Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso,

Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Pedro & João editores

ATLAS GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, BONITO-MATO GROSSO DO SUL/BRASIL

Rafael Brugnolli Medeiros

Charlei Aparecido da Silva

Pedro & João editores

Copyright © Autoras e autores

Não é permitida a reprodução total ou parcial desta obra, por quaisquer meios, sem a prévia autorização por escrito dos autores. Os autores são responsáveis pelos conteúdos apresentados (textos, figuras, tabelas etc.) e assumem total responsabilidade pública e jurídica sobre os mesmos.

Rafael Brugnolli Medeiros; Charlei Aparecido da Silva [Orgs.]

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil [livro eletrônico]: Bonito e Jardim - Mato Grosso do Sul / Rafael Brugnolli Medeiros e Charlei Aparecido da Silva. (Coleção PPGG-UFGD). São Carlos: Pedro & João Editores, 2023. 137p. 42 x 29,7 cm.

ISBN: 978-65-265-0553-3 [Digital]
DOI: 10.51795/9786526505533
1. Sistema Cárstico 2. Paisagem 3. Recursos Hídricos 4. Dinâmicas Territoriais 5. Cartografia. I. Brugnolli, Rafael Medeiros; Silva, Charlei Aparecido da. II. Série. III. Título.

CDD – 900/551.69

Capa: Rafael Brugnolli Medeiros e Charlei Aparecido da Silva com finalização de Petricor Design
Projeto gráfico e editoração: Rafael Brugnolli Medeiros e Charlei Aparecido da Silva
Ficha Catalográfica: Hélio Márcio Pajeú – CRB - 8-8828
Diagramação: Diany Akiko Lee
Editores: Pedro Amaro de Moura Brito & João Rodrigo de Moura Brito

Conselho Científico da Pedro & João Editores:
Augusto Ponzio (Bari/Itália); João Wanderley Geraldi (Unicamp/Brasil); Hélio Márcio Pajeú (UFPE/Brasil); Maria Isabel de Moura (UFSCar/Brasil); Maria da Piedade Resende da Costa (UFSCar/Brasil); Valdemir Miotello (UFSCar/Brasil); Ana Cláudia Bortolozzi (UNESP/Bauru/Brasil); Mariangela Lima de Almeida (UFES/Brasil); José Kuiava (UNIOESTE/Brasil); Marisol Barenco de Mello (UFF/Brasil); Camila Caracelli Scherma (UFFS/Brasil); Luís Fernando Soares Zuin (USP/Brasil).

Pedro & João Editores
www.pedroejoaoeditores.com.br
13568-878 – São Carlos – SP
2023

Essa é uma obra vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências Humanas da Universidade Federal da Grande Dourados, sob a elaboração do Laboratório de Geografia Física. Esse é um Atlas Geoambiental de uma das principais bacias hidrográficas do Mato Grosso do Sul e um importante sistema cárstico do Estado. O município de Bonito, através das belezas cênicas de seus recursos hídricos, traz consigo uma ideia de natureza preservada e alheia às atividades antrópicas atuais. Não que tal afirmação esteja incorreta, entretanto, esse Atlas surge a partir de duas carências latentes: a primeira pela falta de um Atlas Geoambiental no Estado com o nível de detalhe a que alcançou essa pesquisa; a segunda, diante da busca por desvendar as inquietações que circundam a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso – BHRF frente ao avanço da agricultura sobre um sistema frágil como o cárstico e a importância que os recursos hídricos exercem para esse município.

As águas superficiais inseridas no contexto da bacia em questão são expressas por uma assinatura geoquímica cálcica, magnésica e carbonatada, que exibe pHs alcalinos, altas condutividades elétricas e elevada translucidez das águas, o que atrai turistas de diversas regiões do Brasil e do mundo. Para tanto, o objetivo geral de elaborar esse Atlas atinge a possibilidade de uma interpretação/avaliação de cunho ambiental, com a inserção dos componentes da paisagem, tais como: rochas, precipitação, relevo, solos, uso e cobertura das terras e recursos hídricos; a fim de alcançar e definir conflitos de uso das terras, riscos e problemas ambientais e proporcionar um zoneamento ambiental que tenha na água e no carste, elementos centrais no processo de análise e mapeamento.

Para se alcançar tais discussões, o presente Atlas vinculou-se à definição da BHRF como um recorte espacial, utilizando o aporte teórico metodológico da paisagem como uma forma de interpretar os componentes existentes nessa bacia hidrográfica, mediante a definição de unidades de paisagem. Essas vertentes foram alcançadas ante ao auxílio das geotecnologias, por meio dos SIG's ArcGis 10® e Spring 5.2.7, tanto na aquisição de dados ambientais, quanto na geração de mapeamentos síntese, como a fragilidade ambiental, conflitos de uso das terras e o próprio zoneamento ambiental.

Inicialmente, realizou-se uma introdução à temática e área de estudo, e adentrou-se a uma breve discussão sobre as justificativas que nortearam a escolha da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, posteriormente nomeada apenas por suas iniciais BHRF, como unidade de estudo, sobre as temáticas e alguns conceitos trabalhados ao longo desta pesquisa, juntamente com a problemática que motivou a hipótese criada. Nesse percurso, foram destacados alguns breves pontos do processo de ocupação do município de Bonito e como estes se refletiram nos usos atuais, observando a localização da BHRF no contexto sul-mato-grossense.

O item "Materiais, técnicas e procedimentos metodológicos", descreveu os elementos que compõem todo o processo da pesquisa, como a definição da área de estudo, escala cartográfica e objetivos a serem atingidos. Além disso, apresentou os processos das fases de inventário e análises, com a metodologia para o levantamento e geração das informações sobre a paisagem e a qualidade e enquadramento das águas superficiais. Com essas informações, foi definida a metodologia utilizada na análise da fragilidade ambiental, quais os critérios para a definição das unidades de paisagem – UP's e dos conflitos existentes entre a capacidade de uso e o uso atual das terras, assim, definiu-se o zoneamento ambiental.

O item "Inventário e análises dos componentes da paisagem da bacia hidrográfica do rio Formoso", iniciou com a apresentação dos resultados da pesquisa com a descrição das informações analisadas e os mapeamentos das rochas, precipitação, relevo, hipsometria, declividade, dissecação horizontal e vertical, energia potencial erosiva do relevo, solos, a análise multitemporal do uso e cobertura das terras nos anos de 1984 e 2017 e os usos das terras nas áreas restritas legalmente. De tal modo, partiu-se para a definição da fragilidade ambiental.

O item "Os recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Formoso", como o próprio título já revela, diz respeito às características dos recursos hídricos da bacia hidrográfica estudada. Tanto uma análise morfométrica da rede de drenagem, quanto a qualidade físico-química das águas superficiais ao longo de 36 pontos de coleta, enquadrando-os pela resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

No item "Identificação e classificação das unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio Formoso", foram apontadas as UP's da BHRF, com a descrição de seus seis níveis e de como estas se caracterizaram e se individualizaram na bacia hidrográfica mediante seus componentes físicos e antrópicos. E, por fim, o item "Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Formoso", iniciou com a interpretação dos componentes físicos e o uso e cobertura das terras, ou seja, entre a capacidade de uso das terras e a intensidade de seus usos atuais.

Nesse contexto, realizou-se a classificação das áreas conflitantes ou congruentes – termos adotados nesta pesquisa e descritos na seção correspondente. Após essa interpretação, trabalhou-se com os diversos riscos e problemas ambientais encontrados na bacia hidrográfica: atrativos turísticos, erosões, confinamento de gado, aterro controlado, estação de tratamento de esgoto, áreas de mineração, entre outras. Por meio de saídas de campo, foram determinados quais desses aspectos podem ser considerados riscos ou problemas ambientais.

Ao fim desse Atlas Geoambiental, foi elaborado um zoneamento ambiental que abarca todas as características da área, com ênfase nos sistemas cárstico e terrígeno e nos recursos hídricos. Em um documento síntese, foram definidas as zonas homólogas, seja para preservação ou exploração de seu potencial produtivo, o que determinou cenários tendenciais e desejados, que podem subsidiar um ordenamento físico-territorial para a bacia hidrográfica, melhorando sua qualidade ambiental e de seus recursos hídricos.

O zoneamento ambiental aqui desenvolvido, visa se tornar um instrumento para o ordenamento físico-territorial, sendo capaz de apontar melhorias para cada zona estabelecida. Com isso, obteve-se um resultado inédito, passível de ser aplicado. A presente obra se encerra com respostas às questões levantadas ao longo da pesquisa e sugeridas ações para mitigação e aumento da resiliência ambiental, juntamente às perspectivas futuras no que diz respeito a utilização deste estudo por outros pesquisadores, bem como no que se espera da BHRF com as atividades mitigadores e sugestões elaboradas.

Nesse percurso, a pesquisa ora apresentada buscou contribuir com o conhecimento sobre uma importante bacia hidrográfica do estado de Mato Grosso do Sul, em que se deixou claro que seus resultados poderão ser utilizados em futuros trabalhos que busquem analisar sistemas cársticos, paisagem, recursos hídricos, fragilidade ambiental e zoneamento ambiental; pois como diz Silva (2006, p. 17), “é a partir de conhecimento já produzido que a ciência evolui”.

Desejamos uma boa leitura!

PREFÁCIO

La Humanidad se enfrenta a un gran desafío en estos tiempos, por un lado, mantener el ritmo de crecimiento y consumo predador al que nos han acostumbrado los discursos triunfalistas sobre el dominio de la tecnología sobre la naturaleza y por otro a su propia existencia como especie. El resultado de esto dependerá entonces de cómo nos relacionemos con esta naturaleza y cuan comprometidos estemos de avanzar hacia una sostenibilidad, no solo teórica como hasta ahora se ha planteado, sino con resultados concretos que permitan a todos y a todas los habitantes de este planeta, seguir habitándolo y satisfacer nuestras necesidades básicas.

Para esto la ciencia y la educación son cada vez más importantes y deben cumplir no solo con el objetivo de enseñar sino de educar a las generaciones actuales y futuras en la necesidad de una conviv29,67 cmencia con los otros seres vivos que habitan la Tierra y con los demás seres humanos, sin distinción de raza, religión o sexo.

Es en este contexto donde se enmarca esta maravillosa obra que hoy presentamos y que de manera excepcional y novedosa, integra de forma clara y precisa los componentes naturales y la acción humana sobre estos, en una cuenca hidrográfica de vital importancia para el estado de Mato Grosso do Sul y para Brasil, donde se combinan diversas actividades socioeconómicas como el turismo, la ganadería y la agricultura, con la conservación de unos paisajes kársticos de gran importancia por su diversidad biológica, la calidad de sus aguas y parte del patrimonio cultural de sus habitantes.

El trabajo se ha realizado aplicando la concepción integradora y holística de los paisajes geograficos, como unidades que reflejan la relación de los componentes y procesos naturales y sociales en un territorio determinado, lo que permite ir más allá de una mera descripción del espacio estudiado y profundizar en las relaciones entre los diversos componentes del paisaje, estudiando su estructura, funcionamiento, dinámica y posible evolución, con vistas a establecer los escenarios de su desarrollo futuro y proponer las acciones a tomar para la conservación y mejoramiento de la naturaleza y la humanidad como un binomio inseparable.

Los autores, con excelentes trayectorias científicas y profesionales, nos lleva de la mano por un recorrido a través de la cuenca del rio Formoso, donde combina el amplio y detallado trabajo de campo realizado en compañía de otros especialistas por varios años, con el análisis de la información publicada sobre la misma y las imágenes satelitales, que nos sumergen en dicha cuenca y su problemática ambiental y social.

Finalmente quiero agradecer a los autores y a la Universidad Federal de Grande Dourados donde se formó, por la posibilidad de conocer de primera mano la información aquí presentada y el honor que me han concedido de prologar este libro. En esta universidad trabajé durante varios años y soy testigo del papel que juega en la formación de ciudadanos comprometidos con el futuro del estado y de Brasil, así como en la divulgación de tan importantes resultados científicos.

A humanidade enfrenta um grande desafio nos tempos atuais, por um lado, manter o ritmo de crescimento e consumo predatório a que nos habituamos através de discursos triunfalistas com o domínio da tecnologia sobre a natureza e, por outro, a sua própria existência enquanto espécie. O resultado dependerá, então, da forma como nos relacionamos com a natureza e do nosso empenho em caminhar para a sustentabilidade, não apenas teoricamente como tem sido proposto até agora, mas com resultados concretos que permitam a todos os habitantes deste planeta, continuar a habitá-lo e a satisfazer as nossas necessidades básicas.

Por esta razão, a ciência e a educação são cada vez mais importantes e devem cumprir não só o objetivo de ensinar, mas também de educar as gerações atuais e futuras para a necessidade de coexistir com os outros seres vivos que habitam a Terra e com os demais seres humanos, sem distinção de raça, religião ou sexo.

É neste contexto que se enquadra esta maravilhosa obra que hoje apresentamos e que, de forma excepcional e inédita, integra de forma clara e precisa as componentes naturais e a ação humana sobre elas, em uma bacia hidrográfica de importância vital para o estado de Mato Grosso do Sul e para o Brasil, onde se combinam diversas atividades socioeconômicas como o turismo, a pecuária e a agricultura, com a conservação de paisagens cársicas de grande importância pela sua diversidade biológica, pela qualidade das suas águas e por fazer parte do patrimônio cultural dos seus habitantes.

O trabalho foi realizado aplicando a concepção integradora e holística das paisagens geográficas, como unidades que refletem a relação entre os componentes e processos naturais e sociais de um determinado território, o que permite ir além da mera descrição do espaço estudado e aprofundar as relações entre os vários componentes da paisagem, estudando a sua estrutura, funcionamento, dinâmico e possível evolução, com vista a estabelecer cenários para o seu desenvolvimento futuro e propor ações para a conservação e melhoria da natureza e da humanidade como binómio indissociável.

Os autores com excelentes trajetórias científicas e profissionais, nos leva a uma viagem pela bacia hidrográfica do rio Formoso, combinando um extenso e pormenorizado trabalho de campo realizado na companhia de outros especialistas ao longo de vários anos, com a análise de informação publicada e imagens de satélite, mergulhando-nos na bacia e nos seus problemas ambientais e sociais.

Por fim, gostaria de agradecer aos autores e à Universidade Federal da Grande Dourados, pela possibilidade de conhecer em primeira mão as informações aqui apresentadas e pela honra que me deram de escrever o prefácio deste livro. Trabalhei nessa universidade durante vários anos e sou testemunha do papel que ela desempenha na formação de cidadãos comprometidos com o futuro do Estado e do Brasil, bem como na divulgação de resultados científicos tão importantes.

Eduardo Salinas Chávez
Universidad de Granada, Espanha
27 de maio de 2023.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO 8

01

02

MATERIAIS, TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....14
Etapa de Organização.....15
Etapa de Inventário e Análises.....15
Etapa de Diagnósticos.....26
Etapa de Prognósticos.....29

03

INVENTÁRIO E ANÁLISE DOS COMPONENTES DA PAISAGEM
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO.....31
Litologia da BHRF.....31
Distribuição das Chuvas na BHRF.....35
Hipsometria da BHRF.....37
Declividade da BHRF.....39
Dissecação Horizontal da BHRF.....42
Dissecação Vertical da BHRF.....45
Energia Potencial Erosiva do Relevo da BHRF.....47
Solos da BHRF.....51
Uso e Cobertura das Terras da BHRF.....55
Uso e Cobertura das Terras nas áreas restritas legalmente na BHRF.61
Fragilidade Ambiental da BHRF.....67

04

OS RECURSOS HÍDRICOS DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO.....72

05

IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE.....94
PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

06

O ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO FORMOSO.....105
Conflitos entre a Capacidade de Uso das Terras e o Uso
Atual da BHRF.....105
Identificação dos Riscos e Problemas Ambientais na BHRF.....110
Zoneamento Ambiental da BHRF.....116

07

CONSIDERAÇÕS FINAIS 127
REFERÊNCIAS.....131
PRODUÇÃO CIENTÍFICA DERIVADA DA PESQUISA..... 136
ÍNDICE REMISSIVO.....137
AGRADECIMENTOS.....138
OS AUTORES 138

INTRODUÇÃO

O calcário e seus processos desempenham papel de destaque em bacias hidrográficas com essa particularidade. As chamadas bacias hidrográficas cársticas tem relações imprevisíveis entre seus componentes, os processos derivados do carste induzem a sedimentação da calcita, bem como a presença de água favorece a dissolução e solubilidade do carbonato de cálcio presentes nas rochas. O regime das águas nesses sistemas determina suas feições, sobretudo em um sistema que ainda é considerado recente, visto que ele possui vários estágios de desenvolvimento, que pode ser descontínuo ao longo do período geológico e o atribui uma atitude cíclica. Por tais motivos é que ocorrem estágios na evolução do modelado cárstico e de suas rochas sedimentares formadas pelo carbonato de cálcio $CaCO_3$ e magnésio $CaMg(CO_3)_2$, que pela reação de hidrólise da calcita resulta no bicarbonato de cálcio $(Ca(HO_3)_2)$ e apresenta um alto grau de dissolução de seus sedimentos químicos.

O carste *"karst",* basicamente traz a definição de "morfologia regional da área de calcários maciços". Seus estudos se aprofundaram no século XIX, com a procura da gênese de seu desenvolvimento na região de Rijeka, na antiga Iugoslávia, hoje denominada de Croácia, que integra, nesses estudos, os princípios da hidrologia cárstica (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 153). Contudo, de acordo com Kohler e Castro (2009), as rochas (in)solúveis em água podem ser consideradas cársticas, tais como evaporitos, quartzitos, granitos e basaltos, mas em sua maioria, necessita-se de rochas carbonatadas para se definir um carste, e de modo geral, são áreas extremamente frágeis.

Cabe elencar aqui, que algumas pesquisas são realizadas na busca por uma identificação da forma que essa fragilidade está expressa no carste e como ela interfere nas ações antrópicas e na dinâmica dos componentes físicos de uma bacia hidrográfica. Neste sentido, Parise, De Waele e Gutierrez (2009) trazem uma discussão acerca da fragilidade destes sistemas, vinculando-a com uma degradação constante e progressiva ao longo dos anos, sobretudo pela atividade antrópica sem qualquer tipo de planejamento. Já Ford e Williams (2007) afirmam que sistemas cársticos são os locais mais frágeis perante aos eventos da degradação diante de seus sistemas hidrológicos cársticos, que são suscetíveis a uma gama maior de problemas de impacto ambiental do que outros, porque além das águas superficiais há outro conjunto de dificuldades associadas a redes de condutos subterrâneos altamente desenvolvidos e seus ecossistemas frágeis associados.

Não obstante, a BHRF, com sua fragilidade natural advinda do calcário, apresenta um relevo com padrões específicos quanto à deposição e transporte de sedimentos. Veni et al. (2001) afirmam que a erosão ocorre em decorrência das atividades antrópicas, além de sua natural propensão, que carream sedimentos até os mananciais superficiais, sumidouros e, consequentemente, trazem impactos aos aquíferos cársticos.

De tal modo, os fortes declives, intemperismo acentuado, modificação das vegetações e característica dos solos da região, instituem áreas potencialmente propensas a erosões, o que acelera o processo de degradação da bacia hidrográfica e trazem turvamentos aos recursos hídricos. No bojo dessa discussão, analisar bacias hidrográficas atualmente, como recorte espacial, é uma das formas de compreender sua qualidade ambiental e capacidade resiliente, sobretudo pelos aspectos antrópicos que desempenham intensa pressão sobre seus componentes físicos, o que altera o equilíbrio e funcionamento da unidade de estudo.

Esta pesquisa anseia uma abordagem sistêmica nas análises ambientais. Logo, compreende-se que os componentes da paisagem se alteram e se processam mutuamente de forma natural e/ou antrópica, o que origina modificações em todos os componentes ante seus usos atuais, com informações capazes de entender a dinâmica territorial existente em uma bacia hidrográfica e que são capazes de promover alterações na paisagem e na qualidade dos recursos hídricos.

Esses recursos hídricos, por sua vez, são indicadores ambientais importantes que podem determinar a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica, pois são reflexos das influências naturais e, principalmente, nos dias atuais, das atividades antrópicas nos componentes da paisagem, como rochas, solo, vegetação, entre outros. Essa paisagem é vinculada, portanto, a um sistema e compreendida como única e organizada, formada pelo conjunto ou combinação de objetos e partes, conceituada como um todo complexo (MATEO RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Um dos vieses centrais desse Atlas foi compreender esses componentes da paisagem e levá-los em consideração em um zoneamento ambiental, no qual suas interações determinaram zonas homólogas, que Mateo Rodriguez e Silva (2013) afirmam que são zonas com características fisiográficas e ecológicas semelhantes, agrupadas de acordo com critérios pré-estabelecidos, cujos resultados podem ser expostos por produtos cartográficos.

Com esse zoneamento ambiental foi possível abalizar as fragilidades e potencialidades da bacia hidrográfica, por meio do apontamento de possíveis soluções para ordenar, da melhor forma, o uso e

cobertura das terras, com a intenção de integrar os diversos parâmetros presentes neste sistema, inclusive, as características que estão intrínsecas, como o sistema cárstico e os recursos hídricos.

Existem importantes estudos frente à preocupação com bacias hidrográficas sul-mato-grossenses e outras regiões do estado, em que se têm, nas dinâmicas territoriais e paisagens, os focos principais de análise. Dentre alguns estudos, destacam-se Lima (2017), Eichenberg (2018) e Martins (2018), Lima (2021), todos com o escopo do turismo de natureza, mas que abordam a paisagem como principal categoria de análise. Outros estudos que também merecem destaque na busca por uma compreensão das características definidoras da bacia hidrográfica, suas paisagens e possíveis impactos nos recursos hídricos, como Brugnolli, Pinto e Miguel (2017), Alves (2019) e Brugnolli et al. (2019b). Na compreensão do relevo e seus impactos nas bacias hidrográficas como Brugnolli et al. (2019a); para evidenciar dinâmicas territoriais mediante a expansão agrícola, como Ferreira (2021); ou ainda ao apontar a fragilidade ambiental frente ao uso e cobertura das terras, como abordou Gonçalves (2017) e Peixoto et al. (2018)[1].

Todos estes estudos trataram o estado de Mato Grosso do Sul ou algumas de suas bacias hidrográficas diante da ocupação antrópica, sobretudo pela expansão do modelo econômico voltado ao mercado global de *commodities,* em especial a monocultura de soja, e como elas alteram suas respectivas bacias hidrográficas ou trazem possíveis impactos sobre mananciais, supressão da vegetação, perda da fertilidade do solo, entre outros.

Logo, a bacia hidrográfica analisada nesse Atlas não difere dessas características relatadas, já que a escolha da temática trabalhada na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso - BHRF, localizada no município de Bonito e que abrange parte da serra da Bodoquena, entrecruza duas vertentes principais. A primeira com a adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de estudo; e a segunda voltada ao aporte teórico da paisagem como uma forma de interpretar os componentes existentes nessa bacia hidrográfica, em que se aplicou, nas análises, uma abordagem sistêmica.

Tal diagnóstico no município de Bonito, mais precisamente na BHRF, foi realizado ante algumas justificativas que nortearam tanto a escolha da unidade de estudo como a temática, embasado na ideia de que esta bacia hidrográfica aponta para seu arcabouço ambiental como principal atrativo, pois está relacionada diretamente com o cárstico, vegetação, relevo e com as águas superficiais.

As características que se sobressaem nas águas superficiais da área de estudo são as rochas ricas em carbonato de cálcio e magnésio, que trazem alterações na qualidade das águas superficiais e resulta em pHs alcalinos, altas condutividades elétricas e elevada translucidez das águas, além de exercer impressionante beleza cênica e uma diversidade de fauna e flora, aspectos estes que têm atraído turistas de diversas regiões do Brasil e do mundo.

Devido ao contato primário da população com as águas, necessita-se, portanto, de um monitoramento, enquadrando-as na resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, visto que podem ocorrer modificações de seus padrões aceitáveis diante das atividades antrópicas e/ou de forma natural. Logo, a análise integrada das propriedades desses sistemas fluviais, por meio das suas características hidrogeológicas, morfométricas e da qualidade de suas águas, pode municiar a concepção de seu "*modus operandi*", com subsídios indispensáveis para seu uso e manejo múltiplo sustentável.

Outro importante fator a ser destacado é o modelo econômico do estado de Mato Grosso do Sul, voltado, em sua maioria, para a agricultura, esta atividade identificada na BHRF pelas lavouras de soja. Essas formas de uso e cobertura das terras, somadas a outras atividades antrópicas existentes, como as áreas de confinamento de gado, extração de calcário, pecuária extensiva e turismo, sem o manejo adequado para o desenvolvimento de tais atividades acabam por ocasionar problemas ambientais, gerando uma pressão sobre a qualidade das águas superficiais, sobretudo pelo turvamento das águas, o que prejudica não apenas sistema fluvial, mas também o turismo da região.

Tais alterações nos sistemas fluviais influem, de forma clara, nas tufas calcárias, que são alguns dos principais atrativos turísticos do município de Bonito e que dependem diretamente da conservação e manutenção da qualidade das águas. Essas problemáticas elevam-se graças ao sistema cárstico, já que sua fragilidade é mais elevada do que os sistemas terrígenos[2], o que confirma os diversos desafios ao estudar esse tipo de sistema, pois o solo e rochas podem acelerar o processo de solapamentos devido à dissolução do calcário e a má utilização e/ou falta de cobertura das terras, especialmente se essas fragilidades não forem levadas em consideração.

[1] Pesquisas vinculadas ao Laboratório de Geografia Física - LGF da Universidade Federal da Grande Dourados, cujas principais linhas de pesquisa são as dinâmicas territoriais, turismo de natureza e climatologia; em que se destacam projetos de mestrado e doutorado nos quais a presente tese está inserida.

[2] Ambiente formado por rochas sedimentares provenientes de rochas ígneas, sedimentares e metamórficas que, em critérios texturais, são comumente chamados de metassedimentos.

De Waele et al. (2011) afirmam que a ação antrópica sobre o carste vem desde os períodos pré-históricos, contudo, seus impactos ainda eram restritos, mas aumentaram gradativamente até alcançar níveis drásticos atualmente. Os autores ainda destacam cinco importantes questões a serem tratadas em estudos sobre o carste, haja vista a ocorrência de situações ameaçadoras e prejudiciais ao sistema.

A primeira delas está ligada à uma prevalência de drenagem subterrânea por meio de aquíferos em que a água e os poluentes circulam rapidamente; a segunda vinculada ao caráter oculto da rede de condutos subterrâneos, o que torna complexo predizer a resposta do sistema cárstico às múltiplas alterações induzidas pelo Ser Humano; a terceira vinculada à baixa resiliência e alta sensibilidade dos componentes geomórficos e hidrológicos dos sistemas cársticos quando afetados por perturbações externas; a quarta questão importante é a alta solubilidade e baixa resistência mecânica das rochas evaporíticas, favorecendo o rápido desenvolvimento de cavidades e sumidouros; e a quinta diz respeito ao manejo adequado dos sistemas cársticos, que devido à sua complexidade e comportamento peculiar, requer um aconselhamento especializado comumente evitado (DE WAELE, et al. 2011).

Diante de tais apontamentos, há a existência de lacunas nos planos para a implementação de estudos que busquem um equilíbrio entre o uso e cobertura das terras e a fragilidade deste tipo de bacia hidrográfica perante seus componentes físicos e seus rios cênicos. No bojo dessa discussão, convêm apontar algumas pesquisas relacionadas à região de Bonito, seja na identificação da qualidade das águas em alguns atrativos turísticos no rio Formoso e afluentes, como Lelis et al. (2015) e Silva (2015), ambos com ênfase no turismo e na percepção do turista acerca da natureza e dos parâmetros de qualidade das águas. Ainda se ressalta Silva, Piroli e Hernández (2014) e Silva, Piroli e Pinto (2016) que trabalharam com a qualidade das águas do rio Sucuri, importante afluente do rio Formoso e buscaram compreender a mesma relação com o turismo praticado.

Já outros estudos abordam a serra da Bodoquena, fundamentados em um viés ambiental, mas que não abrangem toda a região da BHRF. Dentre alguns, destacam-se os trabalhos como Boggiani, Fairchild e Coimbra (1993), Boggiani et al. (2002) e Sallun Filho, Karmann e Boggiani (2004), que pesquisam aspectos voltados à litologia, enquanto Salinas Chávez e Ribeiro (2017) abrangem a identificação de unidades de paisagem e Eichenberg (2018) volta seus estudos para a paisagem e turismo de natureza, em uma perspectiva geossistêmica, ambos os estudos dão ênfase ao recorte territorial da serra da Bodoquena. Por fim, Rizzo (2010) e Ribeiro (2017) têm seus trabalhos embasados no limite territorial do município de Bonito, suas dinâmicas relacionadas ao turismo e apropriação do espaço, respectivamente.

Como pôde ser visto, apesar da quantidade e qualidade dos trabalhos citados, ainda existem poucas pesquisas que tratam o município de Bonito e a BHRF por um viés que não discorra sobre o turismo ou que tenham o foco na principal bacia hidrográfica de Bonito, o que torna necessário estudos que abarquem o meio físico, suas características e a qualidade das águas superficiais.

Estes estudos sob a ótica ambiental deram um salto a partir das pesquisas realizadas pelo Laboratório de Geografia Física e que derivaram diversos artigos[3] dos quais esse Atlas se tornou também um compêndio destes e de outros. Logo, a necessidade de estudos que abarquem o carste, a relação de suas fragilidades com o uso antrópico e a qualidade das águas superficiais, foi o que desempenhou papel central para nortear os objetivos realizados nesta pesquisa.

É inegável a importância desta pesquisa no desenvolvimento científico no estado de Mato Grosso do Sul que ainda carece de tais estudos. Assim, esta pesquisa ambiciona trazer uma contribuição no que tange a temática ambiental, com procedimentos e análises capazes de atualizar e detalhar dados a respeito da litologia, solos, relevo, espacialização da precipitação e indicar o avanço das culturas de soja na BHRF, além de apontar possíveis fragilidades, potencialidades e soluções, com suas limitações de uso, essenciais para a manutenção do equilíbrio do meio físico e, sobretudo, das águas superficiais.

Para se entender as características atuais reinantes da BHRF, bem como de seu município (Bonito), foi necessário destacar breves pontos históricos. A origem da cidade de Bonito remonta aos povos indígenas *Guaicuru* e, segundo Da Costa (2010), também à cidade de Miranda, visto que, o nome Rincão Bonito, ainda no século XIX, era distrito de Miranda e transformou-se no município hoje conhecido como Bonito. Posteriormente a este período, seu processo de ocupação esteve mais evidente e Ribeiro (2017) reforça tal colocação em seu estudo, pois afirma que no século XX os rebanhos bovinos já ocupavam as pastagens próximas ao planalto da Bodoquena.

As pastagens destacaram-se na área de estudo após a introdução do gado de corte, e em consequência desta atividade, intensificaram-se a retirada da vegetação florestal nativa, até que, conforme Silva (2015), o turismo começou suas atividades por volta da década de 1980, com a sua

[3] BRUGNOLLI, et al., 2022a; BRUGNOLLI, et al., 2022b, BRUGNOLLI, et al., 2023; entre outros.

consolidação na década de 1990, a partir desta década, deu início um novo ciclo econômico embasado na atividade turística que, de acordo com as colocações de Ribeiro (2017), busca a natureza e a água como seu principal atrativo.

Concomitantemente, na década de 1980, iniciou uma mudança das áreas de pastagens para a monocultura da soja. Ribeiro (2017) afirma que essas áreas de lavouras surgiram no início da década de 1980. Porém, na década seguinte, elas foram reduzidas, retomando-se o processo de ocupação (culturas) no início do século XXI. Juntamente a esses fatos, alguns questionamentos surgiram acerca da utilização desarmônica do meio físico e trouxeram um embate entre o setor turístico, agropecuário e ambientalistas, visto que essas áreas de culturas adentram cada vez mais à BHRF, o que pressiona os recursos naturais.

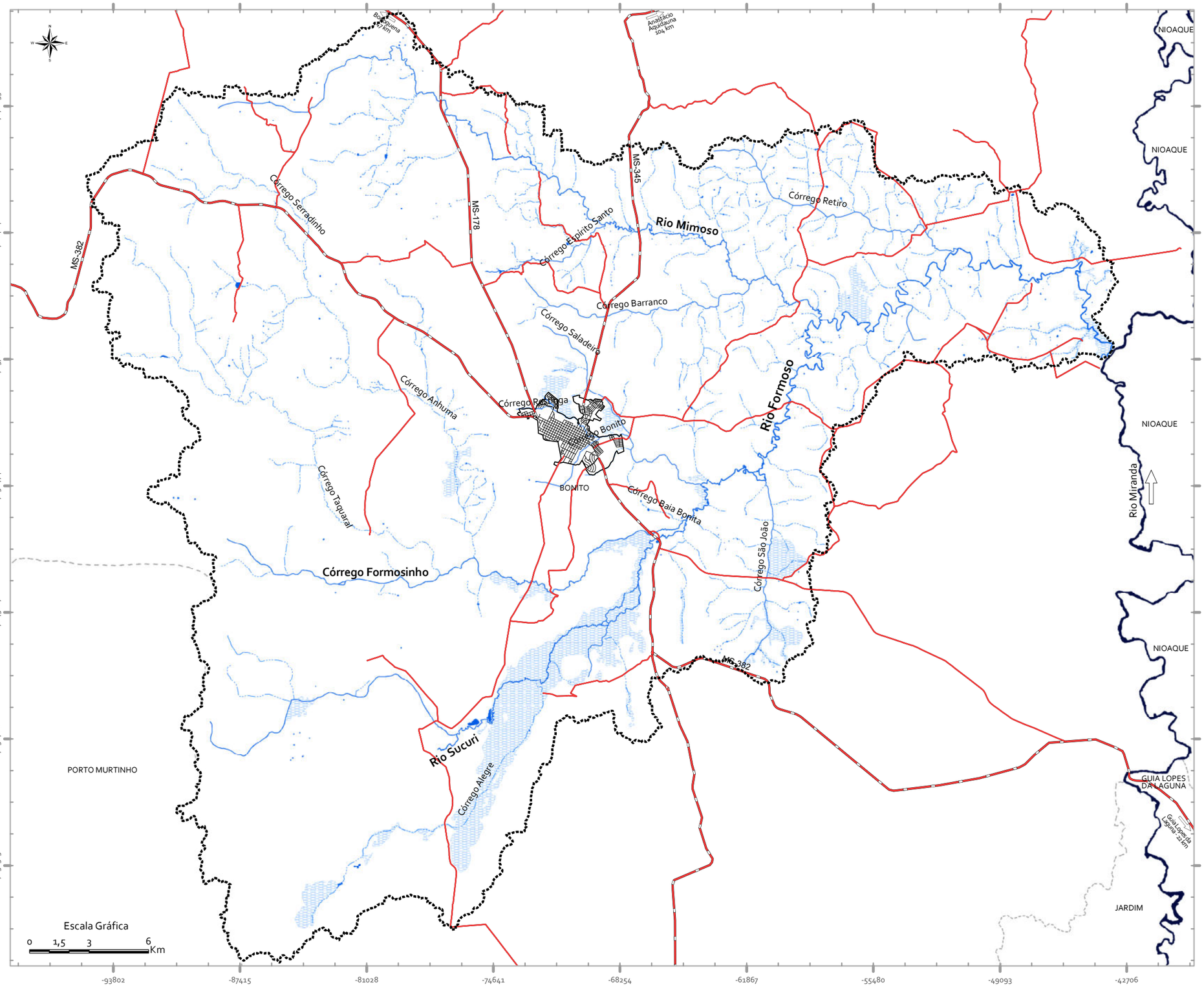
Com o intuito de preservar e conservar algumas áreas da bacia com potencial de fragilidade considerável, criou-se o Parque Nacional (PARNA) da Serra da Bodoquena no ano de 2000, que apresenta diversas possibilidades atualmente, desde as jazidas de mármore e calcário, até o constante descobrimento de sítios arqueológicos e a grande quantidade de cavernas, dolinas, mogotes, entre outras feições cársticas que individualizam a paisagem da Serra da Bodoquena. Estas feições possuem imensurável valor ambiental, científico e turístico, o que as tornam prósperas ao mesmo tempo em que ocorrem inquietações acerca de sua gestão inadequada.

