. Acesso em: Jul./2020.

ROSA, R.; SANO, E. E. **Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Parnaíba**. Revista Campo-Território: revista de geografia agrária, v. 9, n. 19, p. 32-56, out., 2014. Disponível em:

<<http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/viewFile/24277/15593>>. Acesso em Jun./2020.

ROSA, R.; SANO, E. E. **Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia do rio Parnaíba**. CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária, v. 9, n. 19, p. 32-56, out., 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/24277/15593>>. Acesso em Mai./2020.

ROSS, J. L. S. O REGISTRO CARTOGRÁFICO DOS FATOS GEOMORFOLÓGICOS E A QUESTÃO DA TAXONOMIA DO RELEVO. **Revista do Departamento de Geografia, [S. l.]**, v. 6, p. 17-29, 2011. DOI: 10.7154/RDG.1992.0006.0002. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108>>. Acesso em: 6 ago. 2021.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, v. 8, p. 63-74, 7 nov. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>>. Acesso em: Jul./2020.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. **Recursos Hídricos e as Bacias hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental**. Revista do departamento de Geografia n. 12, p. 89-121, 1998. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53736/57699>>. Acesso em: Jun./2020.

SANTOS, J. O. **Relação entre Fragilidade Ambiental e Vulnerabilidade Social na Susceptibilidade aos Riscos**. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/mercator/v14n2/1984-2201-mercator-14-02-0075.pdf>>. Acesso em: Jul./2020.

SIMÕES, L. B. **Integração entre um Modelo de Simulação Hidrológica e Sistema de Informação Geográfica na Delimitação de Zonas Tampão Ripárias**. Tese de Doutorado, UNESP. Botucatu, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101754/simoes_lb_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: Ago./2020.

SIQUEIRA, R. M. B.; HENRY-SILVA, G. G. **A bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo e o Funcionamento dos Ecossistemas Fluviais**. Boletim da Associação Brasileira de Liminologia. 39 (2). 2011. Disponível em: <[https://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39\(2-6\).pdf](https://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39(2-6).pdf)>. Acesso em: Jun./2020.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias Hidrográficas: Unidade Básica para Planejamento e a Gestão sustentáveis da Atividades rurais**. Informe Agropecuário v. 21 – n. 207 nov./dez. 2000. Disponível em: <http://www.epamig.br/publicacoes/informe-agropecuario/?cp_informe=7>. Acesso em Jul./2020.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias Hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis de atividades rurais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000. Disponível em: <http://www.epamig.br/publicacoes/informe-agropecuario/?cp_informe=7>. Acesso em: jul./2020.

TIMANINI, M. S. A. **Diagnóstico Físico-Ambiental para a Determinação da Fragilidade Potencial e Emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária Paraná**. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008. Disponível em: <<https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/15140/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20TAMANINI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em Ago./2020.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN (Recursos Naturais e Meio Ambiente), 1977. 91p.

VALÉRIO FILHO, Gerenciamento de Bacias Hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento. In: TAU-K-TORNISIELO, S. M.; GOBBI, I.; FORESTI, C.; LIMA, S. T. **Análise Ambiental: Estratégias e ações**. Ed. T. A. Queiroz. Rio Claro, SP: Centro de Estudos Ambientais – UNESP, 1995.

VALLE, I. V.; FRFANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. **Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ**. Floresta e Ambiente 2016; 23(2): 295-308. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/floram/v23n2/2179-8087-floram-2179-8087107714.pdf>>. Acesso em Jul./2020.

VILAÇA, M. F. et al. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do ribeirão Conquista no município de Itaguara – MG**. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. Anais, Viçosa, MG, 2009. Disponível em: <http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/070.pdf>. Acesso em: Mar./2020.

VILLAÇA, M. F.; GOMES, I.; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R. **Bacia hidrográfica como Unidade de Planejamento e de Gestão: Estudo de caso do Ribeirão Conquista no Município de Itaguara – MG**. Disponível em: <http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/070.pdf>. Acesso em Jul./2020.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Previsão de Perdas de Erosão por Chuva um Guia para Planejamento de Conservação**. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Manual de Agricultura Número 537. Disponível em <<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>>. Acesso em: Ago./2020.

ZARONI, M. J. **Zoneamento Agroecológico do Município de Aquidauana – MS**. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 185). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/919034/1/BPD185ZonAquidauana.pdf>>. Acesso em Ago./2020.