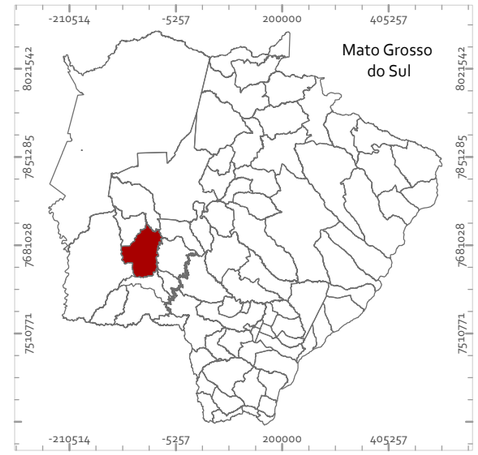
Existem outras unidades de conservação na BHRF (Monumento Natural – MN do Rio Formoso, MN da Gruta do Lago Azul, Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN da Fazenda São Geraldo e a RPPN São Pedro da Barra) que também auxiliam na preservação e manutenção da fauna e flora, pois impõem restrições e mantêm a integridade das UC's.

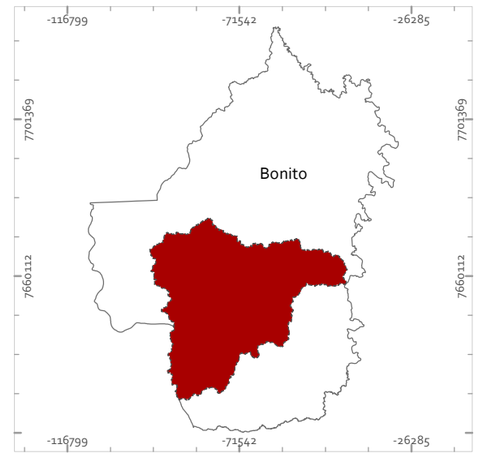
Em face ao exposto, analisar a BHRF de maneira sistêmica foi um desafio, visto que as relações intrínsecas nos componentes da paisagem passam pela forte influência litológica, na qual suas rochas carbonatadas trazem feições geomorfológicas distintas, bem como pela intensa ação antrópica com suas lavouras e pastagens. Por estes motivos, entendê-las e analisá-las faz parte do processo de elaboração do zoneamento ambiental, posto que devem ser consideradas como fatores de alta influência sobre os demais componentes da paisagem. Dessa forma, é possível oferecer suporte para um ordenamento físico-territorial, favorecendo assim, uma melhoria da qualidade ambiental desta importante bacia hidrográfica, seja por apresentar particularidades ímpares e/ou uma dinamicidade singular na interação dos componentes da paisagem diante da influência do carste.

A BHRF (Figura 1) encontra-se situada a sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul e faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda (BHRM) que tem uma dimensão territorial de 43.262,10km² e seu rio principal (o rio Miranda) possui uma extensão de aproximadamente 756,65km, desde a confluência do córrego Fundo com o rio Roncador, na serra de Maracaju, quando o manancial recebe o nome de rio Miranda, até sua foz no rio Paraguai, já no município de Corumbá/MS. Na sua margem esquerda, tem-se o rio Formoso e sua bacia de drenagem, com uma área de 1.324,67km². Suas nascentes estão situadas na Serra da Bodoquena, já sua foz localiza-se no médio curso do rio Miranda. Deve-se ressaltar que a BHRF está situada entre duas grandes áreas serranas (a serra da Bodoquena a oeste e a serra de Maracaju a leste).

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL







Legenda

- Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Limites dos Municípios
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda

Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

MATERIAIS, TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

"Descobrir consiste em olhar para o que todo mundo está vendo e pensar uma coisa diferente".
(Roger Von Oech)

MATERIAIS, TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Ao determinar a bacia hidrográfica como unidade territorial de estudo e com o aporte teórico metodológico da paisagem, buscou-se nesta pesquisa, o levantamento, geração e correlação de dados biofísicos e antrópicos.

Utilizou-se um procedimento metodológico que consistiu em algumas etapas principais, tais como: 1) organização; 2) inventário e análises; 3) diagnóstico; 4) prognósticos. Partiu-se assim, do princípio sistêmico, adotado para a elaboração e realização desta presente pesquisa e pautou-se nos objetivos propostos e hipóteses levantadas, que foram respondidas, tanto processualmente quanto por meio de procedimentos metodológicos.

A primeira etapa (organização) consistiu na definição e levantamento de um conjunto de informações sobre a temática trabalhada e área de estudo. Definiu-se também, a escala cartográfica e escala de análise a ser desenvolvida. Na segunda etapa (inventário e análises), reuniu-se um conjunto de informações primárias e secundárias a respeito dos aspectos do meio físico como rochas, precipitações, relevo, solos, uso e cobertura das terras, aspectos legais e qualidade das águas superficiais.

Tais dados foram essenciais na interpretação da fragilidade ambiental e na identificação e classificação das unidades de paisagem da BHRF, que ocorreram mediante a interação e análise dos dados levantados e mapeados. Logo, esses dados auxiliaram a etapa de diagnóstico (etapa 3), na qual promoveu-se uma análise dos conflitos de uso das terras atuais em relação à sua capacidade de uso, riscos e problemas ambientais encontrados na BHRF e a proposição de um zoneamento ambiental, além de definir informações capazes de apontar propostas e prognósticos (etapa 4) para dar subsídio a um possível ordenamento físico-territorial da bacia hidrográfica estudada.

Diversas metodologias foram utilizadas em sua essência, adaptadas e/ou modificadas, na busca por uma aplicabilidade nessa área de estudo, que ficou descrito ao longo deste item. Com isso, a estruturação da metodologia (Figura 2) foi de suma importância para a identificação das problemáticas, bem como os caminhos para responder os questionamentos levantados e atingir os objetivos traçados.

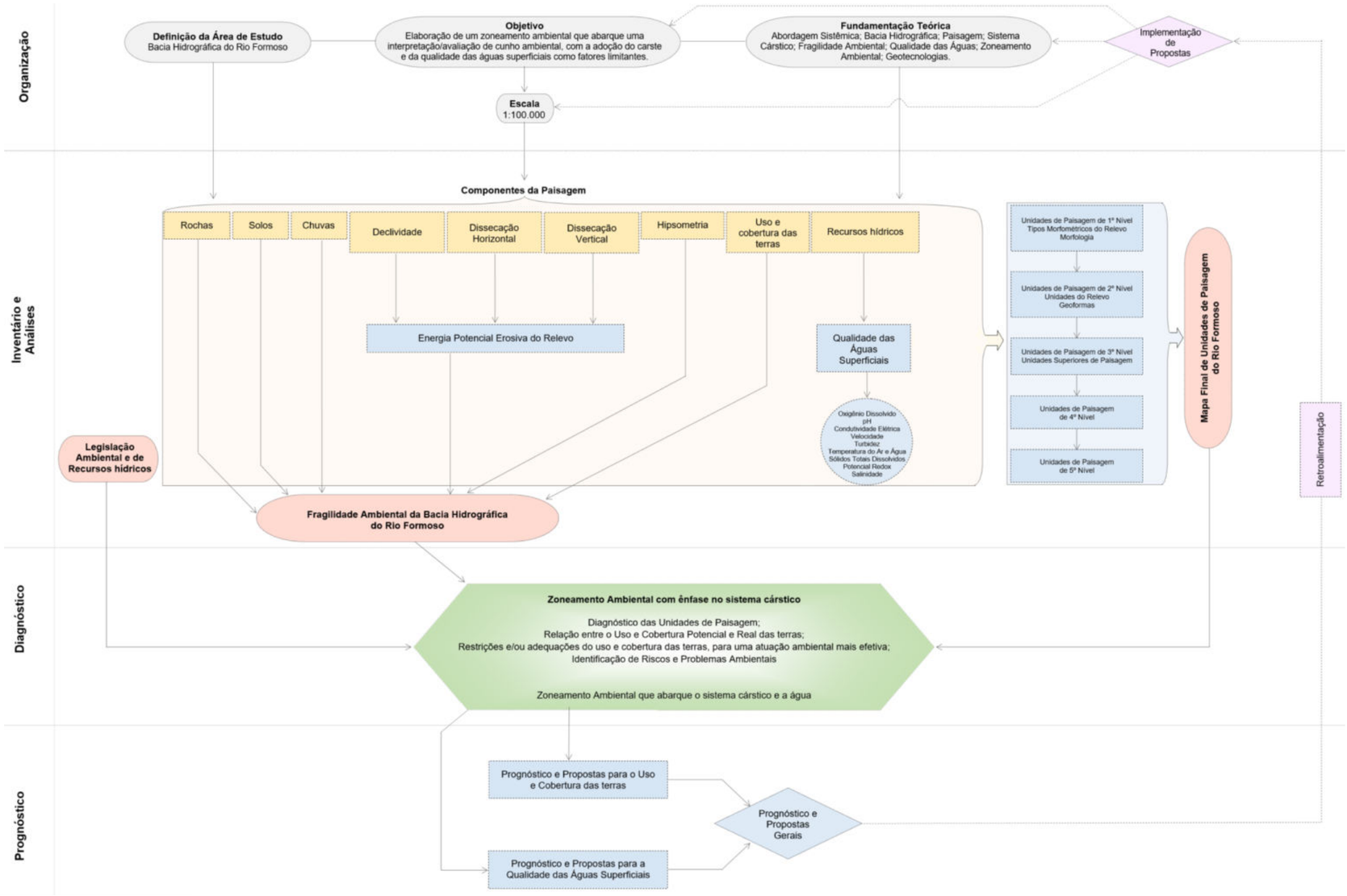


Figura 2: Fluxograma Metodológico.

Etapa de Organização

A etapa de organização consistiu na identificação e delimitação da área de estudo, como também de sua escala, tanto de trabalho quanto analítica e cartográfica, além da identificação e elaboração do objetivo central da pesquisa, que norteou os procedimentos e etapas realizadas.

Com isso, foi definido o referencial teórico e metodológico embasado nas etapas supracitadas, em que foram determinados os temas centrais e transversais, como a abordagem sistêmica; definição da bacia hidrográfica como unidade territorial de estudo; o aporte teórico metodológico da paisagem; a fragilidade ambiental; qualidade das águas superficiais; as geotecnologias como um subsídio para a elaboração dos mapeamentos e integração de dados; identificação das unidades de paisagem; e a proposição de um zoneamento ambiental.

Área de Estudo: A primeira etapa definida na organização foi a área de estudo. A BHRF foi definida como unidade territorial nesta a pesquisa mediante sua importância não apenas para o município de Bonito, mas também para o estado de Mato Grosso do Sul, pois é uma bacia hidrográfica com características singulares, um sistema cárstico, rios de águas translúcidas e com rica diversidade de fauna e flora, o que justificou a necessidade de estudos detalhados que abarquem não apenas os recursos hídricos, mas também as características físicas existentes.

A partir desse pressuposto, nesta pesquisa optou-se pela escala cartográfica de 1:100.000, considerada uma escala semidetalhada que, segundo Santos (2004), é ideal para zoneamentos ambientais e ordenamentos territoriais, e condizente com os objetivos traçados previamente.

Com esses procedimentos definidos, outras informações foram alçadas por meio de um referencial bibliográfico dos dados disponíveis da bacia hidrográfica por meio de pesquisas já realizadas na área ou semelhantes, com base em artigos científicos, dissertações, teses e livros que abrangem, tanto os temas abordados quanto a área de estudo.

Base Cartográfica: A base cartográfica foi essencial para levantar as primeiras informações sobre a área de estudo (informações cartográficas), tais como sua delimitação, curvas de nível, perímetro urbano, áreas úmidas, hidrografias, rodovias, estradas, cotas altimétricas, dentre outras informações essenciais e utilizadas em todos os mapeamentos temáticos.

A base cartográfica foi realizada com auxílio de quatro cartas topográficas disponibilizadas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil – DSG, com base em fotografias aéreas datadas de 1966 e impressas no ano de 1973 (Quadro 1).

Quadro 1: Cartas topográficas utilizadas e suas respectivas nomenclaturas, escala e fonte de dados.

Cartas Topográficas	Folha	Escala	Fonte
Aldeia Lalima	SF.21-X-A-V MI - 2584	1:100.000	Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil – DSG
Jardim	SF.21-X-C-II		
Rio Perdido	SF.21-X-C-I MI-2619		
Vila Campão	SF.21-X-A-IV MI - 2583		

Org.: Elaborado pelo autor.

Com a obtenção e uso das geotecnologias, mais precisamente do SIG ArcGis 10®, realizou-se o georreferenciamento das cartas topográficas, além disso, como um auxílio nos procedimentos de vetorização, utilizou-se as imagens do satélite Sentinel 2A/MSI, órbita 135 e ponto 101, datada de 15 de março de 2017 e também o Modelo Digital de Terreno – MDT da *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM, disponibilizadas pelo *United States Geological Survey* – USGS.

Etapa de Inventário e Análises

Por meio dessas informações iniciais e essenciais como base para os mapeamentos realizados, foi possível passar a próxima etapa da metodologia (inventário e análises). O inventário trouxe importantes dados acerca do objetivo proposto, pois é a etapa que ocorre a maior parte dos levantamentos e elaborações de produtos cartográficos, além das saídas de campo para coleta das águas superficiais, identificação da fragilidade ambiental e das unidades de paisagem da BHRF.

Componentes da Paisagem: A análise dos componentes da paisagem consistiu na identificação das rochas (litologia), distribuição das chuvas, relevo (análise topográfica que inclui a hipsometria, declividade, dissecação horizontal, dissecação vertical e energia potencial erosiva do relevo), solos e uso e cobertura das terras em 1984 e 2017, bem como, seu uso nas áreas legalmente

restritas. Desse modo, foram obtidas variáveis que determinaram as análises, pois além de apontar uma constante integração entre todas estas variáveis, a análise dos componentes da paisagem evidenciou a fragilidade ambiental dessa bacia hidrográfica, possíveis interferências nos recursos hídricos, bem como a identificação das unidades da paisagem.

Litologia: O mapeamento da litologia, mais precisamente o estudo das rochas, unidades morfoestratigráficas e seus elementos estruturais, foi realizado com o auxílio do SIG ArcGis 10®, mediante a utilização do mapa geológico fornecido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Entretanto, devido a escala de 1:1.000.000, foi necessário um maior detalhamento. Esse detalhamento ocorreu pela escala cartográfica realizada nesta pesquisa (1:100.000), em que se apontou algumas distorções das fontes de dados (CPRM) frente à realidade terrestre. Tais ajustes ocorreram mediante imagens de satélite, cartas topográficas e saídas de campo por meio da visualização de afloramentos e manuseio de rochas ao longo de estradas, margens de mananciais e em meio a pastagens e vegetações em toda a BHRF.

Distribuição das Chuvas: Para essa análise foram definidos alguns critérios de classificação, como a proposta por Zavattini (2009) com base na variabilidade das chuvas e massas de ar atuantes no estado de Mato Grosso do Sul. Além disso, para avaliar de forma anual ao longo dos anos, foram utilizados dados de 16 postos pluviométricos, pertencentes à mesma zona climática e disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SINIRH), por meio do HidroWeb da Agência Nacional das Águas.

Relevo: O inventário sobre o relevo da BHRF consistiu na identificação e análise da hipsometria (curvas de nível, altimetria e cotas altimétricas) e energia potencial erosiva do relevo, que é determinada pela declividade, dissecação horizontal e vertical, o que ofereceu informações capazes de apontar as características do relevo da bacia hidrográfica em questão.

• **Hipsometria:** A hipsometria foi realizada com o auxílio do SIG ArcGis 10®, mediante a utilização do MDT/SRTM. Esse modelo proporcionou informações que evidenciaram os fundos de vale, áreas elevadas, altimetria e a determinação das curvas de nível. O método utilizado em sua elaboração foi por meio do modelo *Triangulated Irregular Network* – TIN, ou seja, Rede Triangular Irregular que, segundo Brugnolli (2016), tem a capacidade de representar o relevo em terceira dimensão, já que foi criado por meio das curvas de nível e pontos cotados. De tal modo, foram criados triângulos ao longo de toda a área, em que cada vértice deste apresenta uma altimetria, ocorrendo assim, uma interpolação dos valores altimétricos mediante a criação desses triângulos, que instituem um modelo matemático com valores altimétricos. O módulo para a elaboração da hipsometria é parte componente do *ArcToolbox*, no SIG ArcGis 10®, mais precisamente, por meio do 3*D Analyst Tools > TIN Management > Create TIN.* Seus intervalos podem ser determinados de acordo com a área de pesquisa e com o que se pretende obter do TIN, que neste caso, é uma perspectiva satisfatória do relevo da BHRF, o que tornou possível compartimentar a bacia segundo suas altimetrias.

•**Declividade:** Para a elaboração da declividade foi necessária a importação do MDT/SRTM, além de utilizar as diferenças das cotas (altimetria) entre pontos ao longo de toda a BHRF. Determinando assim, a inclinação do relevo e sua consequente declividade. Esse procedimento foi realizado no SIG ArcGis 10® mediante o módulo *Spatial Analyst > Surface > Slope,* conforme a Figura 3. A declividade foi embasada nas classes do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS (2018), além da utilização, como base, do Lepsch et al. (1991) e Ramalho Filho e Beek (1995), sobretudo pelas classificações do relevo e suas facilidades e limitações

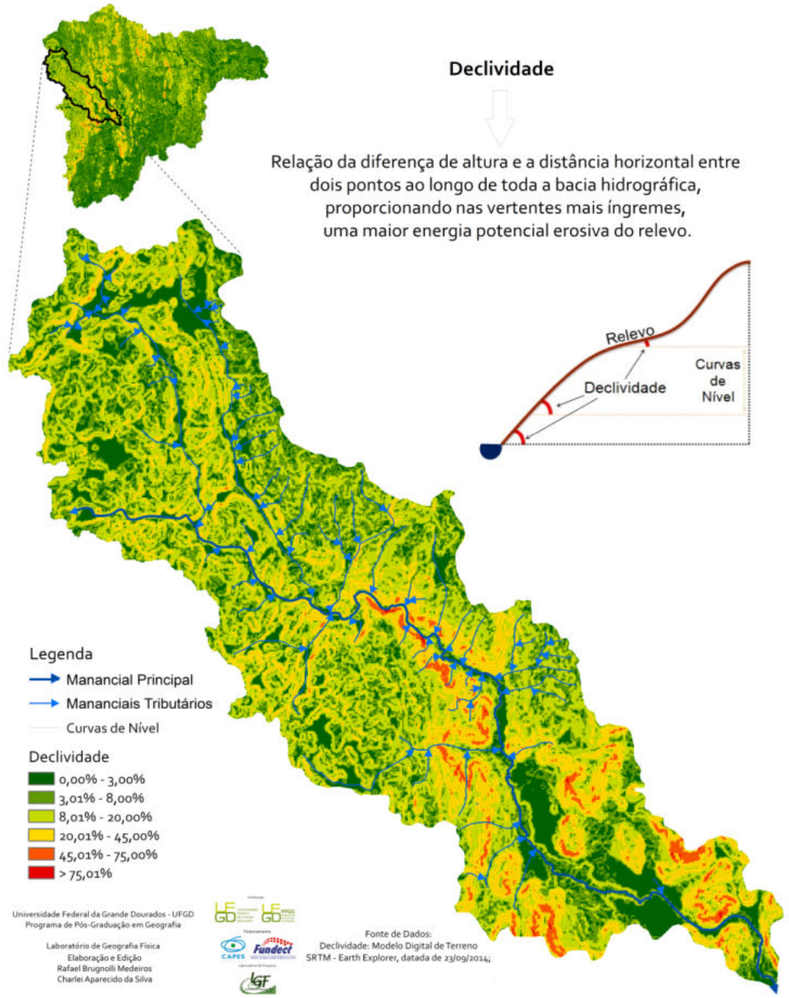


Figura 4: Metodologia para identificação da declividade da bacia hidrográfica.

de uso das terras. Logo, o mapeamento ficou determinado por seis classes, com intervalos variados: 0,00% a 3,00%; 3,01% a 8,00%; 8,01% a 20,00%; 20,01% a 45,00%; 45,01% a 75,00%; e >75,01%. Essa forma de divisão das classes condiz com Brugnolli (2016), no qual o autor afirma que a separação das classes deverá proporcionar uma leitura ampla dos declives da bacia hidrográfica, para definir intervalos e proporcionar que qualquer leitor consiga visualizar o mapa e compreender a sua proposta.

• **Dissecação Horizontal:** A dissecação horizontal incidiu na delimitação das sub-bacias e microbacias. Com o auxílio do MDT/SRTM, foram traçadas as curvas de nível e as delimitações das bacias dos recursos hídricos efêmeros, intermitentes e perenes, por meio da criação de um *Shapefile* de polígonos. Essa proposta metodológica se baseou em Spiridonov (1981), que determina a identificação da dissecação horizontal de acordo com as feições horizontais do relevo. Essas feições são definidas pelo traçado, em linhas retas, que formam um ângulo de 90º com a hidrografia. Essa linha é traçada até o divisor de águas e gera polígonos, cada um destes é determinado por uma classe de dissecação horizontal. De tal forma, segundo Spiridonov (1981) as rampas do terreno demonstram seu aplainamento, pois quanto maior o comprimento dessa rampa menor será o potencial erosivo, sobretudo devido às rampas mais extensas tenderam a um relevo mais aplainado. Assim, foram encontradas as classes de 0 a 100 metros, 100 a 200 metros e assim sucessivamente até alcançar rampas maiores de 2.000 metros, conforme a Figura 4.

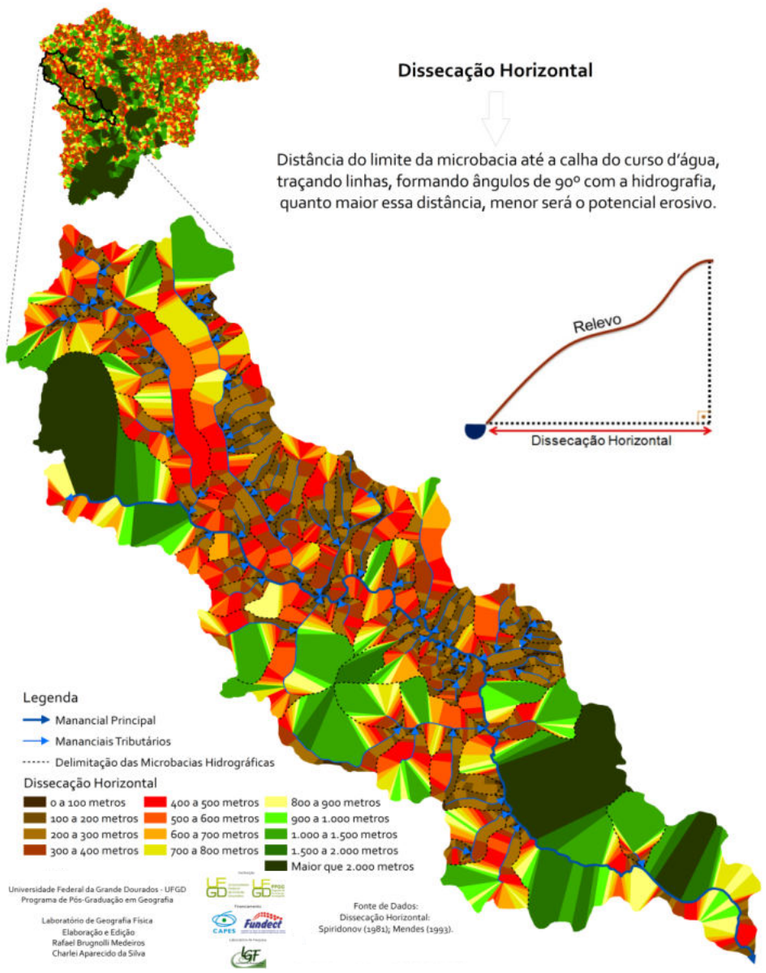


Figura 4: Metodologia para identificar a dissecação horizontal da bacia hidrográfica.

• **Dissecação Vertical:** A dissecação vertical, por sua vez, foi determinada pela delimitação das mesmas sub-bacias e microbacias realizadas com auxílio do MDT/SRTM, em que a criação dos polígonos de dissecação vertical obedeceu às curvas de nível e à hidrografia. Os procedimentos realizados para determinar e analisar as classes de dissecação vertical foram embasados na proposta metodológica de Spiridonov (1981), que delimita classes em cada sub-bacia e/ou microbacia por meio da intersecção da hidrografia com cada curva de nível alcançada. Logo, foram traçadas linhas para cada margem do recurso hídrico (talvegue) até alcançar as linhas cumeadas (divisor de águas). Cada uma dessas classes e intersecções da hidrografia com as curvas de nível determinou seus intervalos de 0 a 20 metros, 20 a 40 metros, 40 a 60 metros e assim, sucessivamente (Figura 5). Cada traçado identificado correspondeu à divisão das classes de dissecação vertical, portanto, quanto mais amplitudes altimétricas nessas delimitações, maior vai ser a dissecação vertical neste setor. Deve-se levar em conta que, quanto maior os índices das classes, maior vai ser o potencial erosivo, pois de acordo com Spiridonov (1981), nas altitudes mais elevadas, o grau de escoamento gravitacional é maior e, consequentemente, maior será a energia potencial erosiva do relevo.

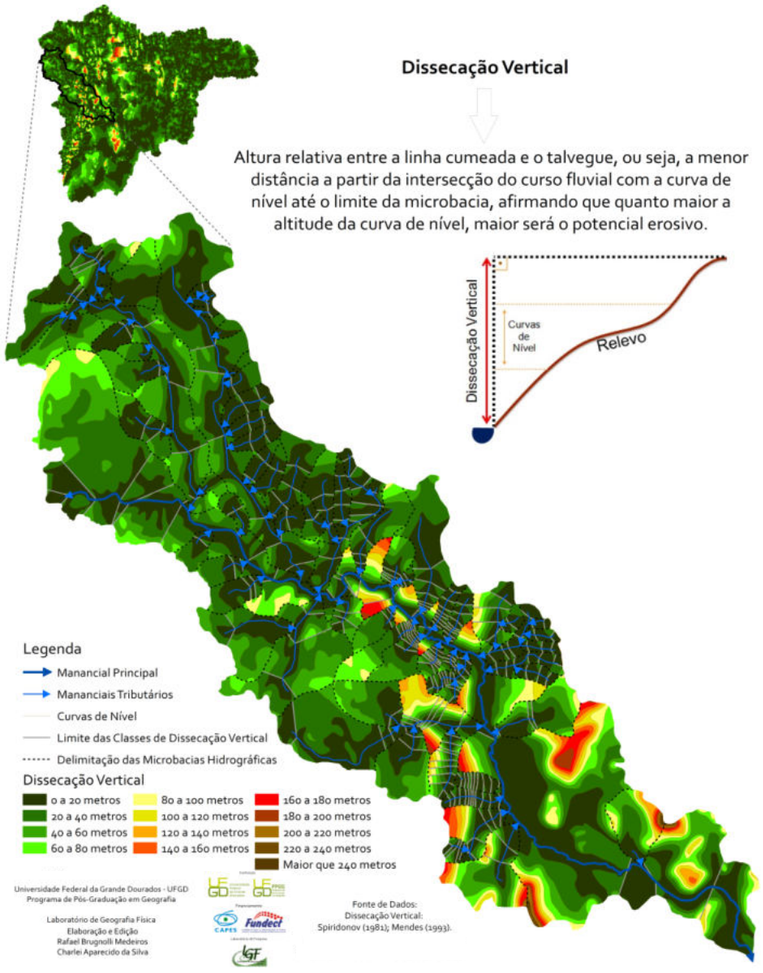


Figura 5: Metodologia para identificar a dissecação vertical da bacia hidrográfica.

• **Energia Potencial Erosiva do Relevo:** A energia potencial erosiva do relevo proporcionou informações capazes de realizar uma análise morfométrica desse relevo, que evidenciou as possíveis influências do deflúvio superficial, vertentes íngremes, entre outros fatores no carreamento de sedimentos e propensão aos processos erosicionais. Seu mapeamento transmitiu o resultado da interação da inclinação do terreno (declividade), o comprimento das rampas (dissecação horizontal) e altimetria dessas rampas (dissecação vertical), embasado na proposta metodológica de Mendes (1993). A identificação e o mapeamento da energia potencial erosiva do relevo da BHRF, segundo Brugnolli (2016), tornam-se imprescindíveis para a assimilação de alguns eventos que ocorrem em bacias hidrográficas e que influenciam na unidade como um todo. A partir do levantamento desses eventos, pode-se analisar a possibilidade do risco e quais suas implicações ambientais. A proposta metodológica consistiu na divisão da BHRF em sub-bacias e microbacias, a fim de definir e integrar seus componentes (declividade, dissecação horizontal e vertical). Essa delimitação dos polígonos foi representada por meio de classes que são determinadas por um peso de influência sobre a energia potencial erosiva. Assim, com os pesos recebidos em cada uma das variáveis analisadas, foi proposta sua interação. Mendes (1993) afirma que as correlações dessas variáveis proporcionam informações capazes de identificar padrões morfométricos do relevo e identificam a energia potencial que o relevo proporciona à bacia hidrográfica, conforme a Equação 1.

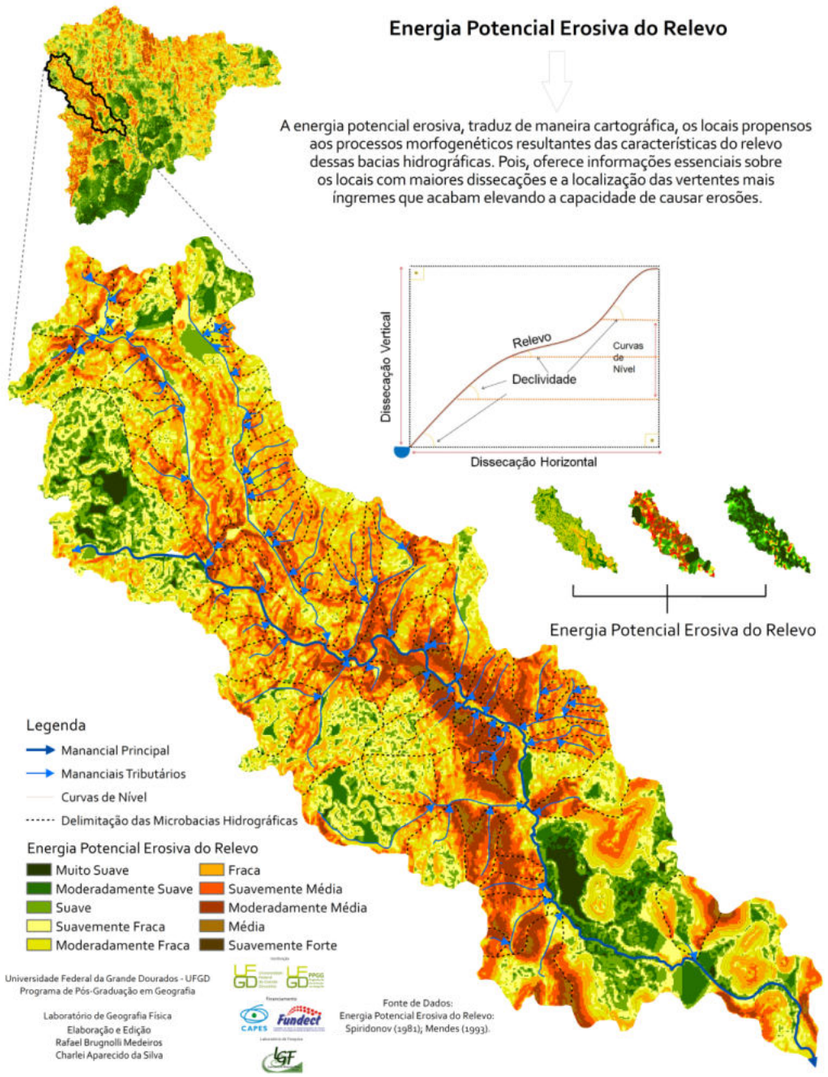


Figura 6: Metodologia para identificar a energia potencial erosiva do relevo da bacia hidrográfica.

$$Eper = \left(\frac{D + DH + DV}{3}\right)$$

Em que:

Eper= Energia Potencial Erosiva do Relevo

D= Declividade

DH= Dissecação Horizontal

DV= Dissecação Vertical

Com a identificação de todas as variáveis analisadas, os dados foram interpolados no SIG ArcGis 10®, por meio do módulo *Spatial Analyst Tools > Overlay > Weighted Overlay*. Esse módulo propõe a interação das informações de forma igualitária, identificando assim, por meio dos pesos inseridos em cada variável, qual componente exerce maior influência sobre determinada área da bacia hidrográfica (Figura 6).

A energia potencial erosiva do relevo proporciona a identificação, em apenas um documento, da geometria do relevo e mostra de forma clara e objetiva os dados morfométricos do relevo e seus respectivos locais com maior propensão aos processos erosivos. Logo, essa energia foi apontada, conforme Brugnolli (2016), como a capacidade potencial de erosão ou a quantidade de perda de solo que a bacia hidrográfica é capaz de promover.

É necessário destacar que adaptações foram realizadas, pois Mendes (1993), Cunha (2001), Gomes (2016) e Brugnolli (2016) afirmam que os intervalos podem variar de acordo com a pesquisa e a área de estudo. Buscou-se, portanto, uma melhor aplicabilidade na área de estudo diante de suas características, tal forma de representação facilitou a visualização e leitura do mapeamento temático por meio de classes dispostas de acordo com a proposta aqui descrita (Tabela 1).

Tabela 1: Classes de energia potencial erosiva do relevo, de acordo com a declividade, dissecação horizontal e dissecação vertical da BHRF.

Classe de Energia Potencial Erosiva do Relevo	Declividade (%)	Dissecação Horizontal (metros)	Dissecação Vertical (metros)
Muito Suave	0,00 a 1,00	> 2.000,00	0,00 a 20,00
Moderadamente Suave	1,01 a 2,00	1.500,01 a 2.000,00	20,00 a 40,00
Suave	2,01 a 3,00	1.000,01 a 1.500,00	40,01 a 60,00
Suavemente Fraca	3,01 a 4,00	900,01 a 1.000,00	60,01 a 80,00
Moderadamente Fraca	4,01 a 6,00	800,01 a 900,00	80,01 a 100,00
Fraca	6,01 a 8,00	700,01 a 800,00	100,01 a 120,00
Suavemente Média	8,01 a 12,00	600,01 a 700,00	120,01 a 140,00
Moderadamente Média	12,01 a 15,00	500,01 a 600,00	140,01 a 160,00
Média	15,01 a 20,00	400,01 a 500,00	160,01 a 180,00
Suavemente Forte	20,01 a 30,00	300,01 a 400,00	180,01 a 200,00
Moderadamente Forte	30,01 a 45,00	200,01 a 300,00	200,01 a 220,00
Forte	45,01 a 75,00	100,01 a 200,00	220,01 a 240,00
Muito Forte	> 75,01	0,00 a 100,00	> 240,00

Org.: Elaborado pelo autor.

Solos: No mapeamento dos solos da BHRF, mesmo com os dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, na escala de 1:100.000 (mesma escala cartográfica dessa pesquisa), foi necessária a realização de um detalhamento pedológico com a realidade terrestre. Isso ocorreu devido a constatação, em saída de campo, de conflitos na espacialização dos solos em alguns locais, posteriormente auxiliados pelas imagens de satélite e cartas topográficas, foram definidas algumas mudanças no solo. Esse detalhamento teve suporte do SIBCS (2018).

De tal forma, sabe-se das normas da FAO (1974), com critérios firmados no esquema referencial do mapa mundial de solos, entretanto, optou-se pelas normas, nomenclaturas e legenda, vinculadas ao SIBCS (2018).

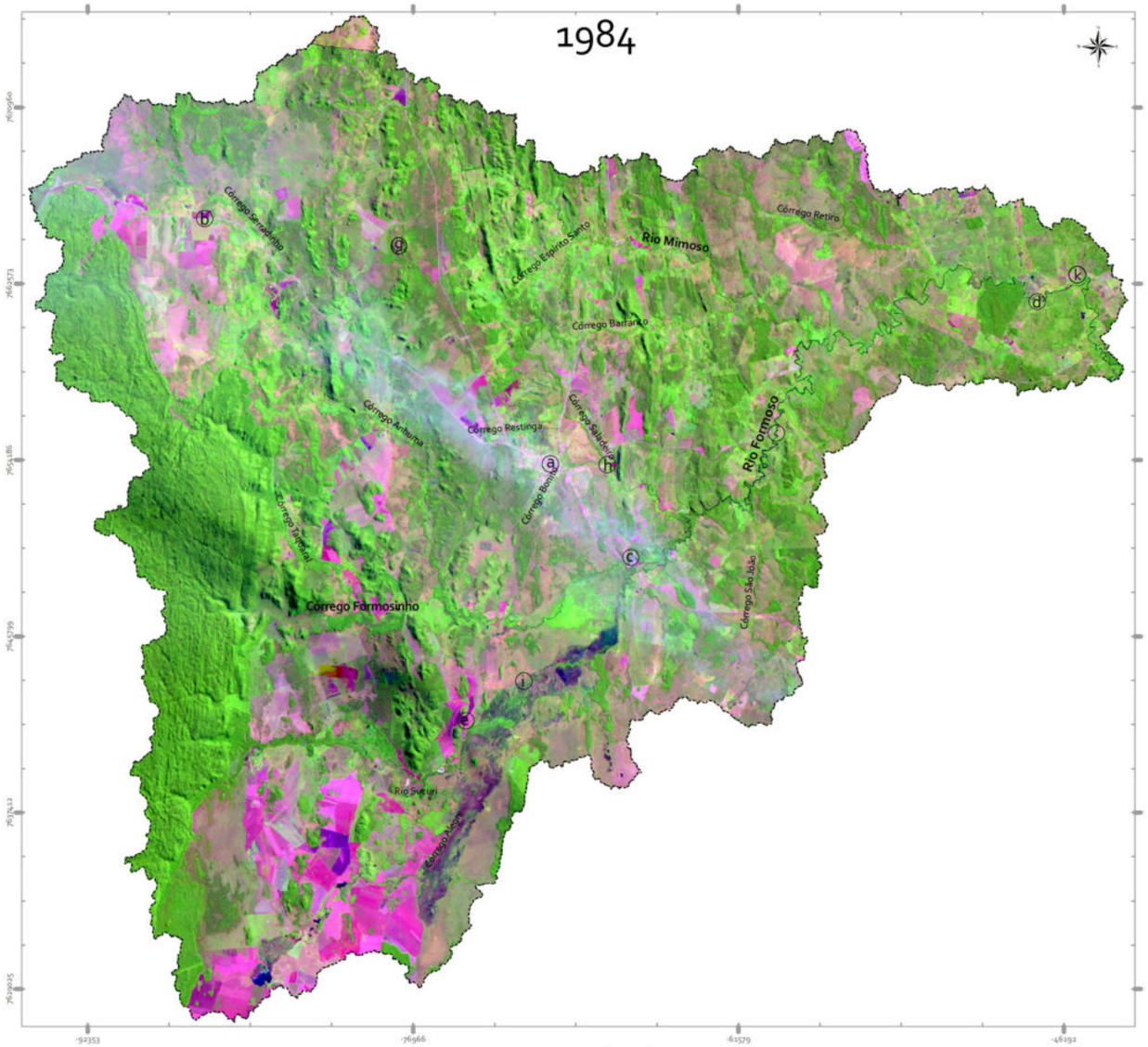
Uso e Cobertura das Terras: O mapeamento do uso e cobertura das terras foi essencial na compreensão da maneira como a BHRF foi ocupada ao longo dos anos e como é seu uso atual. Para tanto, é indispensável o emprego dos SIG's Spring 5.2.7 e ArcGis 10® para manuseio e processamento das imagens de satélite. Nesta pesquisa, optou-se em realizar um mapeamento do uso e cobertura das terras nos anos de 1984 e 2017, pois foi considerado um hiato temporal capaz de evidenciar mudanças ocorridas na bacia hidrográfica. Desse modo, as imagens de satélite utilizadas obedeceram a alguns critérios que são necessários em análises multitemporais, ou seja, foram buscadas imagens com uma proximidade na estação do ano, pois há uma tendência a menos erros com relação ao comportamento espectral dos alvos (pixels), sobretudo, em virtude das precipitações e sua consecutiva umidade do solo. Assim, foram adquiridas imagens gratuitamente por meio do catálogo do INPE para a Landsat 5, sensor TM, do ano de 1984, órbita 224, pontos 74 e 75. Já para o ano de 2017, utilizou-se a Sentinel 2A, sensor MSI, órbita 135, ponto 101 (Quadro 2).

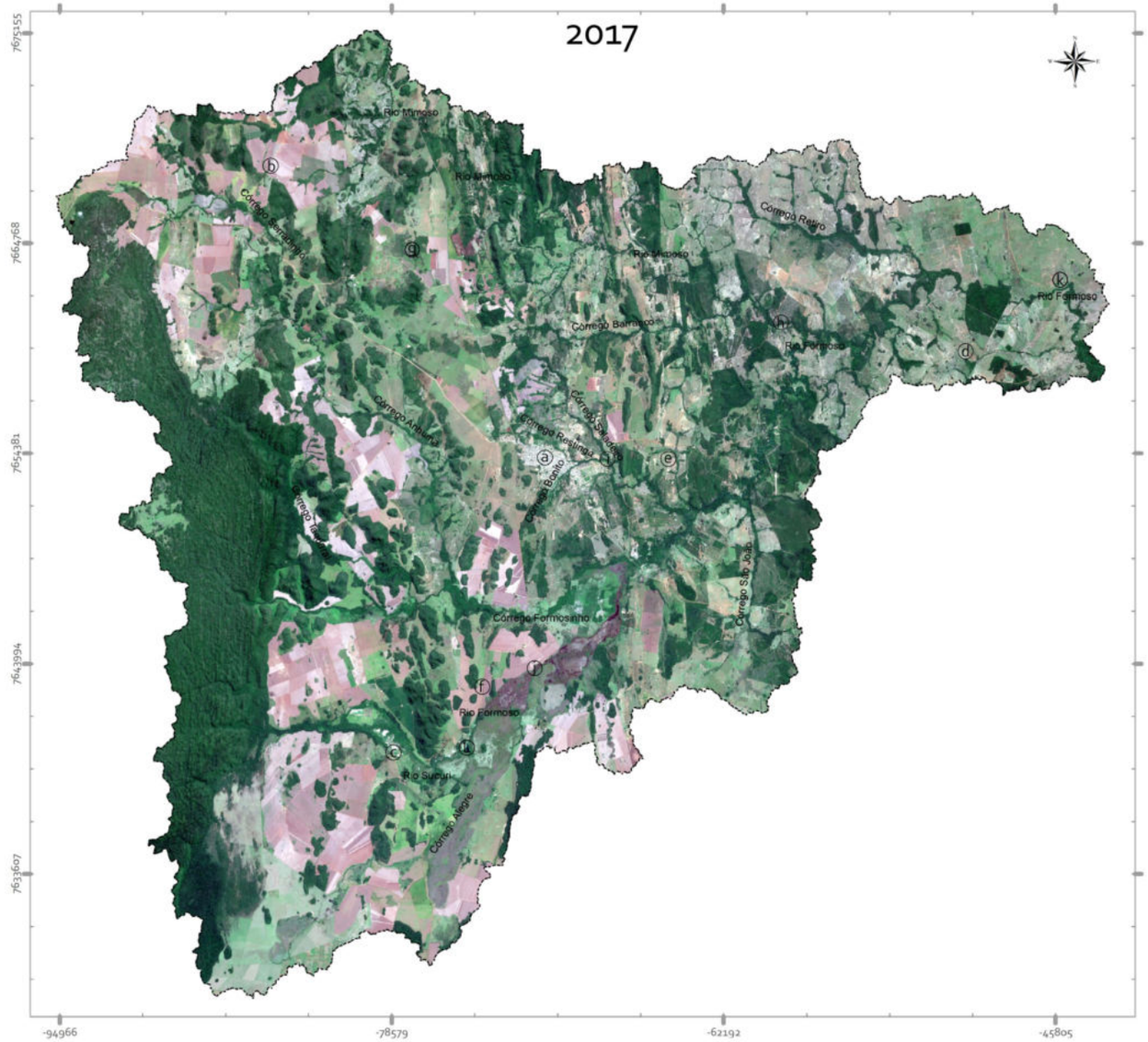
Quadro 2: Imagens de satélites utilizadas, com suas respectivas informações.

Ano das Imagens de Satélite	Data e Mês	Satélite/Sensor	Órbita/Ponto	Bandas Utilizadas	Fonte de Dados
1984	11 de abril	Landsat 5/TM	226/75	Bandas 3, 4 e 5	INPE – Catálogo de Imagens
2017	15 de março	Sentinel 2A/MSI	135/101	Bandas 2, 3 e 4	*Copernicus Open Access Hub*

Org.: Elaborado pelo autor.

O mapeamento do uso e cobertura das terras abrangeu algumas etapas, seguidas de acordo com a proposta de Brugnolli (2016), em que o autor utilizou os mesmos SIG's Spring 5.2.7 e ArcGis 10®. Com essa interpretação, buscaram-se as classes, que neste caso, foram determinadas por: Áreas Urbanizadas; Culturas; Mineração; Pastagem; Solo Exposto; Vegetação Campestre; Vegetação Florestal; Áreas Úmidas com Vegetação Florestal; Áreas Úmidas com Vegetação Campestre. Para suas identificações nas imagens de satélite, criaram-se as cartas imagem de 1984 e 2017 com suas respectivas chaves de interpretação (Figura 7).





Legenda

I - Classes de Uso e Cobertura da Terra 1984	2017	Descrição das Classes de Uso e Cobertura da Terra	Pontos Representativos
Áreas Urbanizadas		Compreendeu construções antrópicas, desde sede de fazendas, atrativos turísticos e a sede do município de Bonito/MS.	a Coordenadas: 22K 552398 7663964 UTM Data: 14/09/2017
Culturas		Classe formada, preferencialmente, por plantações de soja e milho que mesmo entressafras foi classificada como culturas, para que tenha um valor exato deste tipo de uso e cobertura da terra na região da BHRF.	b Coordenadas: 22K 532158 7668813 UTM Data: 14/09/2017
Mineração		Classe caracterizada pela retirada da vegetação, além da escavação para retirada de minerais, podendo ocasionar impactos negativos à mananciais hídricos próximos. Assim, é definida por sua assinatura espectral, sobretudo por não possuir, em alguns casos, vegetação sobre o solo, deixando-o exposto.	c Coordenadas: 22K 544687 7649751 UTM Data: 14/09/2017
Pastagem		Esta classe não apresenta uma assinatura espectral uniforme, podendo ser variada conforme a presença ou não de árvores dispersas. É uma classe utilizada para criação de gado de corte ou apenas pastagens deixadas em pousio.	d Coordenadas: 22K 575550 7668444 UTM Data: 14/09/2017
Silvicultura		Está relacionado à monocultura de eucalipto, este tipo de cultura deixa o solo praticamente em repouso com um aumento significativo do material vegetal advindo de galhos e folhas que caem na superfície, que acaba favorecendo a proteção do solo, mais do que em áreas ocupadas por pastagens, por exemplo.	e Coordenadas: 22K 558759 7663666 UTM Data: 14/09/2017
Solo Exposto		Determinados pela ausência de cobertura vegetal. Tal fato traduz em uma assinatura espectral próxima ao branco (em condições secas) e próxima ao roxo (com umidade no solo). Essa classe apresenta maior fragilidade aos processos erosivos devido à falta de vegetação que recobra o solo, ocasionando grandes carreamentos de sedimentos.	f Coordenadas: 22K 542087 7652829 UTM Data: 07/11/2016

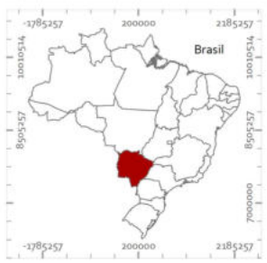
I - Classes de Uso e Cobertura da Terra 1984	2017	Descrição das Classes de Uso e Cobertura da Terra	Pontos Representativos
Vegetação Campestre		Classe muito próxima da pastagem, diferenciando pelo seu caráter natural, ou seja, é evidenciada por uma vegetação rasteira, mas que não foi modificada pela ação do homem. Sua assinatura espectral é textural não uniforme, variando a coloração dos tons de verde.	g Coordenadas: 22K 545535 7674117 UTM Data: 14/11/2016
Vegetação Florestal		Classe que apresenta estruturas complexas capazes de minimizar o efeito dos ventos, deflúvio superficial e promovem uma melhor fixação do solo, devido à suas raízes serem profundas. A verticalização desta classe acaba protegendo o solo, pois os topos das árvores promovem uma cobertura considerável e acabam exercendo papel de filtro biológico. Sua assinatura espectral é textural não uniforme, variando a coloração dos tons de verde.	h Coordenadas: 22K 564540 7670168 UTM Data: 07/11/2016
Áreas Úmidas com Vegetaçao Florestal		Abrangeu locais com formações preferencialmente herbáceo-subarbustivas que se desenvolvem em terrenos úmidos ou alagados. Estes campos situam-se, geralmente, em terrenos planos, como nos fundos de vale, podendo ou não estar associadas as áreas de nascentes ou depressões que acumulam água. Sua assinatura espectral é textural não uniforme, variando a coloração dos tons de verde.	i Coordenadas: 22K 555769 7649279 UTM Data: 14/09/2017
Áreas Úmidas com Vegetaçao Campestre		Classe preferencialmente localizada em terrenos úmidos, onde a vegetação rasteira é predominante. Pode ocorrer algumas árvores de maior porte, mas em sua maioria, são terrenos rasteiros com áreas parcialmente ou totalmente alagadas.	j Coordenadas: 22K 551886 7643834 UTM Data: 07/11/2016
Áreas Úmidas com Pastagem		Essa vegetação de pastagem (já antropizada) apresenta um solo hidromórfico, constatada por uma assinatura espectral mais escura textural não uniforme, variando a coloração dos tons de verde.	k Coordenadas: 22K 576188 7671236 UTM Data: 14/10/2016
Massas de Água		As massas de água são caracterizadas por toda a rede de drenagem da BHRF, seja o rio Formoso, Mimoso e Sucuri, como o córrego Formosinho, que são as maiores áreas de água encontradas, bem como, os afluentes perenes e temporários, além das hidrografias represadas.	l Coordenadas: 22K 548314 7649845 UTM Data: 16/05/2017

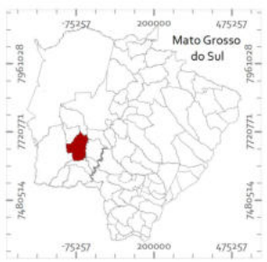
FIGURA 7: CARTAS IMAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL, EM 1984 E 2017

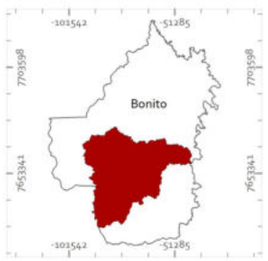
Escala Gráfica

0 1 2 4 Km

Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 22
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros







Fonte de Dados 1984:
Uso e Cobertura da Terra: INPE
Imagens do Satélite Landsat 5, sensor TM, bandas 3, 4 e 5, órbita 226, ponto 075, datadas de 11/04/1984.
Convenções Cartográficas: Landsat 5, sensor TM, bandas 3, 4 e 5, órbita 226, ponto 075, datadas de 11/04/1984;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Fonte de Dados 2017: Uso e Cobertura da Terra
Sentinels Scientific Data Hub - Copernicus
Imagens do Satélite Sentinel 2A, bandas 2, 3 e 4, órbita: 135, ponto 103, datadas de 15/03/2017.
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita:226, ponto 74 e 75 e bandas 4, 5 e 6 (RGB) e 8 (pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

Áreas Protegidas pela Legislação Ambiental: O mapa de legislação ambiental diz respeito a todas as áreas restritas legalmente, que abrangem desde APP's, UC's, RPPN's, MNE's, até as faixas de proteção especial. Cada uma possui sua legislação especifica, como as áreas previstas pelo Código Florestal, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), que discorre sobre a proteção da vegetação nativa. Portanto, ao trabalhar com o Brasil (2012), adotaram-se medidas de proteção relacionadas à:

a) Faixas marginais de qualquer manancial hídrico, seja ele perene e/ou intermitente:

- 30 metros, para cursos d'água que tenham menos de 10 metros de largura;
- 50 metros, para cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura;
- 100 metros, para cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura;
- 200 metros, para cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura;
- 500 metros, para cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros.

b) Áreas no entorno de lagos e lagoas naturais:

- 50 metros, em zonas rurais, em recursos hídricos com até 0,20km² de superfície;
- 100 metros, em zonas rurais, em recursos hídricos maiores que 0,20km² de superfície;
- 30 metros, em zonas urbanas.

c) Áreas no entorno de reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

d) As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 metros;

e) Encostas ou partes destas com declividade superior a 45º;

f) Tipo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25º;

g) Veredas, com largura mínima de 50 metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

O Código Florestal se tornou a legislação reinante quando se trata da questão ambiental, entretanto, algumas outras formas legais de proteção são definidas no município de Bonito. No momento em que é levado em consideração o rio Formoso, adotam-se duas importantes leis: Lei nº 1.871, de 15 de Julho de 1998 (MATO GROSSO DO SUL, 1998), que discorre sobre a forma de conservação da natureza, proteção do meio e defesa das margens nas áreas contíguas ao rio Formoso; e a Lei nº 2.223, de 11 de abril de 2001 (MATO GROSSO DO SUL, 2001), que traz consigo questões relacionadas aos rios cênicos e a responsabilidade de proprietários de imóveis rurais e urbanos em fiscalizar e conservar os mananciais. Por meio dessas leis adotaram-se questões relativas à:

a) Criar Faixa de Proteção Especial de 300 (trezentos) metros de largura no rio Prata, rio Formoso e seus afluentes, que proíbe sua utilização para atividades de agricultura, extração de madeira, indústria de qualquer tipo e porte, extração mineral de qualquer substância e criação de pequenos animais, com exceção feita à pecuária, apicultura e ecoturismo, esta última, desde que apresenta um licenciamento ambiental.

Outras leis na esfera municipal merecem destaque, como a Lei Orgânica do Município de Bonito, de 05 de abril de 1990 (BONITO, 1990), que visa restringir possíveis problemas relacionados aos sistemas fluviais da região, sobretudo no que diz respeito à manutenção de rios para o município de Bonito e região, partindo assim, para:

a) A proibição do desmatamento, descaracterização e qualquer outro tipo de degradação ao meio ambiente no trecho de 50 metros das margens de todos os rios e mananciais na área rural e de 30 metros das margens de todos os rios e mananciais na área urbana do município.

Já com relação às áreas protegidas pela legislação que estejam relacionadas ao PARNA da Serra da Bodoquena, RPPN's e os MNE's, existem outros decretos e deliberações:

a) Parque Nacional da Serra da Bodoquena;

- Decreto sem número de 21 de setembro de 2000 (BRASIL, 2000);

b)Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda São Geraldo;

- Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos hídricos de Mato Grosso do Sul - Sema/MS por meio da Deliberação do Conselho Estadual de Controle Ambiental (CECA) n° 003/1998. (MATO GROSSO DO SUL, 1998);

c) Reserva Particular do Patrimônio Natural de São Pedro da Barra;

- Conselho Estadual de Controle Ambiental- CECA/MS, no 4 de 11 de julho de 2003. (MATO GROSSO DO SUL, 2003);

d) Monumento Natural Estadual da Gruta do Lago Azul

- Decreto 10.394 de 11 de junho de 2001 (MATO GROSSO DO SUL, 2001);

e) Monumento Natural Estadual do rio Formoso;

- Decreto 11.453 de 23 de outubro de 2003 (MATO GROSSO DO SUL, 2003);

Nesses mapeamentos das APP's (BRASIL, 2012), e das áreas protegidas legalmente (Bonito, 1990; MATO GROSSO DO SUL, 1998 e 2001), foi realizado um *buffer* de acordo com orientações da legislação, informações estas que visaram apontar usos indevidos nas áreas legalmente restritas.

Para o delineamento das áreas protegidas, foi utilizado o ambiente SIG ArcGis 10®, em que é traçado tanto os recursos hídricos (*buffer*), quanto as áreas de declive acentuado (*shape* de polígonos), topos de morros (*shape* de polígonos), nascentes (*shape* de pontos para cada nascente) e MNE, RPPN e o PARNA da Serra da Bodoquena (*shapes* de polígonos). Todos esses foram traçados por meio da utilização das imagens do satélite Sentinel 2A, sensor MSI, órbita 135, ponto 101, do ano de 2017 e do MDT/SRTM.

Fragilidade Ambiental: é resultante da interação do meio físico e uso antrópico, e foi capaz de oferecer informações capazes de apontar os locais mais frágeis diante dos processos erosicionais. A primeira etapa na realização da fragilidade ambiental foi a transformação dos arquivos vetoriais dos componentes ambientais em arquivos matriciais. Para tanto, utilizou-se o tratamento das informações em ambiente SIG ArcGis 10®, que necessita de uma conversão para a elaboração e edição dos pesos de cada aspecto presente nos componentes da paisagem. Logo, utilizou-se o módulo *Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*, em que todas as informações matriciais se transformaram em pesos.

Com todas as reclassificações realizadas, a avaliação dos componentes da bacia hidrográfica obedeceu a critérios com relação à atribuição destes respectivos pesos de fragilidade. Essa correlação entre as variáveis ocorreu mediante o módulo *Spatial Analyst Tools > Overlay > Weighted Overlay,* em que se abordam os componentes: rocha, solo, precipitação, relevo e uso e cobertura das terras (Figura 8).

Na determinação desses pesos, seguiu-se a proposta de Ross (1994), que sistematiza em hierarquias representadas pelas classes Muito Baixa (1), Baixa (2), Média (3), Alta (4) e Muito Alta (5), de acordo com seu grau de fragilidade ambiental. Contudo, ressalta-se aqui que a metodologia consistiu em apenas utilizar as hierarquias e nomenclaturas, pois na elaboração dos pesos para cada variável, foram levadas em consideração as características da área de estudo, escala utilizada, forma de interação dos mapas e conhecimento empírico do pesquisador.

Perante a decisão dos pesos e seus cálculos para alcançar a fragilidade ambiental, foi necessário levar em consideração que a proposta desta pesquisa parte do princípio sistêmico e assume que cada variável exerceu um peso sobre as demais unidades, o que auxiliou na produção de um mapa síntese da correlação entre os componentes presentes na BHRF. Esse mapeamento determinou as unidades de paisagem, que por sua vez, implicou no zoneamento ambiental.

Portanto, ao trabalhar com componentes citados, observou-se critérios previamente estabelecidos na busca por um índice satisfatório e que traga uma ideia real da fragilidade ambiental dos componentes. Em relação às rochas, foram considerados o tempo geológico, fragilidade e grau de coesão das rochas à morfogênese e de suas composições mineralógicas. Para a precipitação, observaram-se os índices das chuvas durante o ano de análise (2017); na energia potencial erosiva do relevo trabalhou-se com questões relativas à inclinação das vertentes (declividade), o comprimento das vertentes (dissecação horizontal) e a amplitude dessas rampas do terreno (dissecação vertical); nos solos observaram-se questões como porosidade, textura, profundidade e maturidade; no uso e cobertura das terras avaliou-se o porte da cobertura vegetal, proteção ao solo e densidade dessa vegetação, conforme o Quadro 3.

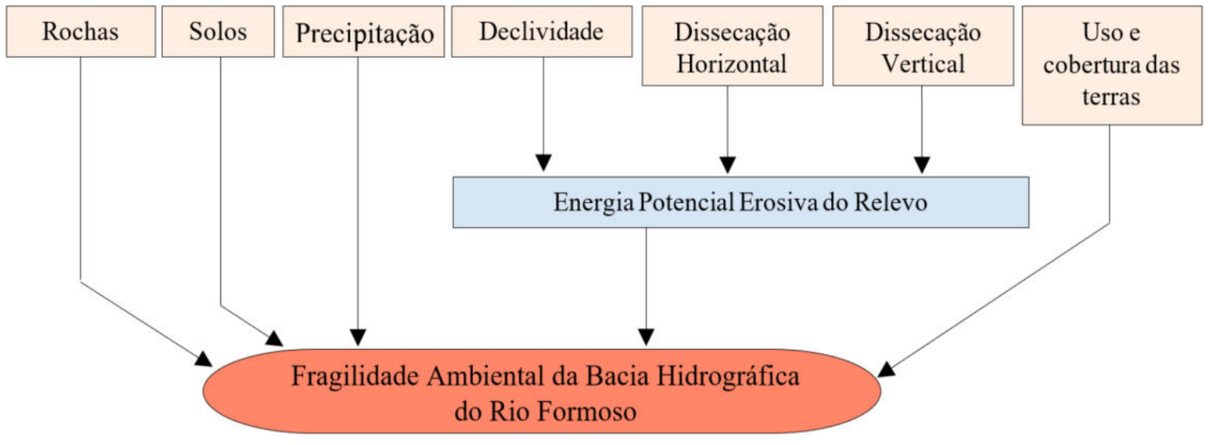


Figura 8: Componentes utilizados para a interpolação da fragilidade ambiental da BHRF.

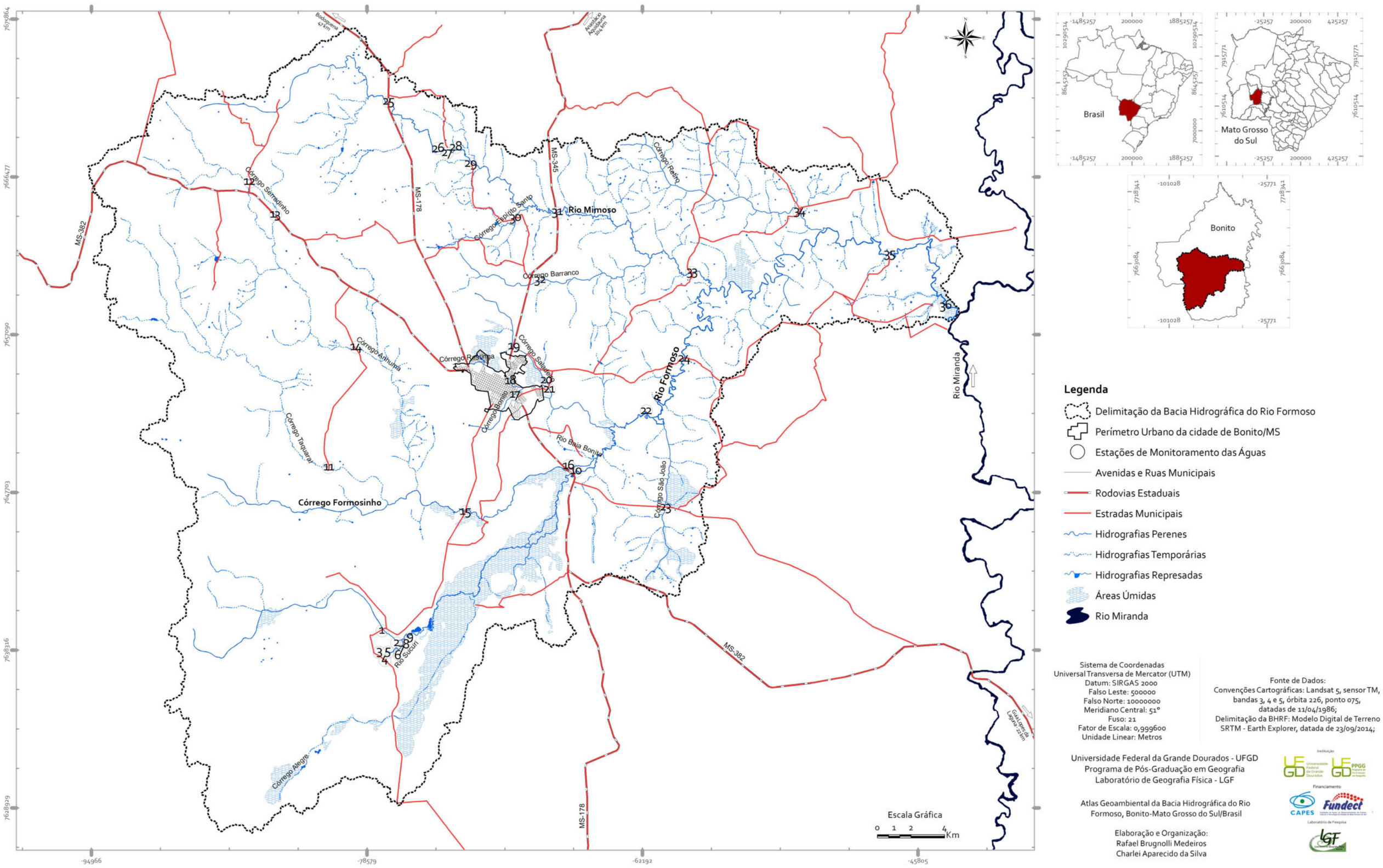
Quadro 3: Metodologias e critérios para a definição das distinções dos pesos para a identificação da fragilidade ambiental da BHRF, Bonito/MS.

Componentes da Paisagem		Critérios para a elaboração das distinções	Autores Utilizados
Rochas		• Tempo geológico; • Estabilidade dos minerais; • Resistência das rochas.	• CPRM (2006); • Sallun Filho, Karmann e Boggiani (2004); • Campanha et al. (2011).
Precipitação		• Índices das Chuvas.	• Crepani et al. (2001); • Zavattini (2009).
Solos		• Porosidade; • Textura; • Profundidade e Maturidade.	• SIBCS (2018); • Ross (1994).
Energia Potencial Erosiva do Relevo	Declividade	• Inclinação das vertentes.	• Crepani et al. (2001); • SIBCS (2018); • Ross (1994).
	Dissecação Horizontal	• Topografia do relevo; • Distância percorrida do canal fluvial até o limite de sua respectiva sub-bacia; • Comprimento das rampas.	• Spridonov (1981); • Mendes (1993).
	Dissecação Vertical	• Topografia do relevo; • Distância percorrida da intersecção do canal fluvial com a curva de nível até o limite de sua respectiva sub-bacias; • Amplitude das rampas.	• Spiridonov (1981); • Mendes (1993).
		• Potencialidade aos processos erosicionais.	• Mendes (1993).
Uso e cobertura das terras		• Porte dessa cobertura vegetal; • Proteção ao solo; • Densidade da Vegetação;	• Crepani et al. (2001); • SIBCS (2018); • Ross (1994); • IBGE (2013).

Org.: Elaborado pelo autor.

Análise dos Recursos Hídricos: As variáveis que determinam a qualidade das águas superficiais e sua velocidade de fluxo são correlacionadas, pois a última causa modificações nos parâmetros físicos e químicos. Portanto, suas análises evidenciaram algumas alterações que podem comprometer o equilíbrio dos sistemas fluviais, além de apontar algum tipo de modificação advinda dos componentes físicos e antrópicos da bacia hidrográfica e que proporciona impactos negativos aos recursos hídricos. Essas análises foram realizadas ao longo de diversos pontos na bacia hidrográfica (Figura 9) e ao longo de duas saídas de campo, uma realizada na estação do verão e outra no inverno, ambas no ano de 2017. Com isso, selecionou-se previamente 36 pontos que foram escolhidos segundo alguns fatores principais: Facilidade de acesso por meio de estradas e rodovias, além da autorização da entrada em alguns atrativos turísticos; Pontos considerados potenciais de contaminação e alteração nos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais, ou seja, próximos às culturas, pastagens e áreas urbanizadas; Pontos com mata ciliar bem composta, o que pode comprovar algumas influências que estas trazem para a qualidade das águas; Procurou-se estabelecer pontos em todas as sub-bacias da BHRF, com exceção feita a dois mananciais: o primeiro deles é o córrego Alegre, já que não foi possível ter coletas em seu canal fluvial por não apresentar água ao longo das saídas de campo realizadas desde o início desta pesquisa; e o segundo é o rio Baia Bonita, que possui acesso por meio de atrativos turísticos que não autorizaram a entrada dos pesquisadores para a coleta das águas, e também não existe outra forma de acesso ao manancial nesses trechos.

FIGURA 9: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL



Pontos de Monitoramento	Descrição dos Pontos de Monitoramento das Águas Superficiais	Pontos Representativos	Pontos de Monitoramento	Descrição dos Pontos de Monitoramento das Águas Superficiais	Pontos Representativos	Pontos de Monitoramento	Descrição dos Pontos de Monitoramento das Águas Superficiais	Pontos Representativos
Ponto 1	Rio Formoso – Alto Curso Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Chernossolo háplico órtico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Predominância de vegetação florestal com seu entorno voltado à mineração do calcário Xaraiés e agricultura de soja	 Coordenadas: 21K 545558 7649683 UTM Data: 15/03/2017	Ponto 13	Córrego Serradinho - médio curso Litologia: Formação Cerradinho Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 540155 7674357 UTM Data: 15/03/2017	Ponto 25	Rio Mimoso – médio curso Litologia: Formação Bocaina Solos: Chernossolo rêndzico órtico Declividade: 20,00% a >75,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal bem conservada em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 547057 7680832 UTM Data: 15/03/2017
Ponto 2	Rio Formoso - montante do rio Sucuri Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Chernossolo háplico órtico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Predominância de vegetação florestal com seu entorno voltado à pastagens, com criação de gado e agricultura de soja	 Coordenadas: 21K 546638 7649009 UTM Data: 16/03/2017	Ponto 14	Córrego Anhuma - médio curso Litologia: Formação Bocaina Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 6,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por culturas em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 544503 7666449 UTM Data: 15/03/2017	Ponto 26	Rio Mimoso – cachoeira do Mutum Litologia: Formação Tamengo Solos: Chernossolo rêndzico órtico Declividade: 20,00% a >75,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal bem conservada em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 550573 7677903 UTM Data: 15/03/2017
Ponto 3	Rio Sucuri - nascente Rochas: Formação Cerradinho Solos: Chernossolo háplico órtico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Predominância de vegetação florestal com seu entorno voltado à pastagens com criação de gado e agricultura de soja	 Coordenadas: 21K 545696 7648287 UTM Data: 21/09/2017	Ponto 15	Córrego Formosinho - médio curso Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Nitossolo vermelho distrófico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por culturas em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 550727 7656568 UTM Data: 15/03/2017	Ponto 27	Rio Mimoso – cachoeira do sol Litologia: Formação Puga Solos: Chernossolo rêndzico órtico Declividade: 20,00% a >75,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal bem conservada em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 551011 7677918 UTM Data: 15/03/2017
Ponto 4	Rio Sucuri - ressurgência Rochas: Formação Cerradinho Solos: Chernossolo háplico órtico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Predominância de vegetação florestal com seu entorno voltado à pastagens com criação de gado e agricultura de soja	 Coordenadas: 21K 545705 7648337 UTM Data: 21/09/2017	Ponto 16	Córrego Formosinho - baixo curso Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal com a presença de mineração próximo à margem esquerda	 Coordenadas: 21K 557054 7658766 UTM Data: 13/03/2017	Ponto 28	Rio Mimoso – cachoeira do Sinhozinho Litologia: Formação Puga Solos: Chernossolo rêndzico órtico Declividade: 45,00% a >75,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal bem conservada em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 551301 7677901 UTM Data: 15/03/2017
Ponto 5	Rio Sucuri - alto curso Rochas: Formação Cerradinho Solos: Chernossolo háplico órtico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Predominância de vegetação florestal com seu entorno voltado à pastagens com criação de gado e agricultura de soja	 Coordenadas: 21K 545753 7648354 UTM Data: 16/03/2017	Ponto 17	Córrego Bonito - montante do córrego Restinga Litologia: Subunidade pelítica do grupo Cuiabá Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada pelas áreas urbnizadas de Bonito	 Coordenadas: 21K 539150 7663326 UTM Data: 13/03/2017	Ponto 29	Rio Mimoso – médio curso Litologia: Formação Puga Solos: Chernossolo rêndzico órtico Declividade: 3,00% a 20,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal bem conservada, com a presença de pastagem na vertente esquerda e culturas na vertente direita	 Coordenadas: 21K 552158 7676957 UTM Data: 14/03/2017
Ponto 6	Rio Sucuri - médio curso Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Chernossolo háplico órtico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Predominância de vegetação florestal com seu entorno voltado à pastagens com criação de gado e agricultura de soja	 Coordenadas: 21K 546663 7648679 UTM Data: 16/03/2017	Ponto 18	Córrego Restinga - médio curso Litologia: Subunidade pelítica do grupo Cuiabá Solos: Nitossolo vermelho distrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Pouca vegetação florestal cercada pelas áreas urbnizadas de Bonito	 Coordenadas: 21K 553672 7664169 UTM Data: 15/03/2017	Ponto 30	Córrego Espírito Santo - baixo curso Litologia: Subunidade psamítica do grupo Cuiabá Solos: Chernossolo rêndzico órtico Declividade: 0,00% a 20,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 554374 7673772 UTM Data: 14/03/2017
Ponto 7	Rio Sucuri - foz Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Chernossolo háplico órtico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Predominância de vegetação florestal com seu entorno voltado à pastagens com criação de gado e agricultura de soja	 Coordenadas: 21K 546659 7648974 UTM Data: 16/03/2017	Ponto 19	Córrego Saladeiro - médio curso Litologia: Subunidade pelítica do grupo Cuiabá Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 553897 7666141 UTM Data: 15/03/2017	Ponto 31	Rio Mimoso – jusante do córrego Espírito Santo Litologia: Subunidade carbonática do grupo Cuiabá Solos: Nitossolo vermelho distrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 556759 7673923 UTM Data: 14/03/2017
Ponto 8	Rio Formoso - jusante do rio Sucuri Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Chernossolo háplico órtico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Predominância de vegetação florestal com seu entorno voltado à pastagens com criação de gado e agricultura de soja	 Coordenadas: 21K 546690 7649036 UTM Data: 21/09/2017	Ponto 20	Córrego Saladeiro - foz Litologia: Subunidade pelítica do grupo Cuiabá Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 555902 7663789 UTM Data: 14/03/2017	Ponto 32	Córrego Barranco – médio curso Litologia: Subunidade carbonática do grupo Cuiabá Solos: Nitossolo vermelho distrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 554971 7669780 UTM Data: 14/03/2017
Ponto 9	Rio Formoso - alto curso Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal na margem direita e gramíneas na margem esquerda.	 Coordenadas: 21K 546820 7649219 UTM Data: 21/09/2017	Ponto 21	Córrego Bonito - jusante do córrego Saladeiro Litologia: Subunidade pelítica do grupo Cuiabá Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 555894 7663642 UTM Data: 14/03/2017	Ponto 33	Rio Mimoso – baixo curso Litologia: Subunidade psamítica do grupo Cuiabá Solos: Chernossolo rêndzico órtico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 564674 7670081 UTM Data: 14/03/2017
Ponto 10	Rio Formoso - balneário municipal Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal na margem esquerda e gramíneas na margem direita	 Coordenadas: 21K 557479 7658571 UTM Data: 13/03/2017	Ponto 22	Rio Formoso - balneário do sol Litologia: Subunidade psamítica do grupo Cuiabá Solos: Neossolo regolítico distrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal (direita) e atrativo turístico (esquerda), com gramíneas	 Coordenadas: 21K 561660 7661942 UTM Data: 14/03/2017	Ponto 34	Córrego Retiro – médio curso Litologia: Subunidade pelítica do grupo Cuiabá Solos: Latossolo vermelho distrófico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 571159 7673481 UTM Data: 14/03/2017
Ponto 11	Córrego Taquaral - médio curso Rochas: Formação Serra da Bodoquena Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 6,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada de culturas (esquerda) e pastagens (direita)	 Coordenadas: 21K 542701 7659412 UTM Data: 20/09/2017	Ponto 23	Córrego São João - médio curso Litologia: Subunidade pelítica do grupo Cuiabá Solos: Latossolo vermelho distrófico Declividade: 0,00% a 6,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada de pastagens em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 562488 7656281 UTM Data: 13/03/2017	Ponto 35	Rio Formoso - baixo curso Litologia: Subunidade psamítica do grupo Cuiabá Solos: Plintossolo háplico distrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambos os lados	 Coordenadas: 21K 576662 7670585 UTM Data: 14/03/2017
Ponto 12	Córrego Serradinho - médio curso Rochas: Formação Cerradinho Solos: Gleissolo háplico ta eutrófico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por culturas em ambas as margens	 Coordenadas: 21K 538768 7676456 UTM Data: 15/03/2017	Ponto 24	Rio Formoso - médio curso Litologia: Subunidade psamítica do grupo Cuiabá Solos: Latossolo vermelho distrófico Declividade: 0,00% a 8,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal cercada por pastagens em ambos os lados	 Coordenadas: 21K 563958 7665027 UTM Data: 14/03/2017	Ponto 36	Rio Formoso - próximo à foz Litologia: Formação Aquidauana e Depósitos Aluvionares Solos: Gleissolo tiomórfico húmico Declividade: 0,00% a 3,00% Uso e Cobertura da Terra: Vegetação florestal bem preservada com pastagens nas vertentes de ambas as margens	 Coordenadas: 21K 579455 7667704 UTM Data: 14/03/2017

A obtenção da velocidade de fluxo das águas superficiais ocorreu mediante a mensuração em campo, por meio do equipamento *Global Water FP101 – FP201 Global Flow Probe***.** Esse equipamento beneficia a análise, pois determina a velocidade em km/h, além de seu manuseio ser rápido e prático em campo.

Nesta pesquisa, a qualidade das águas superficiais foi definida mediante seus parâmetros físicos e químicos, que foram determinados por meio de análises realizadas em trabalhos de campo. Cada variável tem sua importância na avaliação da qualidade das águas. Os principais parâmetros são: o Oxigênio Dissolvido (miligramas por litro - mg/L), pH, Temperatura da água (graus *Celsius* - ºC), Condutividade Elétrica (micro siemens por centímetro - uS/cm) e Turbidez (Unidades Nefelométricas de Turbidez - NTU). Ainda foram mensurados alguns parâmetros auxiliares como o Potencial Redox (mili-Volts, mV), Sólidos Totais Dissolvidos (miligramas por litro - mg/) e Salinidade.

Na análise dos parâmetros para mensuração da qualidade das águas superficiais da BHRF, foi utilizado o *Horiba U-50 Series Multiparameter water Quality Unit's***.**

Na identificação das classes de limitações de uso da água, foram utilizadas cores de acordo com resoluções do CONAMA, que estão relacionadas com o Índice de Qualidade das Águas – IQA (CETESB, 2006). O Quadro 4 apresenta os limites para o enquadramento das águas doces brasileiras, utilizando-se da resolução 357/2005 do CONAMA. Esses parâmetros podem identificar a contaminação dos recursos hídricos, e o resultado encontrado foi determinante para os objetivos desta pesquisa.

Quadro 4: Limites dos parâmetros para enquadramento das águas superficiais.

Parâmetros para o Enquadramento das Águas							
Classes	**OD**	**pH**	**Turbidez**	**CE**	**TDS**	**ORP**	**Salinidade**
Classe Especial	> 10,0 mg/L	6,0 a 9,0	0 a 20 NTU	0 a 50 uS/cm	0 a 200 mg/L	0 a 300 mV	0,00
Classe I	10 a 6 mg/L	6,0 a 9,0	20 a 40 NTU	50 a 75 uS/cm	200 a 300 mg/L	300 a 400 mV	0,00
Classe II	6 a 5 mg/L	6,0 a 9,0	40 a 70 NTU	75 até 100 uS/cm	300 a 400 mg/L	400 a 500 mV	0,00
Classe III	5 a 4 mg/L	6,0 a 9,0	70 a 100 NTU	100 a 150 uS/cm	400 a 500 mg/L;	500 a 600 mV	0,00
Classe IV	< 4 mg/L	6,0 a 9,0	> 100 NTU	+150 uS/cm	> 500 mg/L	> 600 mV	> 0,00

Fonte: Adaptação da resolução CONAMA 357/2005.
Org.: Elaborado pelo autor.

Identificação e Classificação das Unidades de Paisagem: Para a definição das unidades de paisagem foi efetivado, como primeiro procedimento, o levantamento dos dados dos componentes físicos e antrópicos: rochas, precipitação, relevo, solos e uso e cobertura das terras, posteriormente, admitiu-se a utilização, nesta pesquisa, da fragilidade ambiental e qualidade das águas superficiais mediante seu enquadramento na resolução do CONAMA, visto que, seus índices trouxeram resultados que mostraram influência sobre a paisagem da BHRF.

Logo, foi realizada uma análise interativa entre os componentes considerados na etapa do inventário e análise, a fim de identificar zonas homogêneas que se caracterizaram por determinas funções geoecológicas e antrópicas. Para a definição dessas unidades de paisagem, seguiram-se conceitos trabalhados em Salinas Chávez e Ribeiro (2017). Contudo, as características da área de estudo se destacaram ao longo das adaptações realizadas na metodologia inicial. Dessa forma, a tabulação cruzada das informações adquiridas no inventário trouxe a delimitação, classificação e cartografia das paisagens.

Assim, os procedimentos foram iniciados com a utilização da MDT/SRTM, em que foi retirada a hipsometria e declividade, contudo, ressaltasse, nessa correlação, a ênfase dada ao componente cárstico, portanto, separou-se tais características por meio de nomenclaturas que estão de acordo com seu componente litológico.

Com tais procedimentos, partiu-se para o primeiro nível das unidades de paisagem que são os tipos morfométricos do relevo (Unidades de Paisagem de 1º Nível). Nessa etapa, iniciou-se a verificação por meio de saída de campo para a conferência com a realidade terrestre.

Posteriormente, partiu-se para a interação dessas variáveis com os componentes intrínsecos na energia potencial erosiva do relevo (dissecação horizontal e vertical e a própria energia), bem como com as formações geológicas, separando os calcários e mármores (calcíticos e dolomíticos) das tufas calcárias advindas da formação Serra da Bodoquena devido a sua fragilidade mais elevada. Por outro lado, agrupou-se as litologias dos sistemas terrígenos devido a sua proximidade em termos de fragilidade (resistência, porosidade, entre outros fatores), já na finalização desta etapa, realizou-se uma saída de campo para verificação com a realidade.

Essas relações definiram outro nível das unidades, as geoformas (Unidades de Paisagem de 2º Nível). Estas, por sua vez, ao interagirem com a precipitação, tornaram possível a identificação das unidades de paisagem superiores (Unidades de Paisagem de 3º Nível). Essas unidades, somadas

ao solo, constituíram-se nas chamadas Unidades de Paisagem de 4º Nível, que posteriormente ao serem adicionadas informações referentes ao uso e cobertura das terras, foram identificadas as Unidades da Paisagem de 5º Nível, que foram verificadas com a saída de campo, se ainda permaneciam de acordo com a realidade.

Por fim, o Mapa Final de Paisagens consistiu na interação de todos esses componentes dos níveis anteriores com a junção da fragilidade ambiental e enquadramento das águas superficiais, identificando assim, as paisagens em conjunto com a realidade, pois se trata de um documento síntese que deve retratar de forma verídica as características dos componentes e como isso traz o aspecto visual à paisagem (Figura 10).

Com relação às nomenclaturas impostas ao longo dessas unidades de paisagem, houveram a diferenciação dos sistemas cárstico e terrígeno, sobretudo, pois nos zoneamentos ambientais, costuma-se não haver tal distinção. Logo, tais zoneamentos indicam que as características e fragilidades mais elevadas, como do sistema cárstico, ficam em segundo plano, até por isso, que optou-se, no presente estudo, por indicar nomenclaturas que traduzissem a real característica destes sistemas. Com relação às nomenclaturas das unidades finais de paisagem, optou-se pela utilização em números romanos de acordo com as unidades encontradas e distribuídas segundo uma ordem hierárquica, desde as unidades de primeiro nível até as unidades do 6º nível (mapa final de paisagens).

Etapa de Diagnósticos

A fase do diagnóstico consistiu basicamente em três etapas básicas: a primeira delas diz respeito a identificação dos conflitos de uso das terras; a segunda incidiu em compreender possíveis riscos e problemas ambientais ao longo da bacia hidrográfica; a terceira e derradeira etapa, compreendeu a construção do zoneamento ambiental, embasada em todas as informações adquiridas na pesquisa.

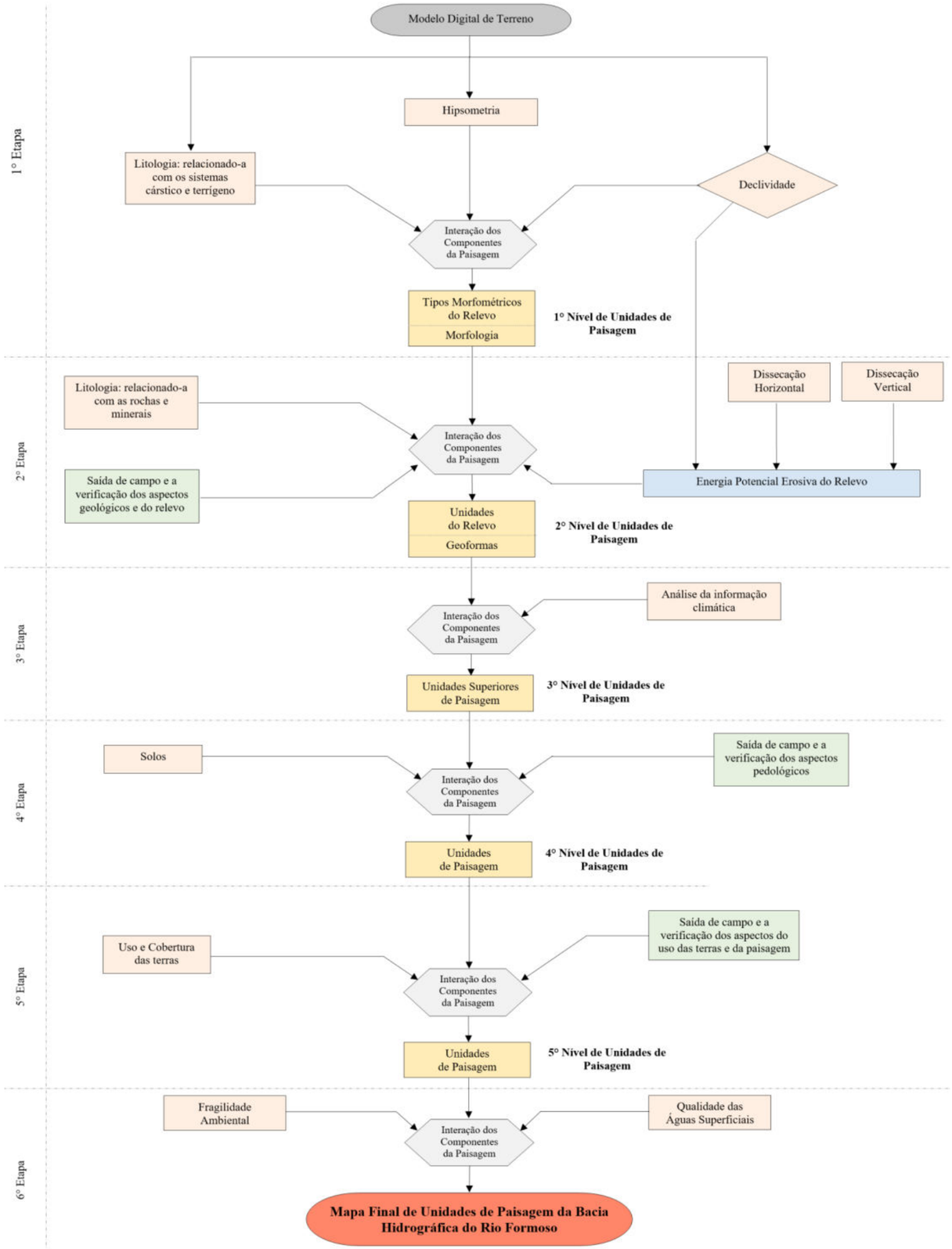


Figura 10: Fluxograma metodológico para a identificação e classificação das unidades da paisagem da BHRF, Bonito/MS.

Identificação de Conflitos de Uso e Cobertura das Terras: Esta etapa diz respeito ao oferecimento de importantes dados acerca dos conflitos de uso das terras existentes. Tais conflitos foram identificados na relação entre a capacidade de uso das terras mediante os componentes físicos e sua utilização atual, compreendendo assim, se esta pode ou não causar impactos ambientais e se, de alguma forma, interfere nos recursos hídricos da BHRF.

Conforme Tricart (1977), conhecer a capacidade das paisagens, juntamente com suas limitações, é uma das etapas preliminares para se alcançar o zoneamento, pois demonstra a compatibilidade entre o uso das terras e as limitações da paisagem, ou seja, o uso com a preservação e/ou conservação ambiental.

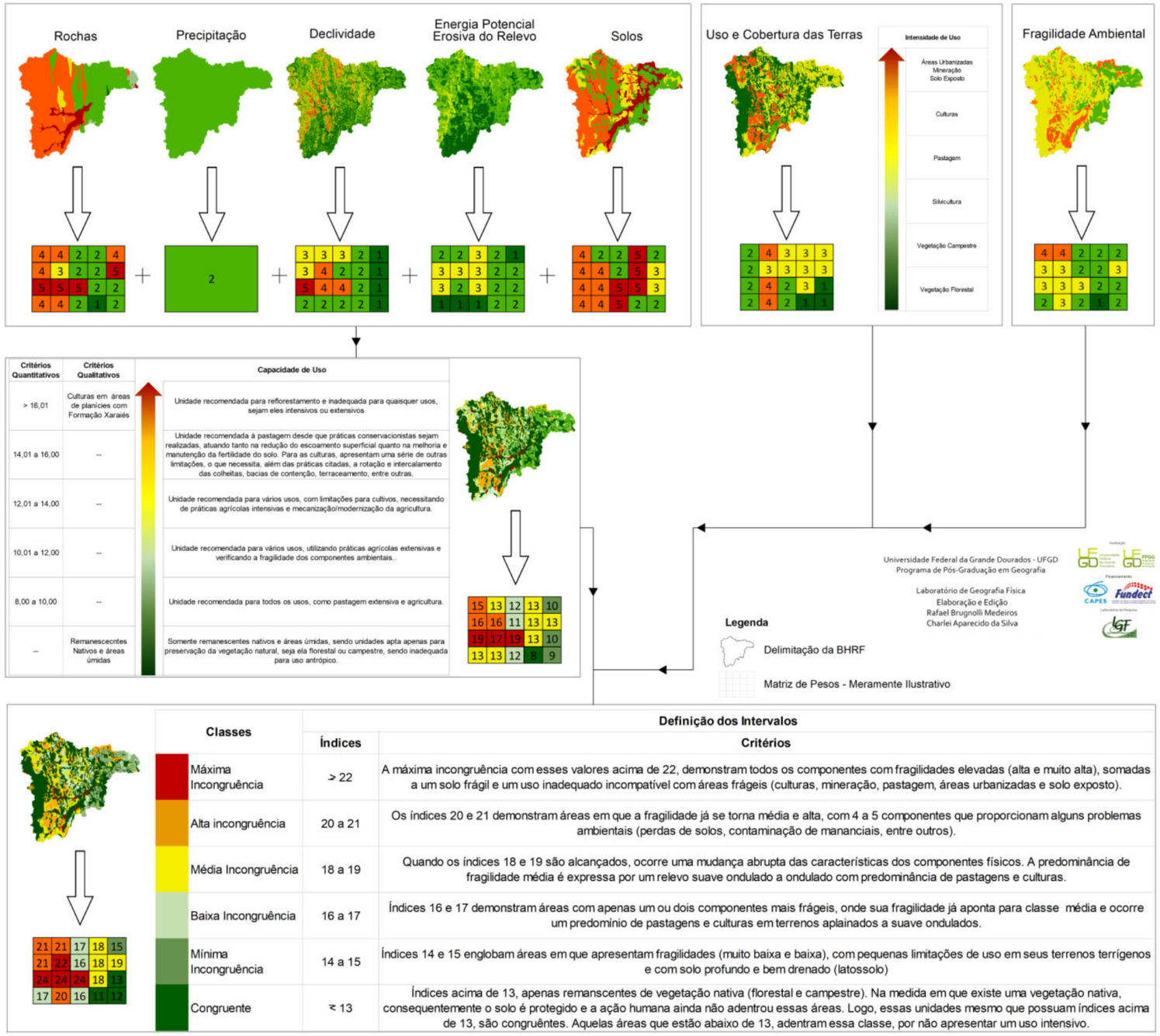
Diante deste contexto, foram aplicados alguns métodos e critérios para a definição dos índices e intervalos estabelecidos em cada classe. Foram observadas algumas características importantes descritas na o que tornou evidente a relação dos intervalos de índices encontrados com as características da área de estudo.

Inicialmente, foram estabelecidos os componentes que serão tratados, ou seja, todos aqueles que de alguma forma alteram a capacidade de uso de uma área, como as rochas, precipitação, declividade, dissecação horizontal e vertical, energia potencial erosiva do relevo, solos e fragilidade ambiental.

Um exemplo importante para auxiliar no entendimento é se determinada unidade de paisagem apresenta uma rocha calcária, somado a um solo pedregoso e raso em áreas de declive acentuado, ela apresenta baixa capacidade de uso, se o seu uso atual consistir de culturas, solo exposto, pastagens, entre outros usos intensivos que não seja uma vegetação florestal que recubra e proteja esse solo, ocorre uma incongruência.

Os pesos trabalhados são os mesmos estabelecidos na

Figura 11: Metodologia para definição das classes de conflitos de uso das terras da BHRF, Bonito/MS.



Classes	Índices	Critérios
Máxima Incongruência	> 22	A máxima incongruência com esses valores acima de 22, demonstram todos os componentes com fragilidades elevadas (alta e muito alta), somadas a um solo frágil e um uso inadequado incompatível com áreas frágeis (culturas, mineração, pastagem, áreas urbanizadas e solo exposto).
Alta incongruência	20 a 21	Os índices 20 e 21 demonstram áreas em que a fragilidade já se torna média e alta, com 4 a 5 componentes que proporcionam alguns problemas ambientais (perdas de solos, contaminação de mananciais, entre outros).
Média Incongruência	18 a 19	Quando os índices 18 e 19 são alcançados, ocorre uma mudança abrupta das características dos componentes físicos. A predominância de fragilidade média é expressa por um relevo suave ondulado a ondulado com predominância de pastagens e culturas.
Baixa Incongruência	16 a 17	Índices 16 e 17 demonstram áreas com apenas um ou dois componentes mais frágeis, onde sua fragilidade já aponta para classe média e ocorre um predomínio de pastagens e culturas em terrenos aplainados a suave ondulados.
Mínima Incongruência	14 a 15	Índices 14 e 15 englobam áreas em que apresentam fragilidades (muito baixa e baixa), com pequenas limitações de uso em seus terrenos terrígenos e com solo profundo e bem drenado (latossolo)
Congruente	≤ 13	Índices acima de 13, apenas remanscentes de vegetação nativa (florestal e campestre). Na medida em que existe uma vegetação nativa, consequentemente o solo é protegido e a ação humana ainda não adentrou essas áreas. Logo, essas unidades mesmo que possuam índices acima de 13, são congruêntes. Aquelas áreas que estão abaixo de 13, adentram essa classe, por não apresentar um uso intensivo.

análise da fragilidade ambiental, contudo, foram realizados diversos testes que utilizavam as médias. Entretanto, o método que trouxe maior veracidade de acordo com os componentes físicos e suas relações com o uso atual e com a realidade terrestre, foi o módulo *Weighted Sum* inserido no SIG ArcGis 10®.

Logo, por meio da interpretação de todas essas relações, conhecimento empírico da área de pesquisa e a noção acerca dos componentes ambientais, foram abordadas classes de congruência[20], que ressaltaram a conflitância entre a capacidade e o uso atual. De tal modo, as classes foram: Congruente, Mínima Incongruência, Baixa Incongruência, Média Incongruência, Alta Incongruência e Máxima Incongruência.

Riscos e Problemas Ambientais: A segunda etapa do diagnóstico diz respeito à compreensão, localização e mapeamento dos riscos e problemas ambientais, ou seja, aqueles que apresentam potencial ou que já causam processos erosicionais, empobrecimento e contaminação do solo, possíveis contaminações dos recursos hídricos por meio de mineração, confinamento de gado, carreamento de sedimentos, entre outros.

Tais localizações ocorreram mediante a interpretação da qualidade das águas, dos componentes físicos, saídas de campo, imagens de satélite e levantamentos bibliográficos. Assim, foram identificadas, ao longo da BHRF, questões como: aterro controlado, atrativos turísticos, aviário, cemitério, confinamento de gado, depósito para ração bovina, despejo de resíduos sólidos, desvio das águas do manancial, erosões, estradas, estação de tratamento de esgoto - ETE, estradas sobre o leito fluvial, extração de areia e cascalho, mineração, pontes sobre mananciais, silos de armazenagem de grãos, usina de processamento de lixo, uso da água para abastecimento e área urbana.

Zoneamento Ambiental: A terceira e última etapa do diagnóstico da BHRF consistiu na proposição de um zoneamento ambiental, fundamentando-se em questões como os componentes físicos e antrópicos da BHRF com o alicerce dado ao sistema cárstico e terrígeno, fragilidade ambiental, qualidade das águas superficiais, aspectos jurídico-ambientais que abrangem a BHRF, identificação de problemas ambientais na bacia e conflitos de uso das terras.

Assim, foi possível a determinação de sugestões e propostas para o aproveitamento da BHRF de forma mais equilibrada, com a proposição de alterações ou a manutenção do uso e cobertura das terras, além da melhoria na qualidade das águas superficiais por meio da adoção de práticas de preservação, conservação e recuperação ambiental.

Bacani (2010, p. 112) afirma que o método elaborado para a determinação do zoneamento ambiental baseia-se em identificar "zonas produtivas, as de restrições legais e as zonas de incongruências" ao associar o uso das terras e as resoluções legais para sua proteção, "de modo a identificar as áreas que obedecem ou não, a legislação". Dessa forma, considera-se um documento síntese capaz de amparar a compreensão das dinâmicas e características existentes na BHRF.

Com isso, apontou-se para classes (Figura 12) consideradas essenciais de acordo com o objetivo que esta pesquisa se propôs a fazer, abordando assim, cinco grandes zonas e dez subzonas:

- **Zonas Prioritárias à Preservação Permanente – ZPP:** áreas caracterizadas pelos remanescentes nativos, estando ou não em áreas restritas legalmente, além disso, abrange-se as bacias de drenagem referentes a pontos enquadrados na Classe Especial. Logo, aponta-se para duas subzonas: Zonas Cársticas Prioritárias à Preservação Permanente – ZcPP; Zonas Terrígenas Prioritárias à Preservação Permanente – ZtPP.
- **Zonas destinadas à Recuperação e Reabilitação - ZRR:** áreas caracterizadas pela máxima incongruência nos conflitos de uso das terras, somadas às áreas com qualquer incongruência entre os usos atuais e que estejam sobre restrições legais, bem como bacias de drenagem referentes a pontos enquadrados na Classe IV. Logo, são abrangidas duas subzonas: Zonas Cársticas destinadas à Recuperação e Reabilitação – ZcRR; Zonas Terrígenas destinadas à Recuperação e Reabilitação – ZtRR.
- **Zonas com atenção especial e aperfeiçoamentos – ZcAA**: abrangem duas subzonas, a primeira é a Zonas Cársticas com Atenção especial e Aperfeiçoamentos – ZcAA, que aponta para áreas com média e alta incongruências, somado às bacias de drenagem referentes a pontos enquadrados na Classe III. A segunda é a Zonas Terrígenas com Atenção especial e Aperfeiçoamentos – ZtAA, que aponta para áreas com alta incongruências, somada às bacias de drenagem referentes a pontos enquadrados na Classe III.
- **Zonas destinadas à exploração ou manutenção – ZEM**: abrangem duas subzonas, a primeira é a Zonas Cársticas destinadas à exploração ou manutenção do uso das terras – ZcEM, que aponta para áreas com baixa e mínima incongruência e para bacias de drenagem com classes

[20] Conformidade, concordância, harmonia e adequação.

I e II de enquadramento das águas superficiais. Já a segunda são as Zonas Terrígenas destinadas à exploração ou manutenção do uso das terras – ZtEM, que apontam para áreas com média, baixa e mínima incongruência e com bacias de drenagem com classes I e II de enquadramento das águas superficiais.

- **Zonas Urbanas – ZU**: são diferenciadas por sua característica urbanizada e não por seu sistema cárstico e terrígeno (como nas zonas anteriores), logo, apresenta a Zonas Urbanas já consolidadas – ZUco, que foram definidas por aquelas zonas já ocupadas na sede municipal de Bonito que não adentram em áreas restritas legalmente. Já a segunda é a Zonas Urbanas com capacidade para expansão – ZUex, que aponta para as áreas potencialmente propensas à expansão, que apresentam uma fragilidade reduzida e que seja propícia "ambientalmente" (relevo aplainado, sistema terrígeno e solos profundos) para uma possível consolidação, desde que inseridas nos limites do perímetro urbano.

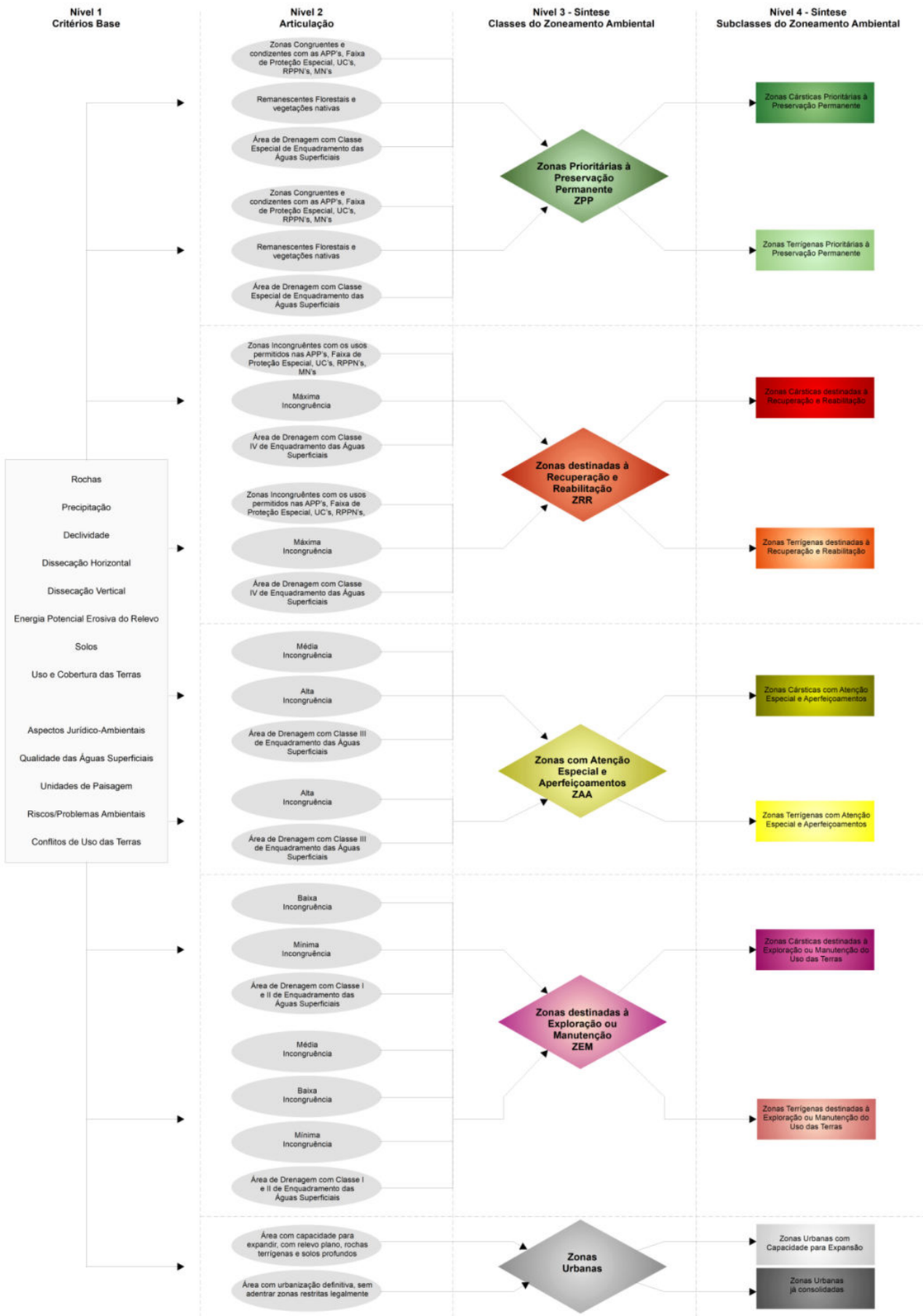
Etapa de Prognósticos

Nesta etapa, foram apontadas, com o auxílio do zoneamento ambiental, as propostas de alterações ou manutenções no uso das terras. Concomitantemente, observou-se o avanço do uso das terras em determinadas áreas e os riscos/problemas ambientais encontrados, que auxiliaram na definição de perspectivas desejadas e tendenciais para cada uma das unidades de paisagem.

Com a identificação de tais perspectivas, avaliou-se uma série de alternativas com o intuito de buscar ao máximo o equilíbrio dessa bacia hidrográfica, conservando os recursos hídricos e as tufas calcárias, de modo a ordenar da melhor forma o uso das terras.

Após essas perspectivas futuras, vislumbra-se a divulgação de resultados que objetivem contribuir com o município de Bonito, implementando mecanismos de ordenamento físico-territorial e a gestão dos recursos hídricos da BHRF, o que entraria em uma nova etapa, que é a fase de avaliação.

Figura 12: Metodologia para definição das classes e níveis de articulação do zoneamento ambiental.



INVENTÁRIO E ANÁLISE DOS COMPONENTES DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

E tudo está no seu lugar tal como foi criado
Para o homem desfrutar e reverenciar
Cultivando afinidades com a bela natureza
E zelar com carinho da vida, da terra e do ar
Embalando nos seus braços como uma filha
E consciente, estas águas de Bonito, preservar!!
(Trecho do Poema de Edson Amorim)

INVENTÁRIO E ANÁLISE DOS COMPONENTES DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

A conjectura da estruturação da bacia hidrográfica como um sistema passa pelas interações entre processos que modelaram as características atuais da BHRF. Portanto, a etapa de inventário e análises é complexa e essencial, uma vez que abrange e descreve processualmente os componentes presentes na paisagem, proporcionando-lhes assim, as análises e sínteses que partiram do pressuposto sistêmico e trouxeram consigo a base para as demais análises realizadas, a fim de alcançar o objetivo proposto nesta pesquisa.

Logo, este item foi dedicado a desvendar os componentes físicos relacionados à litologia, precipitação, relevo (hipsometria, declividade, dissecação horizontal, dissecação vertical e energia potencial erosiva do relevo), componentes antrópicos como a análise do uso e cobertura das terras de forma multitemporal (1984 e 2017) e o uso e cobertura das terras nas áreas protegidas pela legislação.

Litologia da BHRF

A região da Serra da Bodoquena, em que está localizada a BHRF, assenta-se sobre rochas carbonáticas do grupo Corumbá, relacionadas aos sistemas cársticos, que por sua vez, incidiram o desenvolvimento de depósitos sedimentares quaternários (SALLUN FILHO e KARMANN, 2007).

O contexto geológico da BHRF é definido e determinado, em sua preponderância, por dois grandes grupos bem distintos: 1) o grupo Corumbá, com rochas predominantemente carbonáticas, ou seja, um sistema cárstico, sobretudo de rochas calcárias calcíticas e dolomíticas; 2) o grupo Cuiabá, com rochas majoritariamente terrígenas que apresentam, em sua maioria, filitos, arenitos e xistos como principais particularidades, conforme pode ser observado na Figura 13.

A predominância de rochas carbonatadas resulta em paisagens com feições cársticas, sejam os lapiás, dolinas, mogotes, abismos, cavernas, sumidouros, (re)surgências, morros residuais e serras alongadas. Deste modo, as paisagens de Bonito apresentam características que estão diretamente relacionadas aos processos hidrogeoquímicos cársticos, que originaram uma formidável paisagem de contraste entre os patamares mais elevados (serras alongadas e morros residuais) e patamares reduzidos (poljes e superfícies aplainadas a suavemente onduladas).

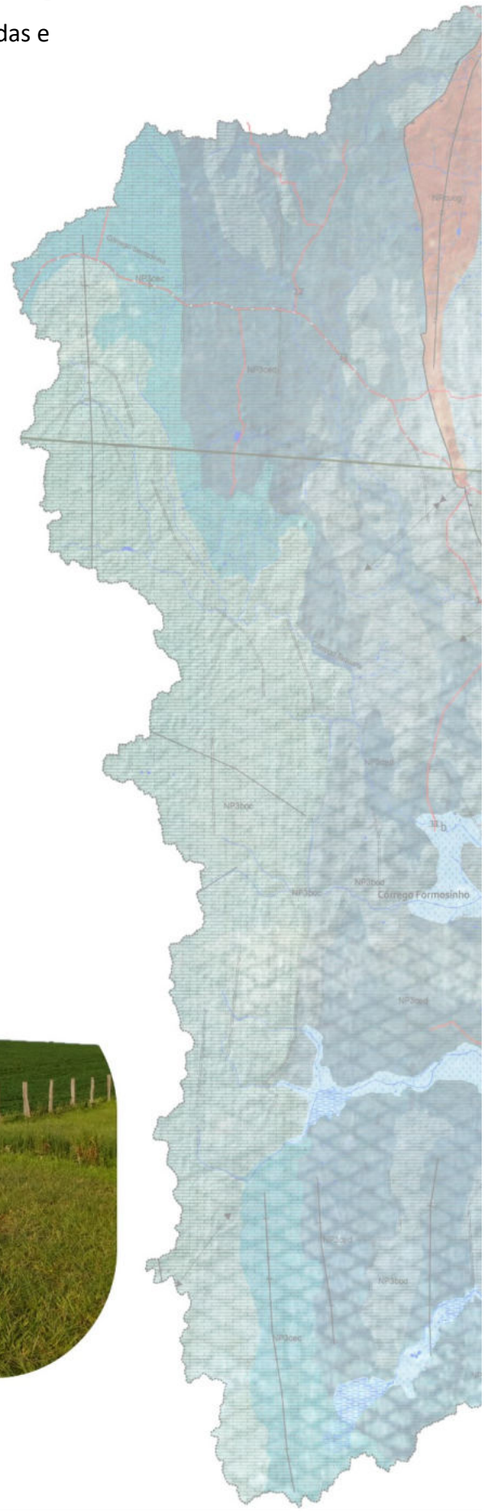
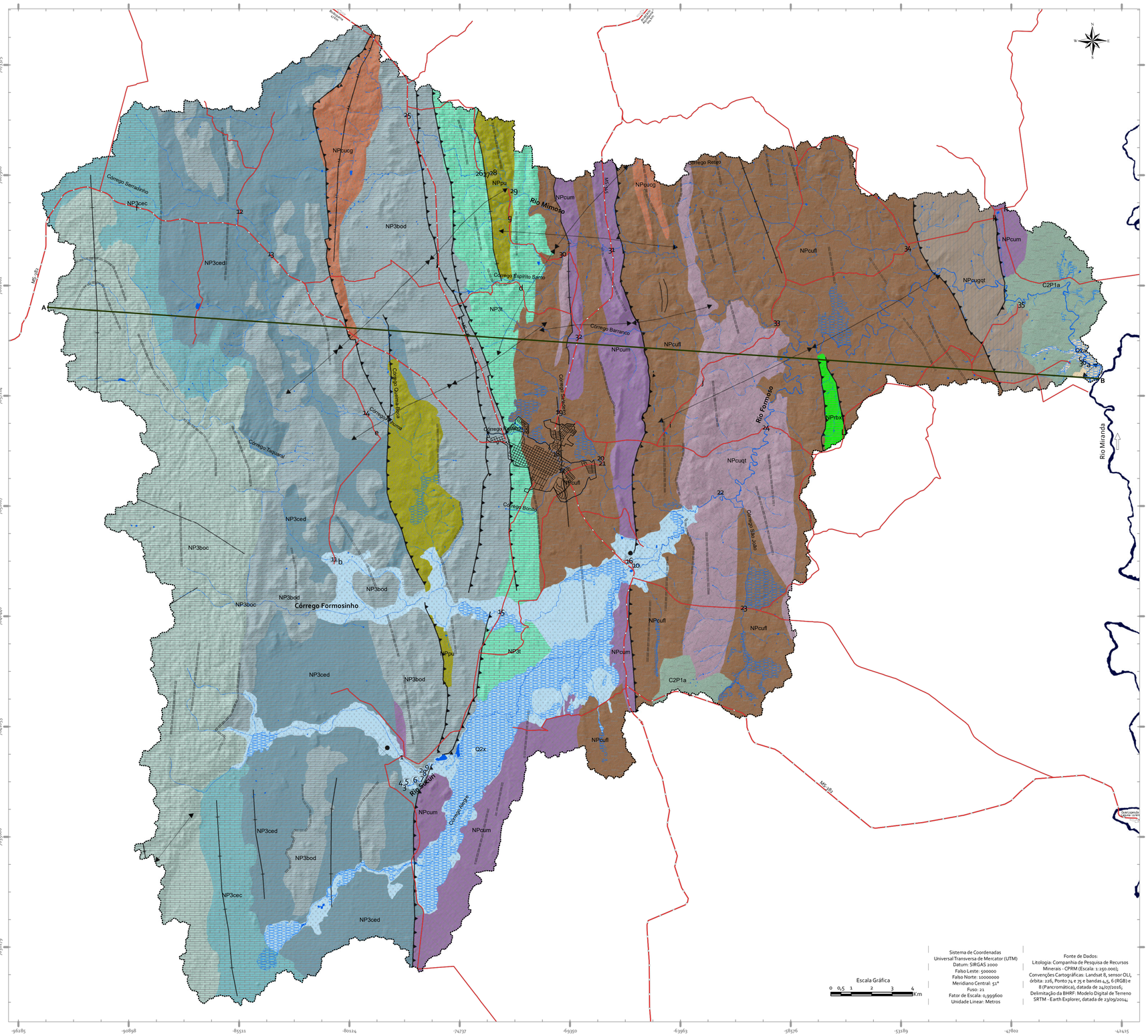
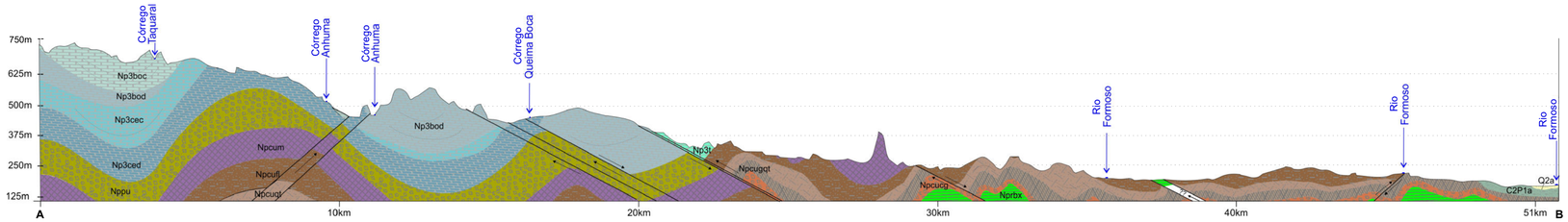


FIGURA 13: LITOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL



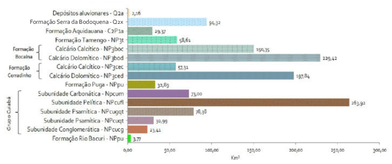


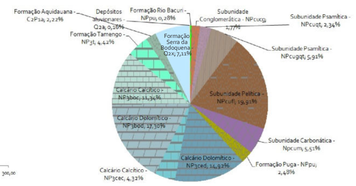
Legenda

Éon	Era	Período	Anos (10^6 anos)	Grupo	I - Unidades Morfoestruturais	Descrição das Unidades Morfoestruturais	Pontos Representativos
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	QUATERNÁRIO – HOLOCENO			**Q2a** Depósitos aluvionares Áreas de Abrangência Km² % 2,16 0,16	Areia, areia quartzosa, cascalho, silte, argila e localmente turfa. Ambiente continental, caracterizada por um relevo plano nas proximidades dos cursos fluviais.	a) Coordenadas: 21J 574214 7663423 UTM Data: 19/10/2017
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	QUATERNÁRIO – Pleistoceno	0,01 – 1,80		**Q2x** Formação Serra da Bodoquena Áreas de Abrangência Km² % 94,32 7,11	Tufa calcária, bastante irregular e um verdadeiro depósito de incrustações, travertino e conglomerado com cimento calcífero. Rochas porosas e frágeis.	b) Coordenadas: 21J 541344 7663321 UTM Data: 18/12/2016
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	Terciário – Paleoceno	1,80 – 23,03				
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	Cretáceo – Neocretáceo	23,03 – 65,5				
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	Cretáceo – Eocretáceo	65,5 – 145				
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	Jurássico – Neojurássico	145 – 199				
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	Jurássico – Eojurássico	199 – 251				
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	PERMIANO – Lopingiano	251 – 299	Grupo Itararé	**C2P1a** Formação Aquidauana Áreas de Abrangência Km² % 29,37 2,22	Arenito vermelho a róseo, médio a grosso, diamictito, arenito esbranquiçado, conglomerado, siltito, folheto e arenito fino laminado, vermelho a róseo, intercalações de diamictito e folhelho de cor cinza esverdeado. Ambiente continental, fluvial e lacustre, com depósitos glaciais.	c) Coordenadas: 21J 539403 7661103 UTM Data: 12/12/2016
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	PERMIANO – Cisuraliano	299 – 359				
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	Devoniano	359 – 416				
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	Siluriano	416 – 443				
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	Ordoviciano	443 – 488				
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	Cambriano	488 – 542				
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO III – CRIOGENIANO	542 – 630	Grupo Corumbá	**NP3t** Formação Tamengo Áreas de Abrangência Km² % 58,61 4,42	Calcário calcítico cinza escuro, com brecha carbonática intraformacional, com clastos de dolomito, calcário, siltito e forforito – marga carbonosa, ritmitos (calcário calcítico preto e folheto carbonoso), calcário oolítico e rudstone com Cloudina. Ambiente periplataforma e de talude em condições pelágicas.	d) Coordenadas: 21J 551181 7650318 UTM Data: 12/12/2016
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	CRIOGENIANO		Grupo Corumbá	**NP3boc** Formação Bocaina Áreas de Abrangência Km² % 159,35 11,34 **NP3bod** Formação Bocaina Áreas de Abrangência Km² % 229,42 17,30	Mármore dolomítico, dolomito estromatolítico colunar a pseudo colunar, rochas fosfáticas (microfosforito, estromatolitos e laminações algaceas fosfatizadas), brecha carbonática, dolomito laminado e estratificado e posiol rudstone; d) Dolomito maciço silicoso com níveis de silexito; c) calcário calcítico, dolomítico, intraclástico e oolítico.	e) Coordenadas: 21J 544873 7663421 UTM Data: 18/12/2016
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	CRIOGENIANO		Grupo Corumbá	**NP3cec** Formação Cerradinho Áreas de Abrangência Km² % 57,31 4,32 **NP3ced** Formação Cerradinho Áreas de Abrangência Km² % 197,84 14,92	Paraconglomerado, arcósio, arenito arcosiano, arenito com lâminas de argilito, folheto com intercalações predominantes de calcário calcítico (c) e dolomítico (d).	f) Coordenadas: 21J 544873 7663421 UTM Data: 18/12/2016
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	CRIOGENIANO		Grupo Cuiabá	**NPpu** Formação Puga Áreas de Abrangência Km² % 32,89 2,48	Diamictito associado a paraconglomerado, arenito, siltito e folheto.	g) Coordenadas: 21J 551631 7650318 UTM Data: 12/12/2016
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	CRIOGENIANO		Grupo Cuiabá	**NPcum** Subunidade Carbonática Áreas de Abrangência Km² % 73,00 5,51	Mármores calcíticos e dolomíticos com filitos subordinados.	h) Coordenadas: 21J 546441 7650318 UTM Data: 18/12/2016
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	CRIOGENIANO		Grupo Cuiabá	**NPcufl** Subunidade Pelítica Áreas de Abrangência Km² % 263,92 19,91	Filitos com quartzitos subordinados, além de xistos, metarenito e mármores.	i) Coordenadas: 21J 539114 7663348 UTM Data: 18/12/2016
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	CRIOGENIANO		Grupo Cuiabá	**NPcuqt** Subunidade Psamítica Áreas de Abrangência Km² % 30,99 2,34 **NPcuqgt** Subunidade Psamítica Áreas de Abrangência Km² % 78,38 5,91	Quartzito com filito e xistos subordinados (NPcuqt); Metagrauvaca e quartzitos (NPcuqgt).	j) Coordenadas: 21J 539318 7663348 UTM Data: 18/12/2016
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	CRIOGENIANO		Grupo Cuiabá	**NPcucg** Subunidade Conglomerática Áreas de Abrangência Km² % 23,41 1,77	Quartzitos conglomeráticos e metaconglomeráticos.	k) Coordenadas: 21J 551371 7650318 UTM Data: 18/12/2016
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	CRIOGENIANO		Grupo Cuiabá	**NPrbx** Formação Rio Bacuri Áreas de Abrangência Km² % 3,77 0,28	Xistos grafitosos.	l) Coordenadas: 21J 551631 7648348 UTM Data: 18/12/2016
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	Tonniano	630 – 850				
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	Tonniano	850 – 1000				

II - Elementos Estruturais

- Dobra Anticlinal
- Dobra Braquianticlinal
- Dobra Sinclinal
- Falha Contracional
- Falha ou Fratura
- Falha ou Zona de Cisalhamento
- Lineamentos Estruturais
- Mineração





III - Convenções Cartográficas

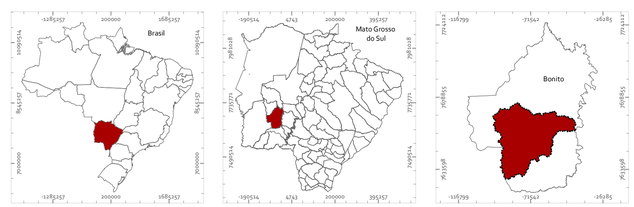
- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda
- A—B Perfil Geológico

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva
Marcos Norberto Boin

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa



Existe uma diversidade geológica na BHRF que se apresenta em grandes grupos, como já citado anteriormente, além de formações distintas que vão desde a formação Rio Bacuri, característico do período Orogeniano[5]·, até os depósitos aluvionares do período Holoceno[6]. A formação Rio Bacuri, considerada a mais antiga encontrada na BHRF, constitui-se de unidades metavulcânicas sedimentares que chegam a 850 milhões de anos e que, na BHRF, ficaram caracterizadas por serem metassedimentares, especialmente compostas por xistos grafitosos (Figura 14). Por essas características, esta formação foi desmembrada do grupo Cuiabá e indica, conforme Lacerda Filho et al. (2006), um remanescente de crosta oceânica.

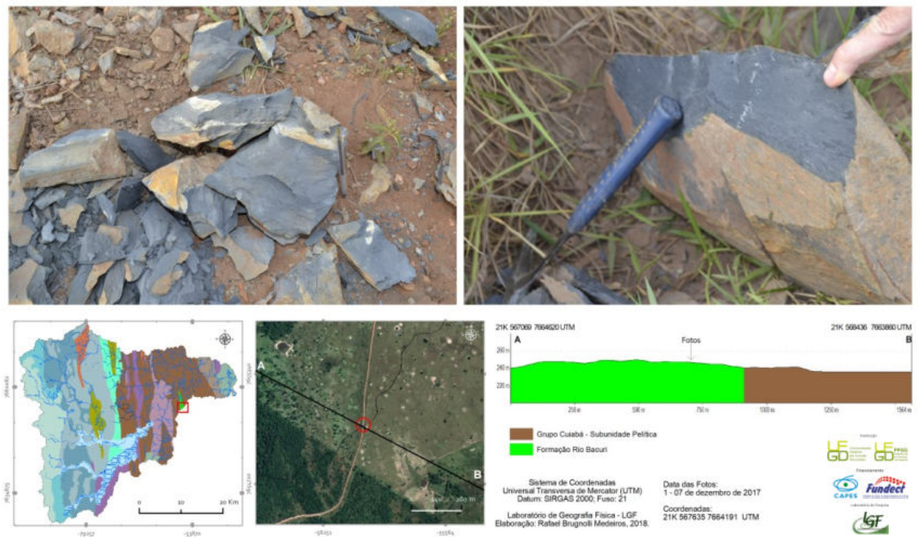


Figura 14: Xistos grafitosos pertencentes à formação Rio Bacuri, encontrados às margens da estrada vicinal no leste da BHRF.

Na BHRF, os xistos grafitosos são encontrados em terrenos suavemente ondulados, próximos aos divisores de água, sobretudo no médio curso da bacia hidrográfica. Também afloram em locais de brecha carbonática ao norte da sede do município de Bonito, em zonas de falhas e/ou fraturas que alcançam 1,44 km de extensão na borda oeste e 1,69 km na borda leste.

Em locais, como a leste da sede municipal, os xistos grafitosos aparecem de forma mais evidente e se apresentam em vários afloramentos nas estradas (sentido foz do rio Formoso). Neste local, ocorre uma mudança abrupta nos afloramentos que margeiam as estradas, que partem desde o divisor de águas até as proximidades do rio Formoso. De forma geral, esta formação abrange um total de 3,77 km², ou seja, 0,28% do total da BHRF.

[5] Período que vai desde 850 milhões de anos a 630 milhões de anos.
[6] Período que vai desde 10 mil anos atrás até os dias atuais.

Envolto à formação Rio Bacuri, estão as rochas do grupo Cuiabá, que é composto por metassedimentos de baixo grau metamórfico, predominantemente filitos com intercalações de quartzitos, ambos cortados por veios de quartzo. As camadas sedimentares estão sobrepostas na borda sul e sudoeste do Cráton Amazônico e representam uma deformação de aproximadamente 850 milhões de anos, no período Orogeniano (BAPTISTA, BRAUN e CAMPOS, 1984). Esse grupo, na BHRF, apresenta algumas subunidades distintas, com predominância de rochas terrígenas, sobretudo filitos, arenitos, quartzitos conglomeráticos e xistos, e de maneira geral, alcançam um total de 470,10 km².

A maior predominância fica por conta da subunidade Pelítica, que abrange, segundo a CPRM (2006), micaxistos que, quando frescos, são esverdeados a cinza claros e, ao passo que lidam com a intemperização, se tornam marrons ou avermelhados, com a predominância de intercalações de sericita, quartzo e xistos, além de possuir ocorrências relacionadas a falhas. Na BHRF esta subunidade ficou caracterizada por filitos com quartzitos subordinados, xistos e metarenitos, que são rochas terrígenas e compreendem relevos suavemente ondulados com morros residuais isolados, sobretudo, relacionados ao médio e baixo curso da bacia hidrográfica, em que as pastagens e vegetação florestal são predominantes, sobrepostos, em sua maioria, nos latossolos. Essa subunidade abrange 263,92 km², correspondente a 19,91% da BHRF e apresenta grande quantidade de afloramentos de filitos, sobretudo ao longo de estradas municipais que cortam a BHRF, nas proximidades da sede municipal de Bonito (Figura 15).

Lembrando que na BHRF ainda existe uma subunidade Carbonática do grupo Cuiabá que representa mármores calcíticos e dolomíticos com filitos subordinados, e ficou caracterizada por seus limítrofes sempre estarem associados à

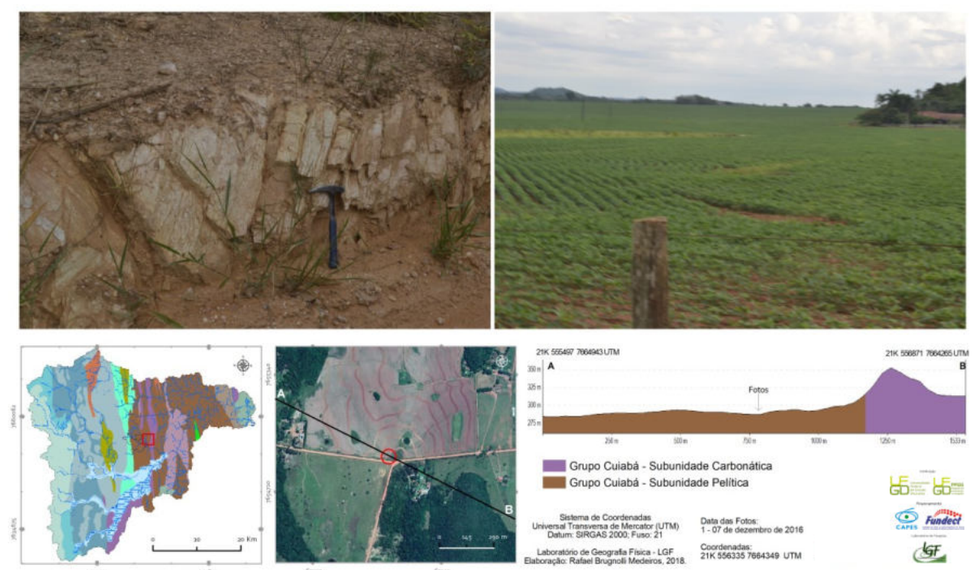


Figura 15: Subunidade Pelítica do grupo Cuiabá na BHRF, que é representada pelo afloramento de filito às margens da estrada municipal.

falhas, abrangendo um total de 73,00 km². Sendo uma zona de transição entre os ambientes cárstico (alto e médio curso) e terrígeno (médio e baixo curso).

Mais recente na coluna estratigráfica, convêm descrever a formação Puga, bem como as discussões acerca das suas características, relatadas por diversos autores[7] que a apontam como terrígena, e outros[8] que ainda a classificam como carbonática. Nesta pesquisa, a concepção partiu de Boggiani (1990, p. 1), pois afirma que a exclusão da formação Puga do grupo Corumbá (essencialmente de rochas carbonáticas) "é coerente devido ao caráter essencialmente terrígeno de suas litologias". Alvarenga et al. (2000) afirma que a formação Puga, compreende diamictitos[9], paraconglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos, que estão correlacionados à glaciação Varanger, ocorrida em 670 a 630 milhões de anos (ALVARENGA e TROMPETTE, 1992).

A formação Puga é encontrada em duas unidades relativamente pequenas se comparadas à extensão da BHRF: uma unidade ao norte apresenta um lineamento estrutural, além de falhas ou zonas de cisalhamento, e são caracterizadas por um relevo fortemente ondulado a montanhoso com vales em "v" e uma grande quantidade de cachoeiras e corredeiras nos mananciais. Já a segunda unidade da formação Puga, próxima à região central da BHRF, é delimitada por uma falha contracional (inversa ou empurrão) a oeste, e a leste por alguns lineamentos estruturais, além de exporem um relevo mais aplainado, que alcança declives de 0 a 20% com solos variados e predomínio de pastagens. Ambas as unidades compreendem um total de 32,89 km² ou 2,48% da BHRF.

Já o grupo Corumbá é mais recente, visto que alcança 630 milhões de anos, é predominantemente carbonático com rochas calcárias calcíticas e dolomíticas que se caracterizam, de acordo com Boggiani (1990), por sedimentos predominantemente carbonáticos de provável idade Vendiana[10] ou possivelmente Cambriana. Essa diferença de característica do calcário corresponde ao caráter rico em carbonato de cálcio e ao caráter rico em dolomita e magnésio, pois se trata de rochas pouco resistentes ao intemperismo e que causam uma influência muito significativa sobre as águas superficiais, já que são compostos por fendas e fissuras em que há a percolação das águas por estas, e consequentemente ocorre um predomínio de drenagens criptorreicas.

O grupo Corumbá, na BHRF, representa as formações Cerradinho, Bocaina e Tamengo e abrange todo o alto curso da BHRF, na região da Serra da Bodoquena, e avança até o médio curso, onde encontra a transição (subunidade Carbonática do Grupo Cuiabá). Isso traz constrastes importantes na paisagem, e na medida em que se trata de sistemas cársticos e suas rochas carbonatadas, como o grupo Corumbá (na BHRF), destacam-se algumas questões como, por exemplo, a de que esse sistema traz consigo uma marcante variação pedológica. Entretanto, chama a atenção a predominância de solos como o chernossolo rêndzico órtico, que apesar de sua fertilidade, é um solo extremamente frágil, sobretudo por sua capacidade de desprendimento da camada superficial, mas é fortemente ocupado por plantações de grãos (soja). O componente que auxilia na manutenção dessas áreas é seu relevo aplainado devido à dissolução do calcário, porém, deve-se levar em conta as grandes extensões declivosas da serra da Bodoquena e morros residuais ao longo do alto curso da BHRF.

Diante de tais afirmações, percebeu-se que sistemas cársticos representam uma heterogeneidade de relevo e solos. Frente a tais fatos, as formações de rochas carbonáticas contrastam com formações terrígenas como as provenientes da formação Aquidauana, do grupo Itararé, de 299 milhões de anos, pertencente ao período Permiano da era Paleozóica, que abrange um total de 14.000 km², de acordo com dados extraídos da CPRM (2006). Destes, 29,37 km² estão inseridos nos limites da BHRF, especialmente nas proximidades da foz do rio Formoso e nos divisores de água no centro-sul

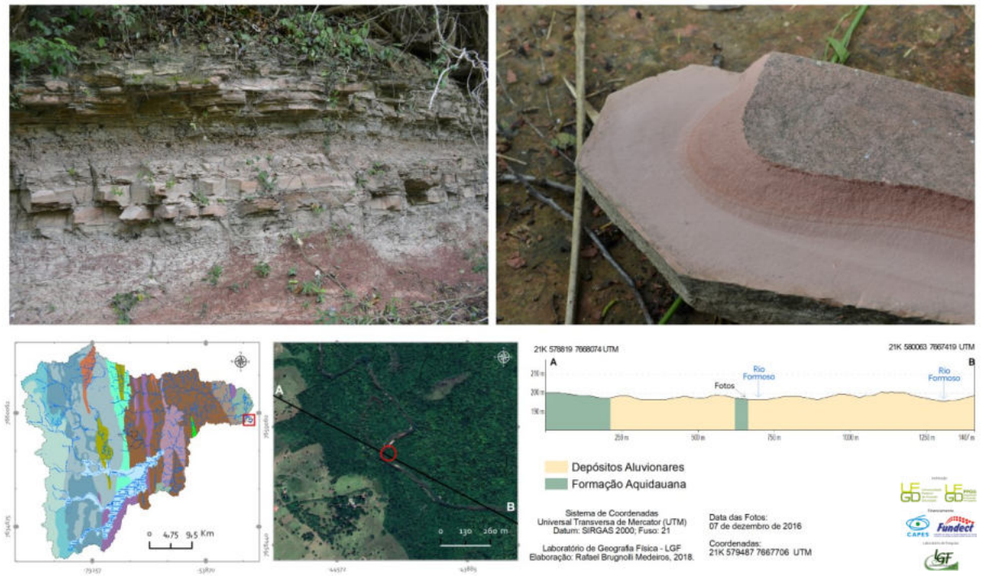


Figura 16: Formação Aquidauana, definida por suas camadas horizontais de sedimentos assentados sobre o embasamento cristalino.

[7] Almeida (1965); Boggiani (1990), Alvarenga et al., (2000).
[8] Baptista, Braun e Campos (1984); Rolim e Theodorovicz (2010); Corrêa et al. (1976); Nogueira et al. (1978, apud CPRM, 2006).
[9] Segundo o Sistema Integrado de Gestão Pública – SIGEP (2001), é uma rocha conglomerática, com fragmentos grandes imersos e dispersos em abundante matriz lamítica, síltico-argilosa.
[10] Segundo o Atlas Virtual da Pré-História, esse período é atualmente chamado de período Ediacarano, iniciado a 635 milhões de anos atrás e terminado a 540 milhões de anos, sendo o terceiro e último período geológico da Era Neoproterozoica.

da bacia. Apesar de não apresentar grandes extensões, a formação é muito característica e se diferencia das demais formações encontradas. Essas particularidades são expressas em camadas muito bem definidas, como se pode observar na Figura 16**,** com os sedimentos dispostos horizontalmente (siltitos, argilitos, lamitos com clastos e diamictitos) em meio às camadas areníticas.

Nos locais em que a formação Aquidauana está disposta na BHRF, predomina-se um relevo plano a suave ondulado que é fortemente influenciado pelas cheias e secas do rio Formoso, visto que diversos locais são úmidos ou potencialmente inundáveis pelos baixos declives da planície aluvial do rio Formoso (na unidade próxima à foz do rio). Essa formação ainda está atrelada diretamente a um ambiente continental sedimentar, além de apontar para solos característicos de ambientes planos e profundos, como o latossolo vermelho distrófico.

Mais recentes a essas formações supracitadas (período Quaternário), encontra-se a formação Serra da Bodoquena, que faz parte do sistema cárstico da BHRF e é eminentemente calcária, bastante irregular e é um verdadeiro depósito de incrustações, quase sempre ausente de qualquer estrutura sedimentar. Esses calcários, no geral, possuem cor creme ou rosada, raramente avermelhada e trata-se de rochas consistentes com porosidade variável (BAPTISTA, BRAUN e CAMPOS, 1984).

Uma importante questão a ser destacada com relação à formação Serra da Bodoquena é sua capacidade de transmitir uma translucidez às águas. O rio Sucuri é um exemplo claro disso, devido ao fato de boa parte de seu leito fluvial estar sobreposto nas rochas calcárias muito puras da formação Serra da Bodoquena. Seu alto teor de cálcio pode ser observado pelas características químicas do calcário da Mineração Xaraés, localizada na Fazenda São Geraldo, além de possibilitar o desenvolvimento de tufas calcárias no leito dos mananciais (Figura 17). As características que definem essa formação incidiram sobre um relevo de planícies aluviais cársticas, nas quais prevalece um solo hidromórfico (gleissolos), com uma vegetação hidrófila nativa da região e reduzidas declividades.

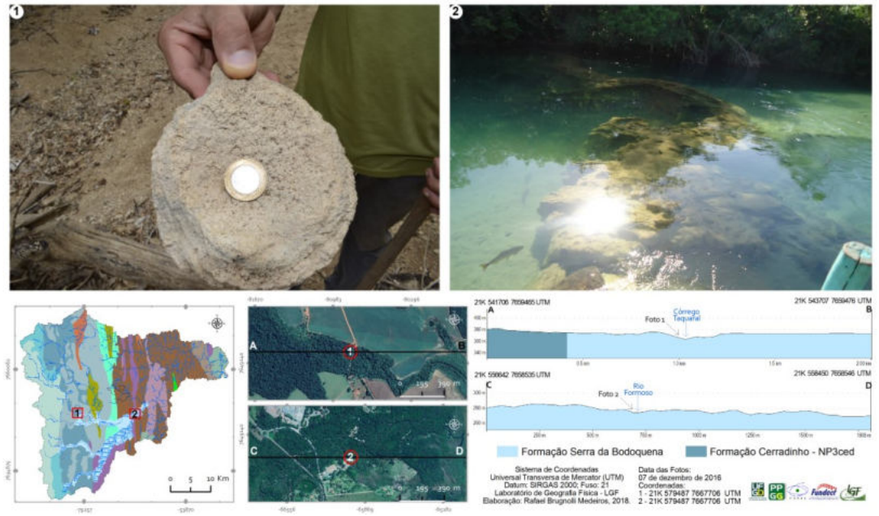


Figura 17: Depósito sedimentar (Foto 1) que origina as tufas sobre a formação Serra da Bodoquena, no balneário municipal do rio Formoso (Foto 2).

Já a unidade estratigráfica mais recente na BHRF diz respeito aos depósitos aluvionares, que são formados pelos sedimentos quaternários do período Holoceno, os quais constituem uma série de sedimentos inconsolidados, como a areia, areia quartzosa, cascalho, silte e argila, caracterizado por um relevo plano e próximo aos cursos fluviais, sobretudo, na confluência de grandes hidrografias, como o caso da foz do rio Formoso com o rio Miranda. É tomado por gleissolos e uma vegetação florestal que atinge um total de 2,16 km², ou apenas 0,16%.

Portanto, a compartimentação das unidades morfoestruturais da BHRF ficou caracterizada pela predominância de rochas carbonáticas. Ao agrupar todas as formações com características cársticas, estas representam um total de 860,84 km² ou 64,93%, enquanto que as rochas terrígenas alcançam 464,90 km² ou 35,07%. Essa espacialidade ficou determinada pelos grupos Cuiabá (predominantemente terrígeno) e Corumbá (carbonático).

Distribuição das Chuvas na BHRF

O clima no estado de Mato Grosso do Sul é classificado e regionalizado de acordo com estudos de diversos autores. Nesta análise, optou-se pela classificação de Zavatini (1992), em que o autor propôs uma classificação climática que visou um detalhamento e ofereceu uma ideia clara sobre as regiões climáticas sul-mato-grossenses (Figura 18).

Segundo Zavatini (1992), o estado de Mato Grosso do Sul engloba duas grandes regiões climáticas: a controlada pela ação de massas equatoriais e tropicais (norte); e aquela controlada por massas tropicais e polares (sul). Essas duas regiões são classificadas em climas regionais e oferecem duas classificações mais detalhadas, como as de Climas Tropicais Alternadamente Secos e Úmidos (norte); e Climas Sub-Tropicais Úmidos (sul).

Essas duas regiões definidas por Zavattini (1992) proporcionam algumas variações das massas de ar quente ou fria e alteram a distribuição das precipitações, bem como as características referentes às estações do ano. Portanto, o noroeste do estado compreende uma participação efetiva da massa tropical continental, com massa equatorial continental com ação esporádica. Já na

área a nordeste, é destacada a atuação da massa tropical atlântica. Essas duas zonas climáticas supracitadas pertencem ao clima tropical, alternadamente seco e úmido.

A zona climática ao sul do estado de Mato Grosso do Sul é denominada como área de climas subtropicais úmidos, que oferecem ainda, outras características tais como um verão chuvoso e um inverno seco, porém, com maiores precipitações do que a zona climática localizada ao norte. Com isso, a região ao sul tem atuação equilibrada das massas tropical atlântica e polar atlântica.

Logo, diante da classificação climática do estado, proposta por Zavatini (1992), nota-se que a BHRF está inserida na região sudoeste, em uma zona climática controlada por massas tropicais e polares, com um clima regional predominante da atuação da massa polar atlântica e participação efetiva da massa tropical continental. A BHRF está inserida no contexto "Planalto da Bodoquena", que é uma das feições climáticas individualizadas propostas pelo autor, com "índices anuais entre 1200 e 1400 mm, chuvas de primavera ligeiramente superiores às de verão e período outono-inverno com valores ao redor de 300 mm" (ZAVATINI, 1992, p.84).

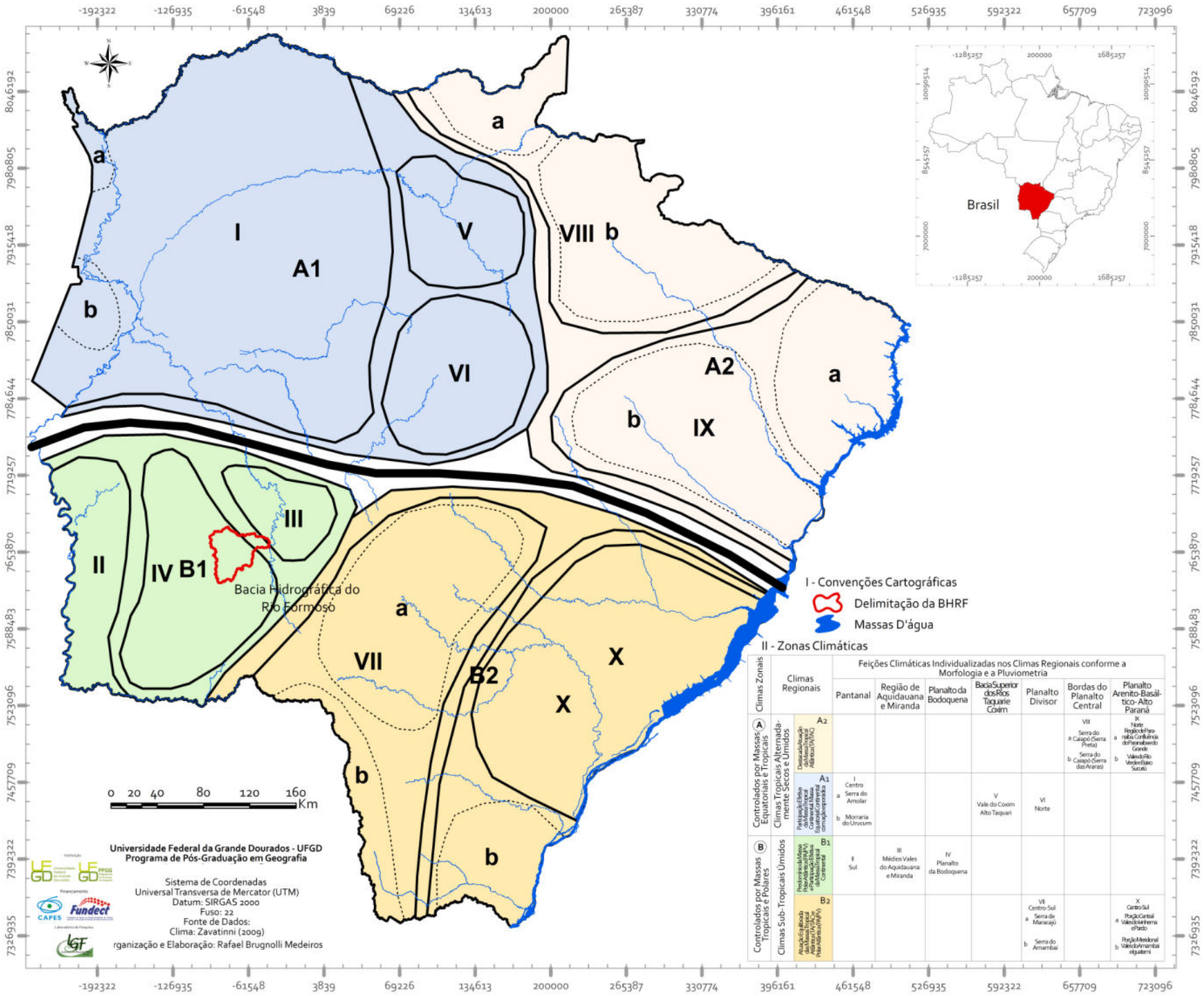


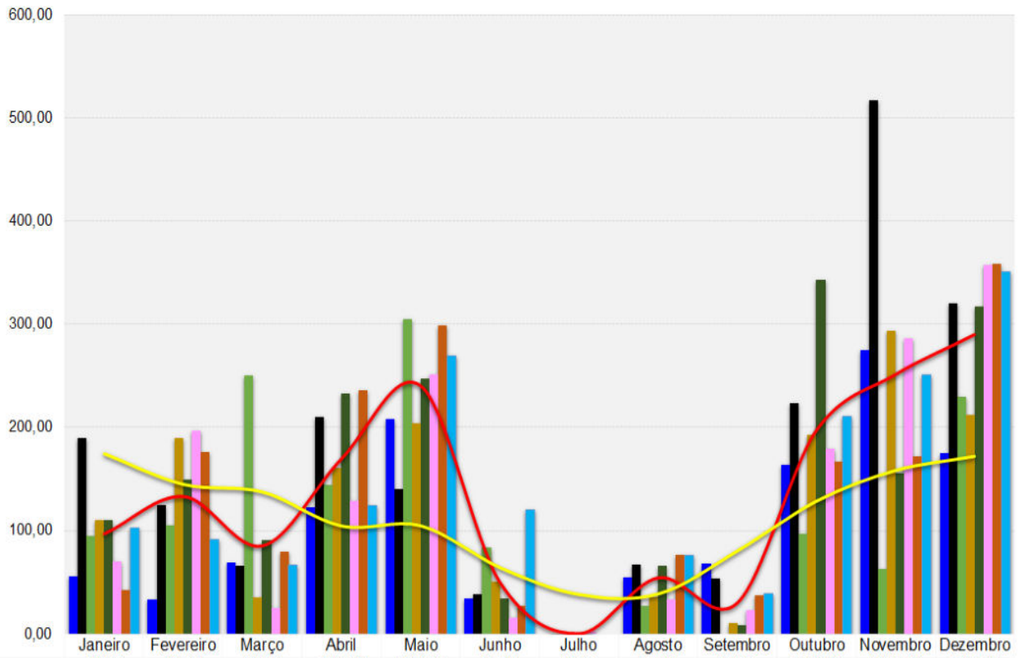
Figura 18: Classificação climática do estado de Mato Grosso do Sul.

Na análise da distribuição de chuvas da BHRF, optou-se pelo uso dos dados de estações meteorológicas localizadas na zona B1 (ZAVATTINI, 1992). A frequência destas chuvas (Figura 19), seguida da modificação espacial e da magnitude destas (volume) são fatores primordiais a serem avaliados em situações críticas (desvios consideráveis na precipitação). Portanto, notou-se que os volumes pluviométricos elevados nas cabeceiras dos principais recursos hídricos da BHRF, como os rios Formoso e Mimoso e córregos Formosinho, Taquaral, Serradinho e Anhuma, tanto podem auxiliar na manutenção da quantidade das águas superficiais, como também podem, somadas a um uso inadequado ou grande quantidade de arraste de sedimentos pela ação pluvial, ocasionar o "barreamento" dos rios, fato este, cada vez mais recorrente em Bonito.

Com a precipitação ocorrida em 2017, notou-se que seu volume e distribuição trouxeram importantes impactos sobre a qualidade das águas da BHRF. Inicialmente, apontou-se a sede municipal de Bonito com os menores volumes pluviométricos da BHRF, por outro lado, tanto a leste (depressão do rio Miranda) como a oeste da BHRF (nas proximidades da Serra da Bodoquena), expuseram volumes pluviométricos mais altos.

Outro fato foi que, tanto no ano de 2017 como nas médias do período histórico, salvo algumas exceções, as regiões ao sul e sudeste da BHRF foram as áreas com maiores volumes pluviométricos. Único destaque foi que a média mascarou muitas questões importantes e atípicas que aconteceram, fato esse que não ocorreu na análise do ano de 2017, o qual apontou que agosto e setembro não obtiveram altas precipitações nessas regiões citadas.

A identificação dessas variáveis ao longo do ano de 2017 e sua relação com a média, tanto do período histórico como do ano de 2017, fez com que ressaltassem algumas questões importantes. O verão de 2017 foi considerado atípico se comparado com a média do período histórico de 1986 a 2016, em que os meses de janeiro e março apontaram precipitações abaixo do normal, apenas fevereiro ficou próximo da média.



	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Bonito	56,00	33,60	69,20	123,20	208,20	34,60	0,00	55,20	67,80	163,60	274,80	175,40
MT-738	189,50	124,90	65,90	210,50	139,80	38,00	0,00	67,60	53,50	223,60	516,80	320,90
Caracol	94,80	105,20	250,00	144,10	305,40	84,00	0,00	26,80	0,00	97,50	63,00	229,80
Jardim	110,80	189,50	34,90	160,40	203,80	50,50	0,00	35,60	10,50	192,70	293,30	212,80
Nioaque	110,00	149,30	90,60	232,90	247,80	33,80	0,00	65,70	8,50	343,00	155,20	317,30
Marabá	70,00	196,40	25,40	129,40	251,30	15,50	2,60	32,80	22,80	179,20	286,40	357,70
Santa Otília	42,00	176,00	79,90	236,40	298,40	26,60	0,00	76,00	36,90	166,80	171,80	358,40
Santa Rosa	103,00	91,70	67,10	124,00	269,10	120,20	0,00	76,10	39,30	210,80	251,30	350,60
Média 2017	97,01	133,33	85,38	170,11	240,48	50,40	0,33	54,48	29,91	197,15	251,58	290,36
Média Período Histórico	174,81	145,06	137,66	104,90	105,14	64,75	38,55	39,03	80,53	128,74	158,57	172,31

Figura 19: Precipitações no ano de 2017 e sua relação com a normal climatológica, de 1986 a 2016.

As precipitações de acordo com as normais climatológicas trouxeram consigo questionamentos acerca da influência orográfica que a bacia em questão está inclusa, pois nota-se que a região central da BHRF, mais precisamente a sede municipal é, por predominância, a área com os menores índices pluviométricos da região, com exceção apenas à primavera, pela média do período histórico.

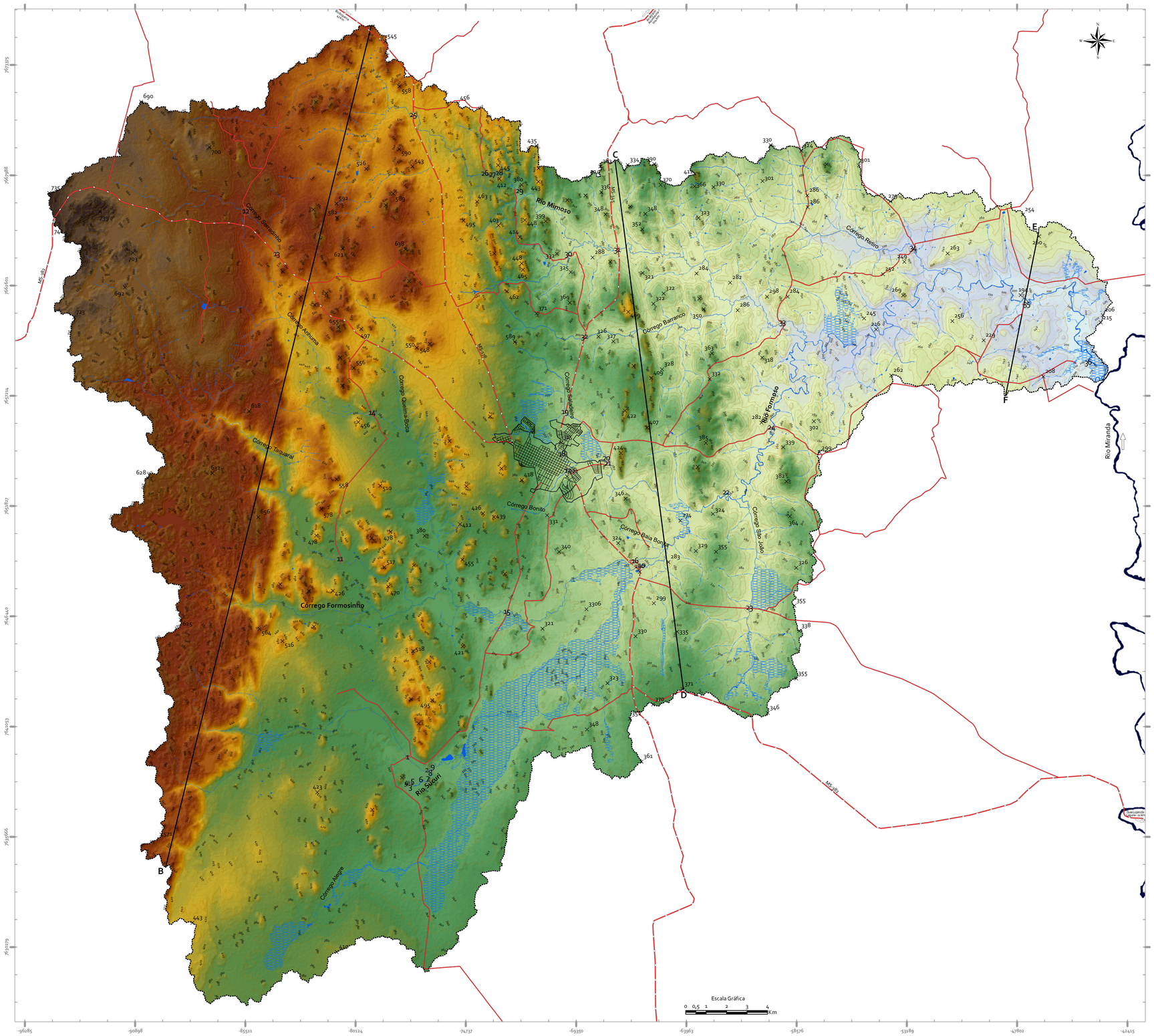
Logo, percebe-se que Bonito está situada entre duas importantes serras: Maracajú e Bodoquena. Isso faz com que ocorra um processo de barlavento, que encontra uma barreira natural e impede ou dificulta que as nuvens, carregadas de umidade, se direcionem ao município. Tal fato se apresenta no inverno, em que as massas de ar advêm das regiões oeste e sudoeste. Já no verão, as massas de ar advêm das regiões norte e noroeste do estado de Mato Grosso do Sul (ZAVATINI, 1992) e trazem o ar quente e úmido para a região de Bonito.

Esse questionamento sobre a influência orográfica e não uma afirmação, parte apenas do pressuposto da questão pluviométrica em Bonito, contudo, transmite-se aqui, indagações a futuros pesquisadores que queiram adentrar nessa análise e compreender a dinâmica pluviométrica, além de estudar como esse aspecto possui influência do relevo da região.

Hipsometria da BHRF

A BHRF, por abranger parte da serra da Bodoquena e também a depressão do rio Miranda, possui grande variação altimétrica, seja por suas serras alongadas, morros residuais, superfícies aplainadas, suave onduladas ou planícies aluviais. Apresenta ainda, uma altimetria que alcança 720 metros na Serra da Bodoquena, até a presença da menor cota encontrada, que é de 200 metros de altitude, na foz do rio Formoso (Figura 20).

FIGURA 20: HIPSOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL



Legenda

I - Hipsometria

(metros)

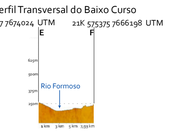
740 720 700 680 660 640 620 600 580 560 540 520 500 480

460 440 420 400 380 360 340 320 300 280 260 240 220 200

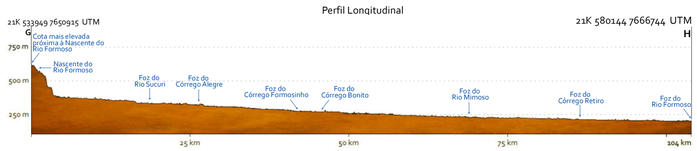
Perfil Transversal do Alto Curso

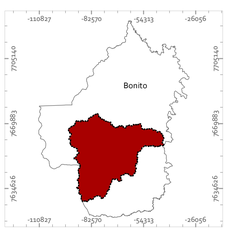
Perfil Transversal do Médio Curso

Perfil Transversal do Baixo Curso



Perfil Longitudinal





Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Hipsometria: Modelo Digital de Terreno
SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI,
órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e
8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;

Equidistância das
Curvas de Nível
20 metros

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio
Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição

Financiamento

Laboratório de Pesquisa

II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Perfis Topográficos
- Rio Miranda
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Curvas de Nível

De acordo com o perfil transversal do alto curso (A-B), o rio Mimoso margeou um local com grandes variações altimétricas. Isso ocorre, principalmente, pelo relevo acidentado que é característico da região noroeste e oeste da BHRF. Assim, no trecho que atingiu por volta de 10,5 km de extensão (de A para B), ocorre a maior cota altimétrica deste perfil transversal, que chega a 640 metros. Esse local é caracterizado por se encontrar em uma área de domínios de morros residuais e dolinas, pertencentes à formação litológica Cerradinho e detentora de grandes áreas de vegetação florestal. Ainda em um relevo acidentado, ocorre uma grande queda na altimetria até o córrego Anhuma, que exibe uma planície mais extensa. No córrego Taquaral, ao alcançar 21 km de extensão desde o divisor de águas da BHRF, é notável o seu entalhamento, além de apontar a menor altimetria deste perfil, que chega a 400 metros de altitude, já em área de afloramento da formação Bocaina, além da presença dos pavimentos cársticos característicos da serra da Bodoquena.

Após este ponto, o terreno continua com significativas variações altimétricas locais e alcança o córrego Formosinho, que é representado por uma planície estreita. No trecho em que o perfil (A – B) alcança o rio Formoso, o relevo encontra-se encaixado em meio à serra da Bodoquena, com desníveis até encontrar o limite da BHRF (B), a 560 metros de altitude.

O médio curso da BHRF (C-D) expôs um relevo menos acidentado que o perfil citado anteriormente, mas ainda contêm variações altimétricas, além de ser mais estreito, já que alcançou 25,8 km de extensão. Ademais, perpassou extensas unidades de relevo e formações geológicas. Esse perfil permaneceu com pouca variação altimétrica até o rio Mimoso, que já se encontra em uma planície aluvial cárstica. Os morros residuais ficaram evidenciados durante os quilômetros 5 a 8 e 9 a 14 (no sentido de C para D), em que ocorre uma elevação brusca das altitudes em meio a uma planície caracterizada pelos baixos declives dos mármores da subunidade Carbonática do grupo Cuiabá.

Entre esses morros residuais, ocorre o entalhamento do córrego Barranco, ou seja, surge uma planície restrita que alcança 260 metros de altitude e uma redução evidente da altitude com relação ao perfil do alto curso da BHRF (A – B). Após esses relevos mais acidentados, apresenta-se uma extensa planície fluvial que abrange algumas características particulares, como o afloramento da formação Serra da Bodoquena. Nesta planície mais extensa se localiza o córrego Bonito e Formosinho, além do rio Formoso, que alcança, neste ponto, 250 metros de altitude. Deste ponto em diante, o perfil seguiu sem grandes variações altimétricas até o divisor de águas, com a cota altimétrica de 271 metros. O perfil transversal do baixo curso (E-F) apresentou uma reduzida extensão com superfícies terrígenas aplainadas a suave onduladas, que perpassou apenas o rio Formoso. Possui uma variação pouco significativa, já que não apresenta morros residuais e tem como característica, as pastagens e vegetações florestais, além da proximidade com algumas áreas úmidas. Assim, esse perfil iniciou seu traçado nos arenitos da formação Aquidauana, ao transpor os mármores do grupo Cuiabá até os quartizitos do grupo Cuiabá, que apesar de possuírem propriedades distintas, são característicos de um relevo plano, em que, na BHRF, as cotas altimétricas mais altas apontam para 260 metros e as mais baixas, 200 metros.

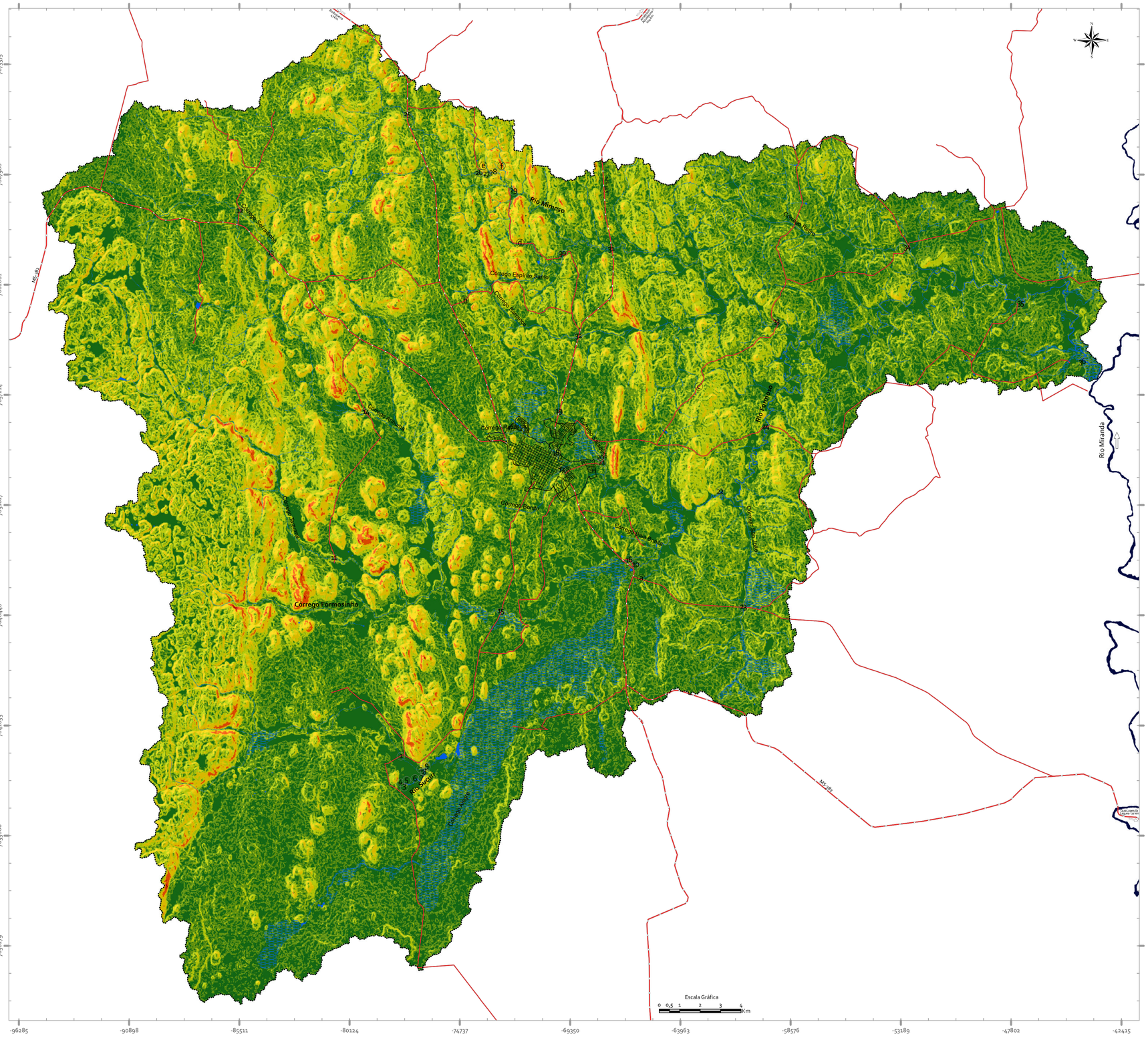
Não menos importante, o perfil longitudinal (G-H) foi realizado para averiguar os desníveis altimétricos desde a cota mais alta, próxima à nascente do rio Formoso, até a sua foz, além de ponderar os desníveis médios e quais setores do recurso hídrico exibem os maiores desníveis. Optou-se pela elaboração de pontos de referência para melhorar a análise e facilitar o entendimento do leitor. Esses pontos de referência representaram à cota mais alta (próxima à nascente); a própria nascente do rio Formoso; confluências dos principais afluentes do rio Formoso; e a foz do rio Formoso.

Assim, o perfil longitudinal representou alguns índices interessantes, como os 104 km de extensão e por apresentar uma diferença altimétrica de 400 metros, obteve um desnível médio de 3,85 m/km. Tal valor foi resultado dos transectos que cortam a serra da Bodoquena, que representaram índices maiores de desnível, demonstrado pelo entalhamento dos rios e vales em “v” ali existentes, até alcançarem as superfícies aplainadas e suave onduladas do médio e baixo curso, já com índices menores de desnível.

Declividade da BHRF

A declividade da BHRF se mostra variada, entretanto, possuem algumas unidades bem definidas, seja nas proximidades do baixo curso, com um relevo aplainado a suavemente ondulado; no médio curso, com um relevo plano a suave ondulado com morros residuais e dolinas em algumas áreas, característicos de um sistema cárstico; e no alto curso, em um patamar mais elevado, ocorre o predomínio dos altos declives da serra da Bodoquena. Deste modo, a declividade da BHRF foi demonstrada segundo classes do SIBCS da EMBRAPA, encontrando-se as seguintes classes: 0,00% a 3,00%; 3,01% a 8,00%; 8,01% a 20,00%; 20,01% a 45,00%; 45,01% a 75,00% e maior que 75,01% de declive, o que proporcionou uma visualização das principais feições existentes na BHRF (Figura 21).

FIGURA 21: DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL



Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Declividade: Modelo Digital de Terreno
SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI,
órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e
8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio
Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

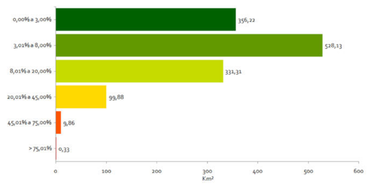
Instituição

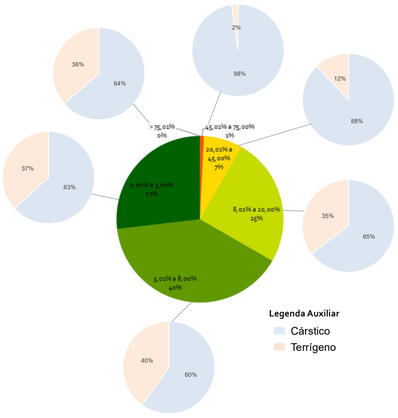
Financiamento

Laboratório de Pesquisa

Legenda

I - Declividade	Classificação do Relevo	Facilidades na Ocupação Rural	Pontos Representativos
0,00% - 3,00% Áreas de Abrangência Km² % 356,22 26,87	Plano: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.	Aquicultura Apto a qualquer uso agrícola, desde que não seja em áreas periodicamente inundadas.	 a Coordenadas 21F 551594 7671891 UTM Data: 05/11/2016
3,01% - 8,00% Áreas de Abrangência Km² % 528,13 39,84	Suave Ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 metros e de 50 metros a 100 metros, respectivamente), apresentando declives suaves.	Depende da subclasse, pois será preciso ações de controle erosivo ou de melhoria na fertilidade do solo. Apta para agricultura, desde que use técnicas de manejo e conservação do solo.	 b Coordenadas 21F 549516 7671749 UTM Data: 05/11/2016
8,01% - 20,00% Áreas de Abrangência Km² % 331,31 24,99	Ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados.	Susceptibilidade a erosão e perda de potencial produtivo do solo. Permite pastoreio, reflorestamento e a manutenção da vegetação natural. Caso haja culturas, é necessário o terraceamento nas áreas mais declivosas.	 c Coordenadas 21F 560013 7667010 UTM Data: 06/11/2016
20,01% - 45,00% Áreas de Abrangência Km² % 99,88 7,53	Forte Ondulado: superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de altitude relativas de 50 metros a 100 metros e de 100 metros a 200 metros, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes.	Susceptibilidade a erosão e perda de potencial produtivo do solo. Permite pastoreio, reflorestamento e a manutenção da vegetação natural. Caso haja culturas, é necessário o terraceamento nas áreas mais declivosas, entretanto, é recomendável que culturas não adentrem áreas próximas aos 45% de declive.	 d Coordenadas 21F 551315 7670443 UTM Data: 05/11/2016
45,01% - 75,00% Áreas de Abrangência Km² % 9,86 0,74	Montanhoso: superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamento relativamente grandes e declives fortes e muitos fortes.	Manutenção da vegetação original.	 e Coordenadas 21F 550133 7678138 UTM Data: 13/12/2017
> 75,01% Áreas de Abrangência Km² % 0,33 0,03	Escarpado: áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbês, frentes de cuestas, falésias, vertentes de declives muito fortes.	Manutenção da vegetação original.	 f Coordenadas 21F 551133 7678140 UTM Data: 13/12/2017





II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda

As áreas em que os declives variaram de 0,00% a 3,00%, que alcança um total de 356,22 km², tem por característica, serem dotadas de um relevo extremamente plano, principalmente nas proximidades com os recursos hídricos ao longo de toda a BHRF, em rampas alongadas do alto e médio curso e em locais dispersos ao redor dos morros residuais, conforme a Figura 22**.**

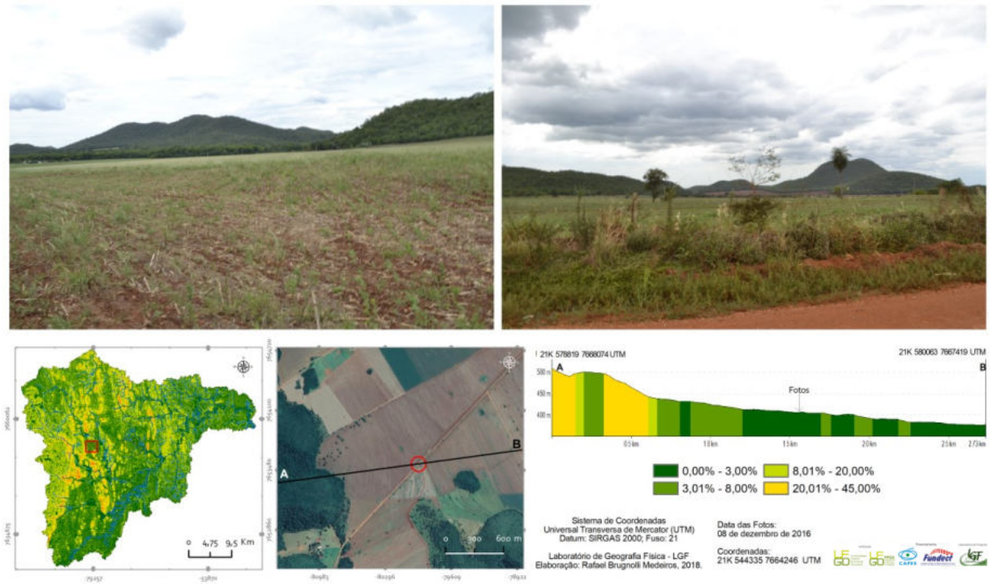


Figura 22: Áreas de declividades 0,00% a 3,00% (poljes), com solos férteis, uso das terras voltado às plantações de soja e morros residuais ao fundo.

Essas extensas áreas aplainadas estão cercadas por morros residuais do alto e médio curso principalmente e são extremamente férteis, sobretudo nas áreas de sistema cárstico, em que os solos (chernossolo ou solos eutróficos) e a litologia predominamtente carbonatada, rica em calcário calcítico, dolomítico e magnésio, favorecem tal fertilidade. Esses fatos beneficiam a agricultura, a mecanização agrícola e, consequentemente, o plantio de lavouras, como soja e milho devido ao seu baixo declive, rampas alongadas de dissecação horizontal, poucas amplitudes segundo sua dissecação vertical, energia considerada muito suave a fraca, solos férteis e litologia advinda do calcário.

Destacou-se ainda os baixos declives sobrepostos em rochas carbonáticas da formação Serra da Bodoquena, onde existem grandes áreas planas e úmidas, que chegam a 31,43 km², localizadas ao sul do perímetro urbano de Bonito. Portanto, o relevo plano oferece um deflúvio vagaroso, com pouca ou nenhuma erosão hídrica expressiva (pouca energia potencial erosiva do relevo), rampas alongadas com poucas amplitudes e que apresentam um excedente hídrico que perdura por alguns meses (áreas úmidas), que é o denominado banhado do rio Formoso.

Essas regiões, segundo Ramalho Filho e Beek (1995) estão aptas a qualquer uso agrícola, um contraponto diz respeito a De Biase (1993 apud PINTO, CARVALHO e SILVA, 2005) apontar que áreas com esse declive possuem limitações de usos agrícolas, sobretudo por possuir pouca variação antimétrica, o que resulta, em alguns casos, em inundações das planícies e fazem com que ocorra um excedente hídrico. Logo, nestas áreas úmidas o uso se restringe à manutenção da vegetação nativa.

Já as áreas de declives classificados por um relevo suave ondulado, ou seja, de 3,01% a 8,00%, estão dispostas ao longo de toda a BHRF e possuem a maior área de abrangência dentre todas as classes de declividade (528,13 km²), aspectos estes que a tornam aptas para o uso agrícola, desde que ocorra um controle erosivo, pois de acordo com Ramalho Filho e Beek (1995), nessa classe já ocorre um desprendimento do solo, o que proporciona a perda de sua fertilidade e mostra-se uma necessidade de se adotar pequenas ações de controle erosivo. Tal afirmação confluiu às características encontradas na BHRF, de que a maioria dos impactos como erosões em sulcos, ravinas e laminares estão em áreas de 3,01% a 8,00%, que, mesmo com a declividade relativamente reduzida, o mau ou a falta de manejo do sojo em áreas de lavouras e pastagens decorrem em problemas ambientais ao longo de toda a BHRF, sobretudo em áreas de solos pedregosos e rasos como o neossolo regolítico distrófico.

Portanto, concluiu-se que, apesar das limitações ou aptidões agrícolas, outras variáveis devem ser levadas em consideração e não apenas a declividade. Os solos determinam muitas das limitações de uso das terras, as rochas com sua fragilidade/resistência e estabilidade de seus minerais também proporcionam influência sobre as limitações e aptidões do uso das terras. Logo, vê-se a importância da interpretação e espacialização da fragilidade ambiental e identificação dos conflitos de uso das terras para fins de limitar ou ordenar seu uso adequado.

Já os terrenos que variam de 8,01% a 20,00% de declividade, já podem ser considerados como ondulados, já que exibem, segundo a EMBRAPA (2013), terrenos com superfície de topografia mediamente movimentada, constituída por um conjunto de colinas e declives moderados. Esses declives foram encontrados dispostos ao longo de toda a BHRF, em locais que não apresentam características específicas na bacia. Isto posto, desde a serra da Bodoquena, principalmente em seus fundos de vale, até áreas no baixo curso do Formoso, essa classe de declive é encontrada (331,31 km²).

Pela área ser marcada por uma configuração física que origina restrições à infiltração, eleva-se o escoamento superficial, principalmente nas áreas com rochas carbonatadas e solos frágeis como o chernossolo rêndzico órtico (como na serra da Bodoquena e em todo o alto curso da BHRF), uma vez que estas áreas são mais vulneráveis aos processos erosivos. Apenas no médio e baixo curso da BHRF há solos mais profundos (que facilitam a infiltração), como o latossolo e o nitossolo.

Nos declives mais íngremes, de 20,01% a 45,00%, o relevo é considerado forte-ondulado, com superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros residuais (elevações com amplitude altimétrica de 50 metros a 100 metros e de 100 metros a 200 metros, respectivamente) e raramente colinas (EMBRAPA, 2013). Nessas áreas, a manutenção da vegetação natural é essencial para a redução da energia potencial erosiva do relevo (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), visto que sua energia é elevada, o que torna imprescindível uma vegetação de maior porte, com raízes profundas que protejam o solo contra a ação das águas pluviais. Entretanto, nota-se que nessa área de declive, apesar de ser recomendada para a manutenção de uma vegetação de maior porte, ainda não denota uma necessidade legal de conservação, o que demonstra, na BHRF, que muitas áreas com esse declive são utilizadas para pastagens, assim, cuidados acerca das práticas conservacionistas utilizadas, dos solos e dos recursos hídricos de seu entorno se fazem necessários.

Os declives que alcançam de 45,01% a 75,00% apontam diversas restrições no uso de suas terras, posto que estão adequadas apenas para a manutenção da vegetação natural. De acordo com a EMBRAPA (2013), tal relevo é classificado como montanhoso por possuir uma superfície topográfica vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, e apresenta desnivelamento relativamente grande, com declives de fortes a muito fortes.

Esses declives são encontrados em locais específicos da BHRF, como os morros residuais (Figura 23), e na serra da Bodoquena (no médio e alto curso da bacia hidrográfica, respectivamente). Por esses motivos, a manutenção da vegetação é necessária e, somada aos altos declives, rochas carbonatadas e ao solo raso, eleva-se a fragilidade ambiental e favorece o escoamento superficial. As áreas com maiores declives da BHRF (acima de 75,01%), alcançam um máximo de 80,19% em alguns pontos isolados em morros residuais do médio curso e nas encostas da serra da Bodoquena. Segundo a EMBRAPA (2013), essas áreas são caracterizadas por um relevo escarpado, que possuem um predomínio de formas abruptas, rampas estreitas, afloramentos rochosos, alta potencialidade aos processos erosivos e amplitudes elevadas de suas rampas, compreendendo assim, superfícies muito íngremes e escarpamentos. Essas áreas são destinadas apenas à manutenção da vegetação natural e, devido ao seu declive, necessitam destas para manutenção do solo e para a redução do deflúvio superficial.

Diante da grande variação das declividades existentes na BHRF, necessitou-se de sua análise juntamente com o comprimento e amplitude das rampas, pois tais informações auxiliaram na identificação das características do relevo, sua morfometria e aspectos valorosos para identificar a energia potencial erosiva do relevo.

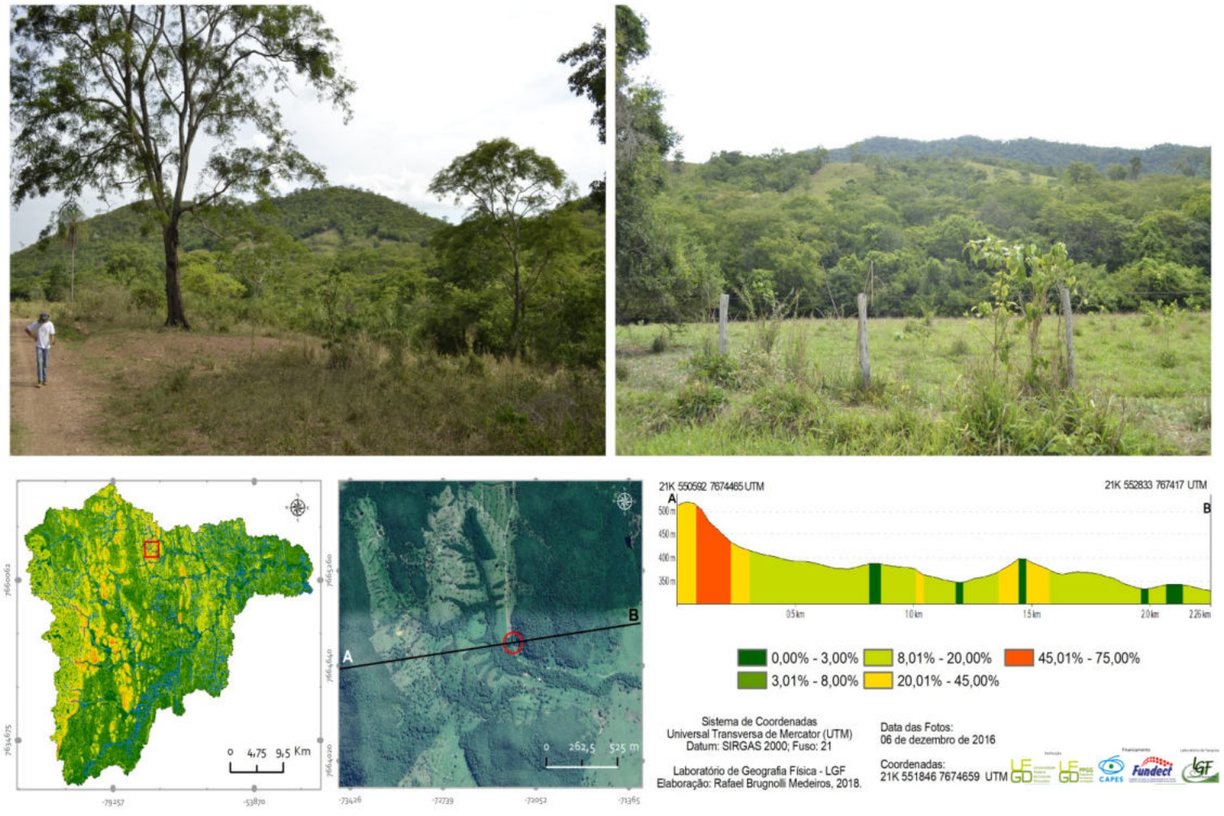
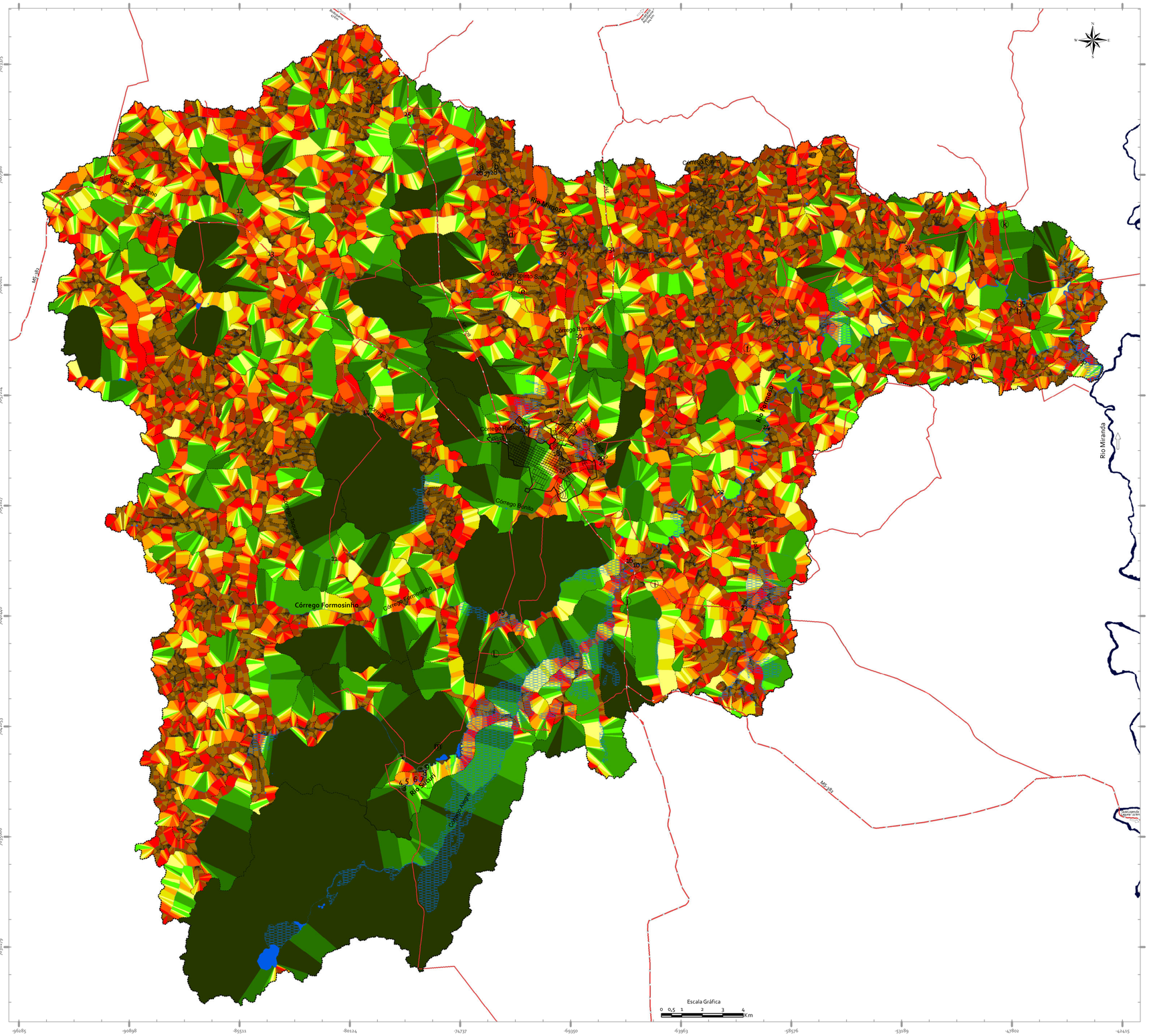


Figura 23: Áreas de morros residuais que alcançam declividades de 45,01% a 75,00%.

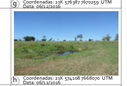
Dissecação Horizontal da BHRF

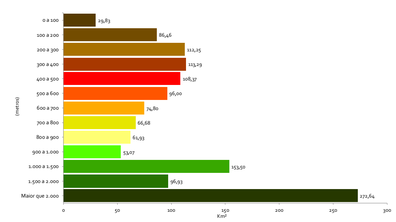
A dissecação horizontal torna-se importante ao passo que se considera o comprimento das rampas, já que quanto maior o comprimento das rampas, mais plano tende a ser o relevo. Para tanto, segue-se a proposta metodológica de Spiridonov (1981), em que traz consigo dissecação horizontal dos vales e uma ideia clara a respeito do relevo da região da BHRF (Figura 24).

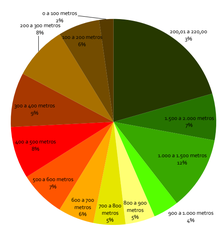
FIGURA 24: DISSECAÇÃO HORIZONTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL



Legenda

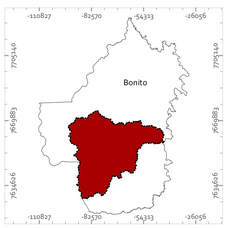
I - Classes de Dissecação Horizontal	Descrição das Classes de Dissecação Horizontal	Pontos Representativos
0 a 100 metros Áreas de Abrangência Km² % 29,83 2,25	Esta classe apresenta rampas estreitas que traduzem uma energia potencial erosiva do relevo elevada. Localizada em todas as regiões da BHRF, sobretudo no médio e baixo curso da BHRF devido a quantidade de mananciais hídricos, bem como na Serra da Bodoquena, onde o declive é mais acentuado e, consequentemente, os cursos de água são mais entalhados.	a) Coordenadas: 23K 559842 7678178 UTM Data: 17/12/2012
100 a 200 metros Áreas de Abrangência Km² % 86,46 6,52	Ainda apresenta um rampas estreitas dos mananciais hídricos ao divisor de águas, sendo encontradas em diversos pontos ao longo de toda a BHRF. A sub-bacia do rio Mimoso, a área da Serra da Bodoquena e o baixo curso da BHRF (devido à quantidade de mananciais), apresenta muitas dessas classes ao longo de suas áreas.	b) Coordenadas: 23K 551159 7677834 UTM Data: 17/12/2012
200 a 300 metros Áreas de Abrangência Km² % 112,25 8,47	Esta classe apresenta um relevo ondulado e, em alguns casos, acidentado, sobretudo no alto e médio curso da BHRF. No baixo curso, a classe se apresenta como um relevo aplainado, onde é possível encontrar essa classe devido a boa densidade de drenagem.	c) Coordenadas: 23K 551154 7677240 UTM Data: 05/12/2018
300 a 400 metros Áreas de Abrangência Km² % 113,29 8,55	Classe encontrada em todas as regiões da BHRF, apresenta um relevo ondulado e, em alguns casos, mais acidentado como na sub-bacia do rio Mimoso. No caso do baixo curso, essa classe apresenta-se mais aplainada, onde há uma grande quantidade de mananciais.	d) Coordenadas: 23K 551879 7671681 UTM Data: 05/12/2018
400 a 500 metros Áreas de Abrangência Km² % 108,37 8,17	A classe de 400 a 500 metros apresenta uma característica de transição entre as rampas estreitas e alongadas, principalmente por se encontrar em todas as formas de relevo e regiões da BHRF.	e) Coordenadas: 23K 551341 7671067 UTM Data: 05/12/2018
500 a 600 metros Áreas de Abrangência Km² % 96,00 7,24	Classe também caracterizada por uma zona de transição entre as rampas consideradas alongadas e estreitas, sobretudo pela diversidade de regiões que a mesma se encontra. Não havendo uma característica definida nas rochas, solos e vegetação. Suas rampas apresentam desde vertentes declivosas (alto e médio curso) até suaves (baixo curso).	f) Coordenadas: 23K 553113 7668905 UTM Data: 05/12/2018
600 a 700 metros Áreas de Abrangência Km² % 74,80 5,64	A classe de 600 a 700 metros é encontrada ao longo de toda a BHRF, é uma classe de transição entre as rampas consideradas alongadas e estreitas, sobretudo pela diversidade de regiões que a mesma se encontra. Não havendo uma característica definida nas rochas, solos e vegetação. Suas rampas apresentam desde vertentes declivosas (alto e médio curso) até suaves (baixo curso).	g) Coordenadas: 23K 576387 7670159 UTM Data: 06/12/2018
700 a 800 metros Áreas de Abrangência Km² % 66,68 5,03	A classe 700 a 800 metros apresenta um relevo suave ondulado a aplainado, tanto em regiões cársticas como terrígenas, não obtendo uma característica definida no que diz respeito aos demais componentes da BHRF. Contudo, a única relação encontrada é com a declividade, sobretudo as classes de 0 a 20%.	 h) Coordenadas: 23K 574218 7668070 UTM Data: 06/12/2018
800 a 900 metros Áreas de Abrangência Km² % 61,93 4,67	Esta classe apresenta rampas alongadas em um relevo suave ondulado a aplainado, sobretudo em áreas do baixo curso. Contudo, são encontradas em porções do médio e alto curso, principalmente em áreas com poucos fundos de vale, que acabam elevando o comprimento das rampas.	i) Coordenadas: 23K 578600 7667616 UTM Data: 06/12/2018
900 a 1.000 metros Áreas de Abrangência Km² % 53,07 4,00	Notável a alteração das características das rampas a partir dessa classe, se mostrando mais alongada e com relevo aplainado. Sendo encontrada em todas as regiões da BHRF.	j) Coordenadas: 23K 558833 7668838 UTM Data: 05/12/2018
1.000 a 1.500 metros Áreas de Abrangência Km² % 153,50 11,58	As dissecações que alcançam 1.000 a 1.500 metros apresentaram rampas alongadas, relevo aplainado e pouco potencial erosivo, traduzido pelas declives pouco acentuados, de 0 a 20%.	k) Coordenadas: 23K 575879 7674456 UTM Data: 06/12/2018
1.500 a 2.000 metros Áreas de Abrangência Km² % 96,93 7,31	Classe que apresenta um relevo plano, sobretudo na região do médio curso da BHRF. Apresenta rampas alongadas, sendo encontrada em diversas áreas ao longo da bacia hidrográfica. Essas áreas já podem ser classificadas como poljés, que são grandes áreas planas resultantes da dissolução química do calcário em áreas cársticas pela ação das águas pluviais.	L) Coordenadas: 23K 559398 7674380 UTM Data: 07/12/2018
Maior que 2.000 metros Áreas de Abrangência Km² % 272,64 20,56	Essa classe é encontrada, sobretudo no alto e médio curso, em áreas cársticas, apresenta como característica as áreas de poljés advindas da dissolução do calcário.	m) Coordenadas: 23K 547378 7671127 UTM Data: 07/12/2018





II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Delimitação das Sub-bacias e Microbacias Hidrográficas
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda



Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Dissecação Horizontal: Spiridonov (1981); Mendes (1993).
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

A análise da dissecação horizontal iniciou-se com a informação que norteia todo o mapeamento e suas discussões, ou seja, quanto maior o comprimento da rampa, menor foi seu potencial erosivo e, consequentemente, o peso dado para tais classes foi menor, pois rampas alongadas reduzem o deflúvio superficial e torna-o menos propenso às erosões.

A primeira classe (0 a 100 metros) ficou disposta ao longo de toda a BHRF e tem como principal característica estar próxima à foz dos recursos hídricos, especialmente pela distância do fundo de vale com o divisor de águas, o que a fez apresentar o maior peso de potencial erosivo, pois suas rampas estreitas tendem a elevar o escoamento superficial. Tal classe é encontrada em 29,83 km² ou 2,25% do total da BHRF, e apresenta uma grande diversidade de disposições geológicas, relevo e solos, porém, a vegetação é formada, em sua grande maioria, por florestas com porte elevado e, em alguns casos, na região central e leste da BHRF, encontra-se sobre áreas úmidas.

A classe de 100 a 200 metros apresenta 86,46 km² ou 6,52% da área de estudo e é caracterizada por uma distância (mesmo que reduzida) da foz dos recursos hídricos, portanto, está disposta em pequenas porções ao longo de toda a BHRF, sobretudo na região oeste, norte e leste da bacia, pois se apresenta com um relevo mais ondulado, com declives de 8% a 20%, visto que possui fundos de vale mais definidos e encaixados.

A dissecação horizontal que compreende 200 a 300 metros é encontrada em toda a BHRF, que abrange um total de 112,25 km², com valores muito próximos das áreas de abrangência da classe 300 a 400 metros, de 400 a 500 metros e de 500 a 600 metros (113,29 km², 108,37 km² e 96,00 km² respectivamente). Isso ocorreu porque grande parte das bacias de drenagem dos afluentes temporários alcançam até esse comprimento de rampa e são encontradas, sobretudo, na região oeste, norte e leste da BHRF.

A classe de 600 a 700 metros está disposta em toda a BHRF e compreende, em sua maioria, um relevo mais aplainado com comprimentos de rampas maiores, visto que apresenta um menor número na serra da Bodoquena e mais abrangência nas demais porções da bacia, compreendendo assim, 74,80 km² ou 5,64%, sobretudo na região central e norte da BHRF.

A classe 700 a 800 metros abrange 66,68 km² e seu relevo aplainado é característico tanto de regiões cársticas, quanto de rochas terrígenas, já que não possuem uma característica definida no que diz respeito à correlação com os demais componentes da BHRF. Porém, sua classe tem relação, principalmente, com a declividade, pois as áreas desta classe tendem a vertentes menos acentuadas, além de maiores amplitudes de dissecação vertical.

A classe 800 a 900 metros e 900 a 1.000 metros abrangem poucas áreas, (61,93 km² e 53,07 km², respectivamente), porém, estão espacializadas ao longo de toda a BHRF, principalmente nas microbacias de maior comprimento longitudinal. Já as rampas que alcançam 1.000 a 1.500 metros são encontradas, principalmente, na região oeste e central da BHRF, e são caracterizadas por rampas alongadas e pouco potencial erosivo, além de compreender um relevo mais aplainado a suavemente ondulado, que a faz abranger 153,50 km².

As últimas duas classes (1.500 a 2.000 metros e a Maior que 2.000 metros) apresentam algumas características definidas (em sua maioria), tais como as rochas terrígenas e latossolos, sobretudo devido ao seu relevo plano a suave ondulado, típico das planícies aluviais, principalmente em rochas do grupo Cuiabá. Já nas áreas que abrangem essas classes, mas que estão localizadas em sistemas cársticos, é notória a grande extensão das rampas, principalmente nas áreas centrais e sul da BHRF, caracterizadas pelos poljes (Figura 25), que segundo Bigarella, Becker e Santos (1994, p. 268), são grandes planícies ou depressões de superfícies aplainadas, “resultante da dissolução extensiva de áreas calcárias, pela ação das águas, originando uma planura controlada pelo nível de base local”.

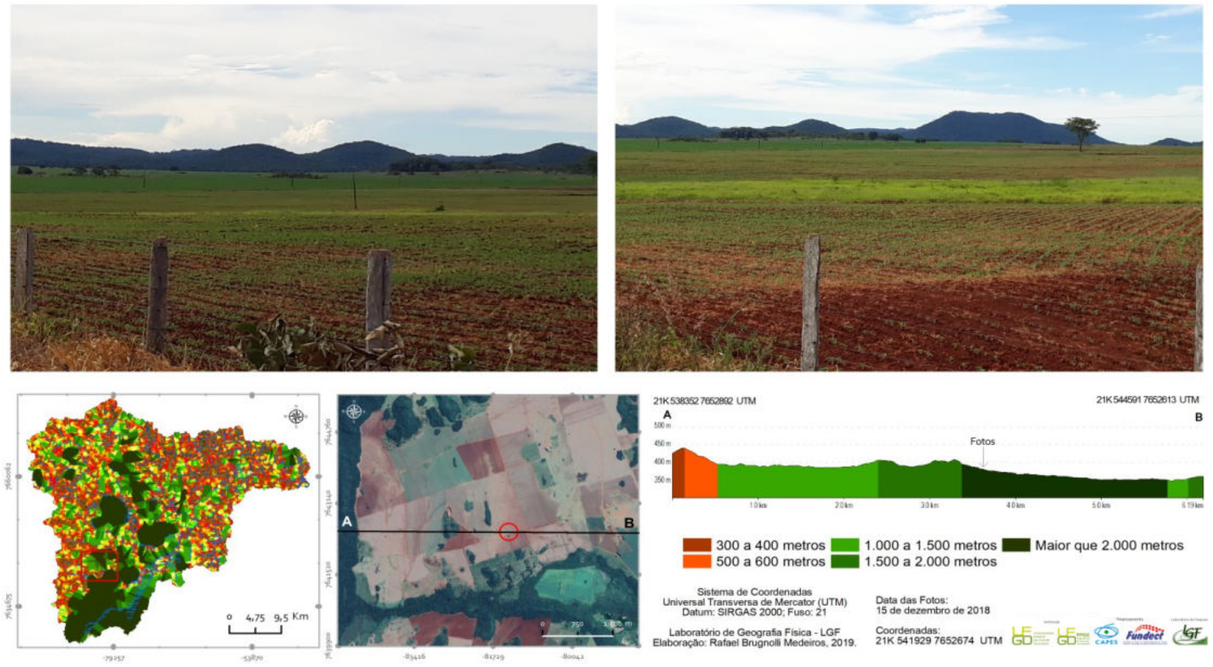


Figura 25: Áreas de poljes, em que se destacam as rampas alongadas, reduzidas declividades e baixa dissecação vertical.

Essa se constitui como uma área extremamente fértil e ocorre em grande quantidade no sistema cárstico da BHRF, que exibe um cultivo de soja em suas terras. Essas classes de 1.500 a 2.000 metros e maior que 2.000 metros abrangem, respectivamente, 96,93 km² e 272,64 km², e são encontradas, além das porções já citadas, pequenas exceções feitas em setores próximos à foz do rio Formoso, que devido ao seu declive reduzido, tem o comprimento de suas rampas elevado.

Nesses locais predominam as formações Cerradinho, Bocaina, Tamengo e Serra da Bodoquena, e apenas pequenas porções são formadas por rochas terrígenas. É notório a grande presença dessas classes nas superfícies próximas à serra da Bodoquena, em que se destaca a presença do chernossolo rêndzico órtico e, em alguns locais, de latossolos vermelho distrófico e eutrófico.

Com tais dados apresentados, mostrou-se que a BHRF apresenta compartimentos muito claros do relevo, altamente influenciado pelos seus sistemas cárstico e terrígeno, pois os terrenos mais dissecados horizontalmente estão localizados em áreas de declive mais acentuado e nos sistemas terrígenos (baixo curso), sobretudo pela grande quantidade de recursos hídricos e fundos de vale que definem o relevo. Por outro lado, aqueles terrenos menos dissecados horizontalmente estão dispostos no sistema cárstico, em que as áreas de poljes são destaque. Tal fato, somado à falta de recursos hídricos ou fundos de vale ante a um declive mais aplainado (0% a 8%) e pouca amplitude vertical, influi nas grandes rampas do terreno.

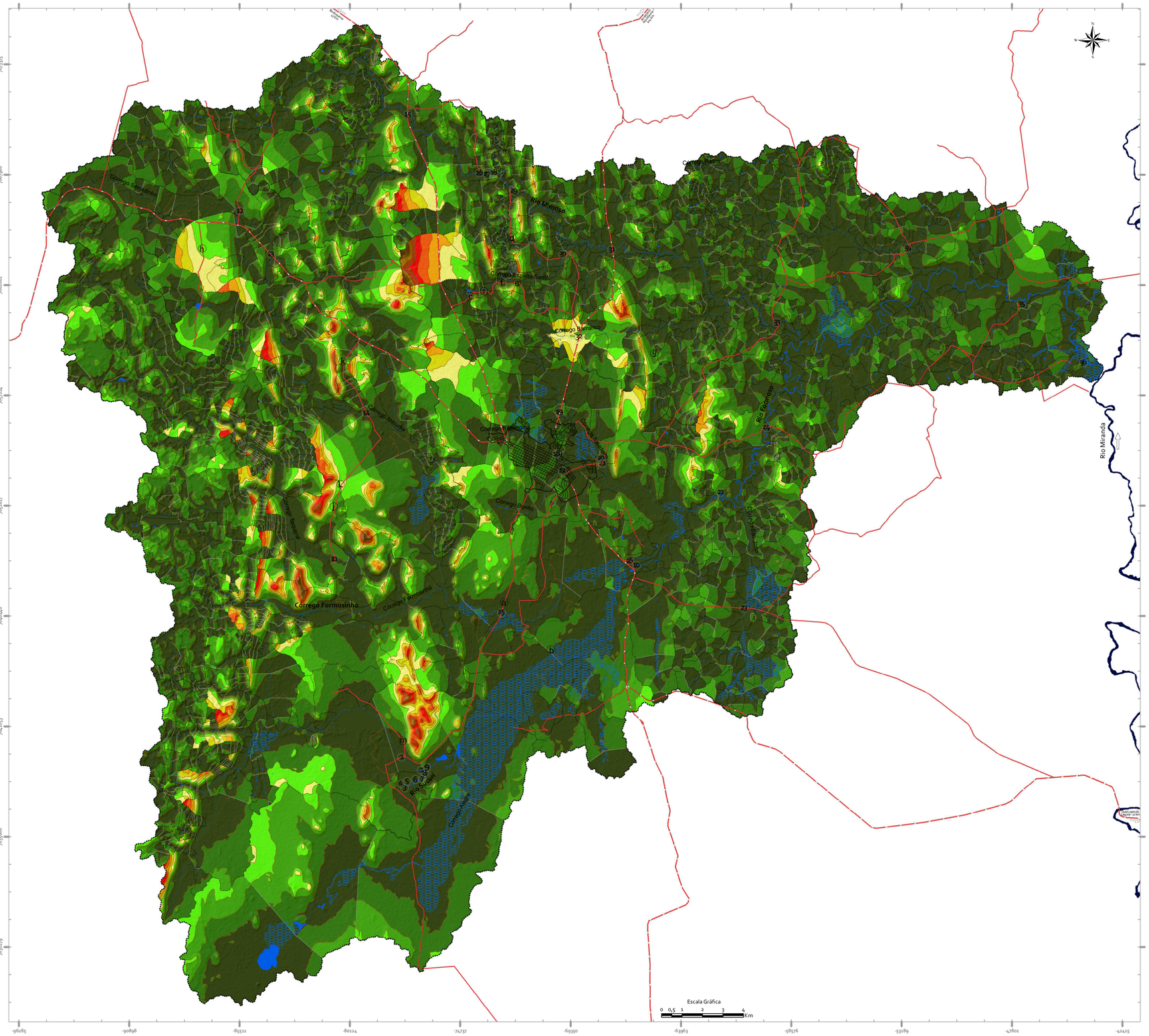
Com essa identificação da dissecação horizontal, ou seja, o comprimento das rampas do terreno, partiu-se para a necessidade de identificar a amplitude dessas rampas, concluindo assim, a análise da morfometria do relevo da BHRF para, posteriormente, identificar a energia potencial erosiva desse relevo.

Dissecação Vertical da BHRF

A dissecação vertical segue o princípio de que, quanto mais elevada e de maior amplitude for a rampa, no sentido da altimetria, maior será a força gravitacional e, portanto, maior será o potencial erosivo das 13 classes encontradas, segundo a proposta metodológica de Spiridonov (1981), (Figura 26).

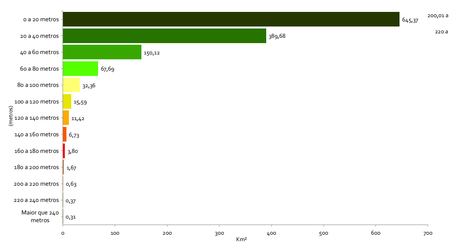
Nos sistemas cársticos, o relevo proporciona um padrão diferenciado, em que os tipos de vertentes, declividades, comprimentos de rampa e as fragilidades intrínsecas nessas áreas, estão associadas às rochas reinantes e seu poder de dissolução.

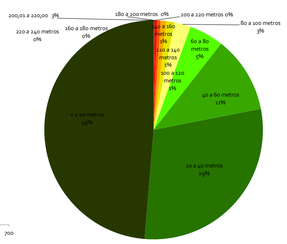
FIGURA 26: DISSECAÇÃO VERTICAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL

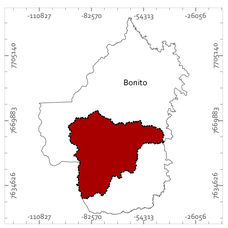


Legenda

I - Classes de Dissecação Vertical	Descrição das Classes de Dissecação Vertical	Pontos Representativos
0 a 20 metros Áreas de Abrangência Km² % 645,37 48,68	Esta classe abrange quase metade da BHRF, sobretudo devido ao relevo plano com poucas curvas de nível no baixo curso, além dos topos de morro que compõe a serra da Bodoquena, favorecendo a abrangência dessa classe. As áreas de poljés também favorecem a abrangência desta classe, por ter características de relevo plano.	a Coordenadas: 23K 559852 7656993 UTM Data: 03/12/2018
20 a 40 metros Áreas de Abrangência Km² % 389,68 29,39	Classe ainda apresenta grandes extensões, devido ao seu relevo plano com poucas curvas de nível. Constata-se que as sub-bacias mais extensas são as que proporcionaram um aumento considerável na abrangência, como a do córrego Alegre e Formosinho.	b Coordenadas: 23K 553941 7654804 UTM Data: 03/12/2018
40 a 60 metros Áreas de Abrangência Km² % 150,12 11,32	Esta classe já apresenta uma redução considerável de sua área de abrangência, pois eleva-se os patamares altimétricos, tornando-se mais restrita a abrangência das outras classes seguintes. Assim, foi possível constatar relevos com características ondulados e suavemente onduladas, principalmente no alto e médio curso da bacia hidrográfica.	c Coordenadas: 23K 544773 7671520 UTM Data: 03/12/2018
60 a 80 metros Áreas de Abrangência Km² % 67,69 5,11	A classe de 60 a 80 metros foi encontrada dispersa em todas as regiões da BHRF. Contudo, acaba apresentando uma característica, sua maioria está disposta ao longo do início de morros residuais e em áreas próximas aos divisores de águas da BHRF, principalmente no alto e médio curso.	d Coordenadas: 23K 551999 7671279 UTM Data: 03/12/2018
80 a 100 metros Áreas de Abrangência Km² % 32,36 2,44	Esta classe foi encontrada, em sua maioria, nas regiões oeste e central da BHRF, principalmente em áreas com maior amplitude antimétrica, seja nos morros residuais e na serra da Bodoquena.	e Coordenadas: 23K 551065 7671504 UTM Data: 03/12/2018
100 a 120 metros Áreas de Abrangência Km² % 15,59 1,18	Classe também caracterizada por uma zona de transição entre as rampas consideradas alongadas e estreitas, sobretudo pela diversidade de regiões que a mesma se encontra. Não havendo uma característica definida nas rochas, solos e vegetação. Suas rampas apresentam desde vertentes declivosas (alto e médio curso) até suaves (baixo curso).	f Coordenadas: 23K 551312 7671231 UTM Data: 03/12/2018
120 a 140 metros Áreas de Abrangência Km² % 11,42 0,86	Esta classe já começa a se apresentar nos morros residuais, sobretudo em áreas de maior patamar altimétrico e nas maiores sub-bacias e microbacias, devido a maior amplitude altimétrica existente. Sendo encontrada nos morros residuais do alto e médio curso, principalmente na bacia hidrográfica do rio Mimoso, além da borda oriental da serra da Bodoquena.	g Coordenadas: 23K 558811 7668845 UTM Data: 03/12/2018
140 a 160 metros Áreas de Abrangência Km² % 6,73 0,51	Classe que já se apresenta em morros residuais, sendo encontrada ao longo de todo o alto e médio curso da BHRF, principalmente na bacia hidrográfica do rio Mimoso e na serra da Bodoquena.	h Coordenadas: 23K 558840 7674241 UTM Data: 06/12/2018
160 a 180 metros Áreas de Abrangência Km² % 3,80 0,29	Classe com pouca abrangência, encontrada próxima ao topo de morros residuais no alto e médio curso da BHRF. Se apresenta de difícil acesso devido aos patamares elevados e vertentes ingremes.	i Coordenadas: 23K 559448 7671984 UTM Data: 04/12/2018
180 a 200 metros Áreas de Abrangência Km² % 1,67 0,13	Classe que abrange pequenas extensões, sobretudo em topos de morros do alto e médio curso. Apresenta uma energia potencial erosiva do relevo elevada devido a distância de seu nível de base, necessitando de maiores atenções com relação ao potencial dessa área no tocante à erosões.	j Coordenadas: 23K 541295 7661934 UTM Data: 06/12/2018
200 a 220 metros Áreas de Abrangência Km² % 0,63 0,05	Classe que abrange menos de 1km², portanto, difícil acessar essas áreas, localizadas em morros residuais do médio curso, principalmente nas maiores sub-bacias e microbacias devido ao aumento na amplitude altimétrica existente.	k Coordenadas: 23K 541456 7668998 UTM Data: 06/12/2018
220 a 240 metros Áreas de Abrangência Km² % 0,37 0,03	Esta classe é encontrada em morros residuais do alto e médio curso da BHRF, principalmente em morros residuais nas proximidades da MS-178 e a estrada vicinal que vai até o córrego Taquaral.	L Coordenadas: 23K 542318 7663943 UTM Data: 06/12/2018
Maior que 240 metros Áreas de Abrangência Km² % 0,31 0,02	A classe mais elevada é encontrada nos morros residuais que possuem desníveis mais altos, a maior amplitude altimétrica favorece sua classificação e traz um potencial erosivo elevado, que acaba sendo balanceado, pois sua cobertura vegetal é de árvores de porte elevado, auxiliando na retenção do solo.	m Coordenadas: 23K 545680 7670459 UTM Data: 05/12/2018







Equidistância das Curvas de Nível 20 metros

Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Dissecação Vertical: Spiridonov (1981); Mendes (1993).
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Delimitação das Microbacias Hidrográficas
- Limite das Classes de Dissecação Vertical
- Curvas de Nível
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda

A diversidade das classes de dissecação vertical se mostrou menor que a horizontal, pois existem extensas porções homogêneas, sobretudo da classe de 0 a 20 metros, o que alcança 48,68% do total da BHRF ou 645,37 km² de extensão, sendo encontrada ao longo de toda a BHRF, e possui como característica a proximidade com recursos hídricos como o rio Formoso e alguns afluentes, como o rio Sucuri e os córregos Formosinho, Anhuma e Retiro. O rio Mimoso apresenta, por sua vez, uma variação maior nas classes, pois é uma área mais acidentada que possui maiores amplitudes e, consequentemente, eleva as classes de dissecação vertical.

A segunda classe analisada (20 a 40 metros), possui grandes extensões e boa parte das microbacias estão nesses setores, o que eleva assim sua área de abrangência. Entretanto, não exibe uma característica definida no que tange as demais características físicas da BHRF. Já a classe 20 a 40 metros foi constatada ao longo de toda a BHRF, sobretudo nos locais em que as microbacias são mais extensas e de maior amplitude. Essas áreas apresentam um potencial erosivo gravitacional mais elevado (dissecação vertical), entretanto, ainda reduzido se comparado com as classes mais elevadas, abrangendo assim, um total de 389,68 km² ou 29,39%.

A terceira classe (40 a 60 metros) se apresenta mais restrita, pois alcança 11,32% do total da BHRF, principalmente em suas regiões oeste, norte e sul, onde o relevo é mais acidentado e possui maiores amplitudes. São áreas mais dispersas, porém, cada unidade apresenta significativas extensões que elevam sua abrangência total.

A classe de 60 a 80 metros foi encontrada ao longo de toda a bacia hidrográfica e abrange 67,69 km² ou 5,11% da área. Já a classe de 80 a 100 metros foi encontrada na região oeste e central da BHRF, sobretudo nas áreas com maiores declives e rampas mais alongadas de dissecação horizontal. A abrangência dessas áreas é relativamente pequena (32,36 km²) se comparado com a extensão da BHRF, porém, já apresenta um grau de energia mais elevado, pois se encontram em um patamar altimétrico mais alto.

As classes mais elevadas são encontradas em patamares com maiores amplitudes e foram somente observadas na região ocidental e central da BHRF, em locais que apontam para as classes de 100 a 120 metros até a classe maior que 240 metros. Tais áreas localizam-se nas bacias com as rampas mais alongadas, bem como as que possuem maiores declives, sobretudo na parte central da BHRF, nas proximidades de toda a extensão do rio Mimoso e na borda leste da serra da Bodoquena, que são porções com altos declives devido aos morros residuais e serras alongadas. Portanto, foram encontradas, em sua maioria, em sistema cárstico com declives mais acentuados.

De forma geral, nas classes de dissecação vertical, verificou-se uma inexistência de relação entre os terrenos dissecados horizontalmente e aqueles verticalmente, o que resulta na falta de uma característica definida que possa trazer um viés de regra. Entretanto, algumas questões se destacam como, por exemplo, os terrenos com menor dissecação horizontal (rampas mais alongadas) se mostraram terrenos que alcançam baixa amplitude e consequentemente, reduzida declividade.

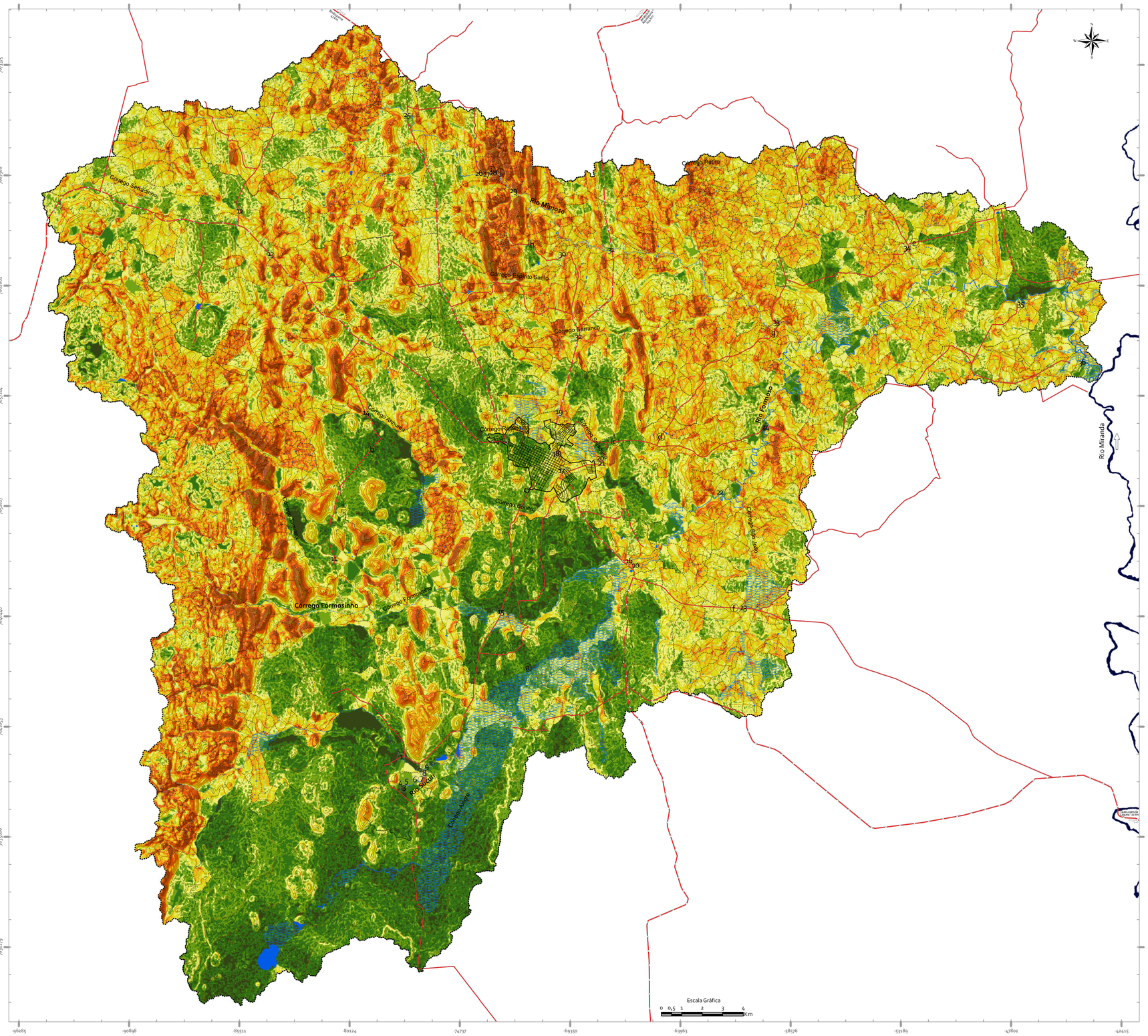
Por outro lado, aqueles terrenos mais declivosos se mostram mais dissecados horizontalmente, com rampas estreitas e recursos hídricos encaixados, como o caso do rio Mimoso e córrego Taquaral. Com isso, a amplitude de suas rampas é mais elevada, o que traz uma propensão maior aos processos erosicionais e pode se elevar ainda mais, diante dos solos frágeis (chernossolo) existentes nessas porções, o que suscita elevada carga de energia proveniente da ação gravitacional.

Assim, a análise da bacia hidrográfica por meio da morfometria do relevo com seus processos denudacionais, solos, rochas, ação pluvial, uso das terras, entre outros fatores que foram identificados, auxiliou na avaliação da energia potencial erosiva do relevo. Logo, identificar tal energia se mostrou essencial para avaliar a fragilidade e proporcionar informações importantes para um zoneamento ambiental.

Energia Potencial Erosiva do Relevo da BHRF

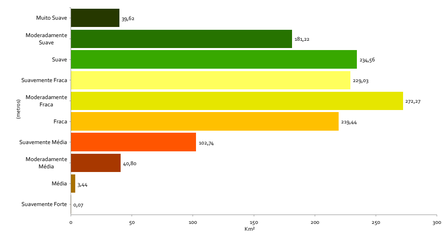
A análise e o traçado da dissecação horizontal e vertical são originários da metodologia de Spiridonov (1981), já a interpolação da declividade, dissecação horizontal e dissecação vertical é pertencente a Mendes (1993). Essa relação foi realizada mediante pesos para as classes, visto que cada variável possui um grau de influência sobre as demais, ou seja, declives mais acentuados, rampas mais estreitas e terrenos em um patamar altimétrico mais elevado, possuem maior propensão às erosões e elevam a energia potencial erosiva do relevo (Figura 27).

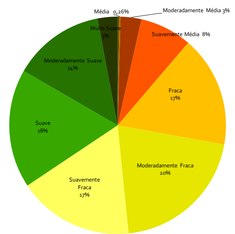
FIGURA 27: ENERGIA POTENCIAL EROSIVA DO RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL



Legenda

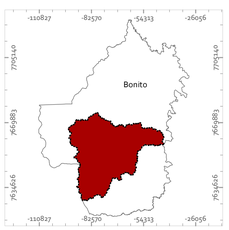
I - Classes de Energia Potencial Erosiva do Relevo	Descrição das Classes de Energia Potencial Erosiva do Relevo	Pontos Representativos
Muito Suave Áreas de Abrangência Km² % 39,62 2,99	A classe muito suave é encontrada nas áreas com declives reduzidos que alcançam de o a 3%, além de rampas alongadas. Portanto, é espacializado ao longo de toda a BHRF, sobretudo nas áreas cársticas como os poljés. Outra característica pertencente a essa classe, são os locais próximos ao rio Formoso, pois sua área de inundação possui uma energia muito suave diante de suas vertentes.	a) Coordenadas: 21K 551830 7653799 UTM Data: 07/12/2016
Moderadamente Suave Áreas de Abrangência Km² % 181,22 13,67	A classe apresenta rampas alongadas e declives suaves, sendo possível encontrá-las ao longo de toda a BHRF, sobretudo na região central e sul da bacia hidrográfica. Suas rampas alcançam, em alguns casos, mais que 2.000 metros, além de patamares reduzidos de dissecação vertical e vertentes com declives suave ondulados a aplainados.	b) Coordenadas: 21K 544767 7664200 UTM Data: 07/12/2016
Suave Áreas de Abrangência Km² % 234,56 17,69	A classe suave é encontrada ao longo de toda a BHRF, porém, em algumas dessas áreas é possível notar vertentes mais íngremes, chegando a 20% de declive, contudo, seu comprimento de rampa e patamar altimétrico não favorece ao potencial erosivo do relevo, deixando assim, essa classe ainda em boas condições no tocante à propensão às erosões.	c) Coordenadas: 21K 556139 7654163 UTM Data: 06/12/2016
Suavemente Fraca Áreas de Abrangência Km² % 229,03 17,28	Nessa classe ainda é possível notar um relevo aplainado a suave ondulado, porém, já está mais próxima aos morros residuais, sobretudo no alto e médio curso. No baixo curso, sua presença se deve ao fato das rampas estreitas devido à grande quantidade de mananciais hídricos. Seu relevo ainda não ofereçe grandes declives, mas já é necessária uma precaução com relação a sua utilização, principalmente nas proximidades dos morros residuais e áreas de pastagens.	d) Coordenadas: 21K 559135 7654368 UTM Data: 06/12/2016
Moderadamente Fraca Áreas de Abrangência Km² % 272,27 20,54	Na classe moderadamente fraca é possível notar o aumento da declividade, além do ligeiro aumento, em alguns locais, do patamar da dissecação vertical. Suas rampas são variadas em classes intermediárias. É possível encontrá-la em diversas áreas ao longo da BHRF, sobretudo nas regiões oeste, norte e leste, bem como, na proximidade de morros residuais.	e) Coordenadas: 21K 551519 7673363 UTM Data: 06/12/2016
Fraca Áreas de Abrangência Km² % 219,44 16,55	Esta classe é encontrada, principalmente nas bordas dos morros residuais, além de locais com declives mais acentuados, rampas estreitas e patamares mais elevados de dissecação vertical. O alto curso da BHRF apresenta essas características, contudo, no baixo curso foi possível encontrar essa classe devido a quantidade de mananciais, que acabam reduzindo o comprimento das rampas.	f) Coordenadas: 21K 551519 7673363 UTM Data: 06/12/2016
Suavemente Média Áreas de Abrangência Km² % 102,74 7,75	A classe suavemente média é encontrada nos diversos morros residuais do alto e médio curso e em locais com declives maiores que 45%. Outras áreas podem ser encontradas, como ao longo do baixo curso da BHRF devido ao estreitamento das rampas do terreno.	g) Coordenadas: 21K 564494 7669579 UTM Data: 06/12/2016
Moderadamente Média Áreas de Abrangência Km² % 40,80 3,08	Esta classe é caracterizada pelas vertentes íngremes, rampas estreitas e patamares mais elevados. Com isso, oferece ao sistema um potencial erosivo considerável, contudo, a BHRF se caracteriza pela grande quantidade de vegetação florestal, onde a maioria está localizada nessas áreas íngremes, que acabam reduzindo a fragilidade destes locais.	h) Coordenadas: 21K 551307 7657390 UTM Data: 09/12/2016
Média Áreas de Abrangência Km² % 3,44 0,26	A classe média encontra-se situada próxima aos pontos 26, 27 e 28 de monitoramento da qualidade das águas, sendo áreas que alcançam um declive acima de 75%, patamares de dissecação horizontal acima de 200 metros e rampas estreitas que não chegam a 100 metros. Apesar do forte potencial erosivo, sua vegetação florestal favorece a rentenção do solo desagregado pelo escoamento superficial, porém seu potencial erosivo se mostra muito alto, elevando a limitação de uso para essas terras.	i) Coordenadas: 21K 551063 7636060 UTM Data: 21/09/2017
Suavemente Forte Áreas de Abrangência Km² % 2,63 0,20	A classe suavemente forte encontra-se situada nas proximidades dos pontos 26, 27 e 28 de monitoramento da qualidade das águas, sendo áreas que alcançam um declive acima de 75%, patamares de dissecação horizontal acima de 240 metros e rampas estreitas que não chegam a 100 metros. Apesar do forte potencial erosivo, sua vegetação florestal favorece a rentenção do solo, sendo aconselhável que essas áreas sejam utilizadas apenas para composição da vegetação florestal.	j) Coordenadas: 21K 551430 7637396 UTM Data: 21/09/2017





II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Curvas de Nível
- Delimitação das Microbacias Hidrográficas
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda



Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Energia Potencial Erosiva do Relevo:
Spiridonov (1981); Mendes (1993); Medeiros (2014).
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Equidistância das Curvas de Nível
20 metros

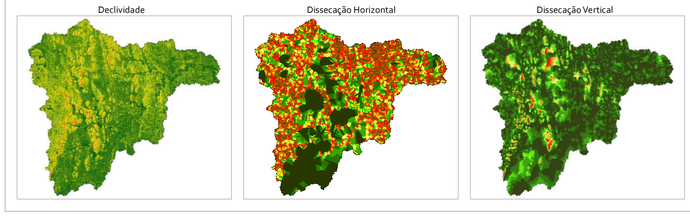
Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

Componentes interpolados



Identificar e avaliar a energia potencial erosiva do relevo passa necessariamente pelos dados altimétricos, demonstrando assim, a importância que o mapeamento hipsométrico traz nos estudos ambientais. As feições topográficas assumem papel de destaque na orientação de vertentes, neste percurso, a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica – SIG's, de modo a abstrair, decompor e representar a realidade do relevo em um plano virtual, contribui veementemente nas pesquisas relacionadas aos processos erosivos e feições geomorfológicas.

Em sistemas cársticos, as formas exocársticas e endocársticas manifestam as características de boa parte do relevo da BHRF, seja por suas formas positivas como maciços, mogotes e morros residuais, ou ainda as formas negativas, como os locais de abatimento da dissolução do calcário pelas atividades hídricas (poljes, uvalas e as dolinas), que apresentam uma dinâmica que se difere das bacias terrígenas.

Essa dinâmica constante sempre chamou atenção dos geomorfólogos e as informações que podem ser obtidas e demonstradas, por meio de representações cartográficas, interpretam o relevo e as formas do modelado cárstico, e detalham ainda, sua evolução e sucessão espacial temporal. Tais representações do relevo ou documentos morfométricos são importantes na compreensão dos processos que modificam as bacias hidrográficas. Sua análise traduz os locais propensos aos processos morfogenéticos, em que se utilizam dados altimétricos, dissecações do relevo e declividade, a fim de obter a energia potencial erosiva do relevo, um importante documento que traz as características do relevo em um mapa síntese.

Com a elaboração e mapeamento da energia potencial erosiva do relevo, constatou-se a grande variação de classes encontradas ao longo da BHRF. A classe muito suave de energia potencial erosiva do relevo foi constatada ao longo dos terrenos com declives mais suaves e rampas alongadas, como por exemplo, nos poljes no sul e centro da BHRF. Outra porção da BHRF que pôde ser destacada é nas proximidades com os recursos hídricos de maior planície, como o rio Formoso, Sucuri, córregos Formosinho e Anhuma e pequenas extensões do médio curso do córrego Taquaral. Alguns locais das formações geológicas Cerradinho, Serra da Bodoquena, Bocaina e Tamengo (formações cársticas) estão também sob áreas dotadas de classe muito suave.

Logo, essas porções da primeira classe de análise abrangem 39,62 km² ou 2,99% do total da BHRF, das quais foi possível apontar algumas características principais, como pertencerem, em sua maioria, às superfícies aplainadas a suave onduladas próximas à serra da Bodoquena, sobretudo em sistemas cársticos, além de seus solos mostrarem-se variados, com ligeira predominância do chernossolo e estarem sob regiões de cultivo de soja, sobretudo pela alta fertilidade de suas terras e baixo declive. Além disso, existe uma extensa porção de vegetação campestre de área úmida que está localizada na região central da BHRF, no banhado do rio Formoso.

A classe moderadamente suave, por sua vez, alcançou 181,22 km² ou 13,67% do total. Esses locais foram caracterizados também por rampas alongadas e declives suaves, o que tornou possível sua identificação no baixo curso da BHRF, principalmente em rampas que alcançam mais de 2.000 metros, aspectos estes que favorecem a reduzida declividade e, consequentemente, baixo potencial erosivo. A cultura de soja se faz preponderante por causa da presença de solos férteis como o chernossolo rêndzico órtico que possui pouco potencial erosivo, porém com as correlações com os demais componentes presentes na paisagem, são áreas mais frágeis diante da cobertura vegetal reduzida.

A classe suave foi encontrada em 234,56 km² ou 17,69% da BHRF, praticamente nos mesmos locais da classe anterior, porém, com um relevo mais ondulado e um patamar altimétrico mais elevado, especialmente nas proximidades dos morros residuais. Contudo, ainda ocorre um predomínio de pastagens e culturas em suas terras, além da maior parte da área urbana que está localizada sobre terrenos com potencial erosivo suave.

Uma observação sobre essa classe é que ela também foi encontrada em porções da serra da Bodoquena e mesmo com rampas estreitas e patamares elevados de altimetria, permaneceram nessa classe por se encontrar em fundos de vales e/ou topo dos morros. Ou seja, essas áreas possuem uma declividade mais reduzida do que nas demais áreas da serra da Bodoquena.

Logo, as classes de nomenclatura "suave" (muito suave, moderadamente suave e suave) se mostraram predominantes de sistema cárstico, justamente pelos motivos já citados das grandes regiões de planura derivadas da intensa dissolução calcária que originou rampas alongadas e planas. Deste modo, cerca de 77% dessas classes estão situadas sobre sistema cárstico, sobretudo rochas calcíticas e dolomíticas das formações Cerradinho, Bocaina e Serra da Bodoquena.

A classe suavemente fraca alcança um total de 229,03 km², visto que abrange 17,28% da BHRF e está disposta ao longo de toda a bacia, sobretudo próxima aos morros residuais. Na serra da Bodoquena, essa classe apontou para declives de 3 a 20%, que somados às rampas mais estreitas (que chegam até 800 metros) e de patamares altimétricos variados, é classificada como suavemente fraca. Essa classe apresenta algumas limitações, principalmente nas proximidades dos morros

residuais e das áreas de declives mais acentuados, porém, ainda é uma classe utilizada, tanto para cultura, quanto pastagem. A recuperação da vegetação florestal ainda não se mostra obrigatória, entretanto já é necessário destacar uma preocupação correspondente à ausência de vegetação nessas áreas supracitadas, sobretudo solo exposto nas épocas de colheita.

A classe moderadamente fraca possui as características próximas da classe anterior, com a distinção da elevação da declividade do terreno, que em alguns casos já é maior que 20,01%. Existem muitas áreas com pastagens, porém a cultura já se mostra mais reduzida, devido ao estreitamento das rampas, elevação dos patamares altimétricos e dos declives. Já em outras regiões da BHRF, por exibirem um declive mais acentuado, é necessária uma cobertura vegetal de maior porte e, no caso da Figura 28, essa cobertura vegetal assume papel essencial, pois mesmo que a classe potencial erosiva já apresente influência local, a vegetação florestal auxilia na redução da fragilidade. Então, a presente classe abrange um total de 272,27 km² ou 20,54% da BHRF.

A classe fraca comparece em 219,44 km² ou 16,55%, às margens dos morros residuais. Em alguns casos, já estão em locais com declives mais acentuados (maiores que 45%), que resulta em restrições à utilização de suas terras, já que é necessária a manutenção da vegetação nativa.

A referida classe é encontrada ainda no baixo curso, pois, apesar de possuir rampas estreitas

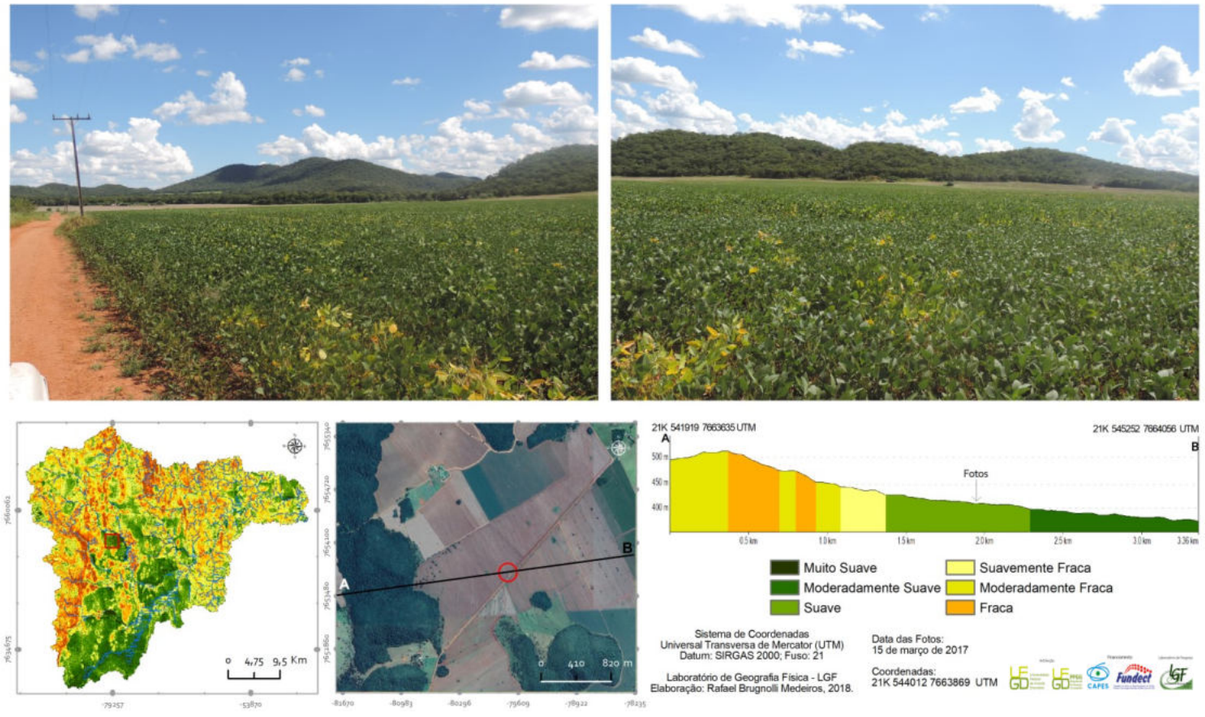


Figura 28: Áreas com rampas alongadas e aplainadas em um sistema cárstico.

que chegam ao máximo de 200 metros, no momento em que ocorre a interpolação com declives reduzidos e poucas diferenças altimétricas, a energia potencial erosiva do relevo torna-se fraca.

As classes denominadas como “fraca” (suavemente fraca, moderadamente fraca e fraca) ficaram dispostas ao longo de toda a BHRF e obtêm um equilíbrio maior entre sistemas cárstico e terrígeno, que aponta para 55% contra 45% respectivamente, o que demonstra não haver uma feição definida no que tange às rochas.

A classe suavemente média expõe uma característica que difere das demais citadas até aqui, já que se encontra nos diversos morros residuais do alto e médio curso, sobretudo nas bordas destes morros e na borda leste da serra da Bodoquena. Possui ainda um declive mais acentuado, em grande parte maiores que 45%, além de rampas estreitas que só não trazem uma energia mais elevada, pois possuem menores diferenças altimétricas.

Esses locais abrangem um total de 102,74 km² ou 7,75% da BHRF e é possível identificar a presença de vegetação florestal, além de uma maior preservação e/ou conservação ambiental, principalmente, devido aos seus declives mais acentuados. Porém, é necessário destacar que, em algumas áreas, é possível encontrar pastagens e culturas, tanto nas proximidades com o rio Mimoso, como também nos córregos Formosinho, Anhuma e Taquari que, por exibirem características com maior potencial erosivo, necessitam de preocupações acerca de possíveis desprendimentos dos solos frágeis.

Já a classe moderadamente média, que corresponde a 40,80km² ou 3,08% do total da BHRF, é encontrada em áreas com rampas que alcançam no máximo 300 metros, com alguns patamares elevados de dissecação vertical e declives acentuados que, em muitos casos, no alto e médio curso, só é possível a manutenção da vegetação nativa.

O que ainda permanece relativamente preservada nessas áreas é proteção dos recursos hídricos, bem como os morros residuais que existem. Contudo, em alguns casos, é necessário chamar atenção para a degradação de pequenos pontos de vegetação florestal com a entrada de pastagens em morros residuais próximos ao rio Mimoso e Formoso, bem como para a implantação do cultivo de soja e milho em toda a região oeste da BHRF, que adentra e pressiona cada vez mais os recursos hídricos da serra da Bodoquena e demais morros residuais.

A classe média (como a suavemente forte) possui uma particularidade: encontra-se situada nas áreas mais declivosas da BHRF, ou seja, áreas próximas aos pontos 26, 27 e 28 de

monitoramento da qualidade das águas, no médio curso do rio Mimoso, além de ser encontrada na borda leste da serra da Bodoquena, próxima às nascentes do córrego Formosinho e no médio curso do córrego Taquaral, ainda na serra da Bodoquena. Essas porções abrangem um total de 3,44 km² ou 0,26% e são caracterizadas por grandes declives, rampas muito estreitas e patamares elevados de dissecação vertical, o que ocasiona um elevado potencial erosivo. Um fator positivo é que a maioria dessas áreas apresenta vegetação de porte elevado, o que reduz o deflúvio superficial e deixa o solo mais protegido contra eventuais impactos negativos.

As classes inseridas na nomenclatura "média" (suavemente média, moderadamente média e média) ficaram dispostas ao longo de toda a BHRF. Entretanto, destaca-se que cerca de 70% de suas extensões estão sob terrenos cársticos, principalmente das formações Bocaina, Cerradinho e Tamengo. Com isso, mostra-se que o relevo nessas regiões se torna mais propensos às erosões diante do aumento da declividade nos morros residuais e serra da Bodoquena, rampas mais estreitas com vales encaixados e uma maior amplitude das rampas do terreno.

A classe suavemente forte foi o maior potencial erosivo encontrado na BHRF (as classes moderadamente forte, forte e muito forte não foram constatadas). Está presente em 2,63 km² ou 0,20% da BHRF e é encontrada nas mesmas porções descritas na classe anterior, porém localizada mais nas encostas dos morros residuais, como no caso da Figura 29.

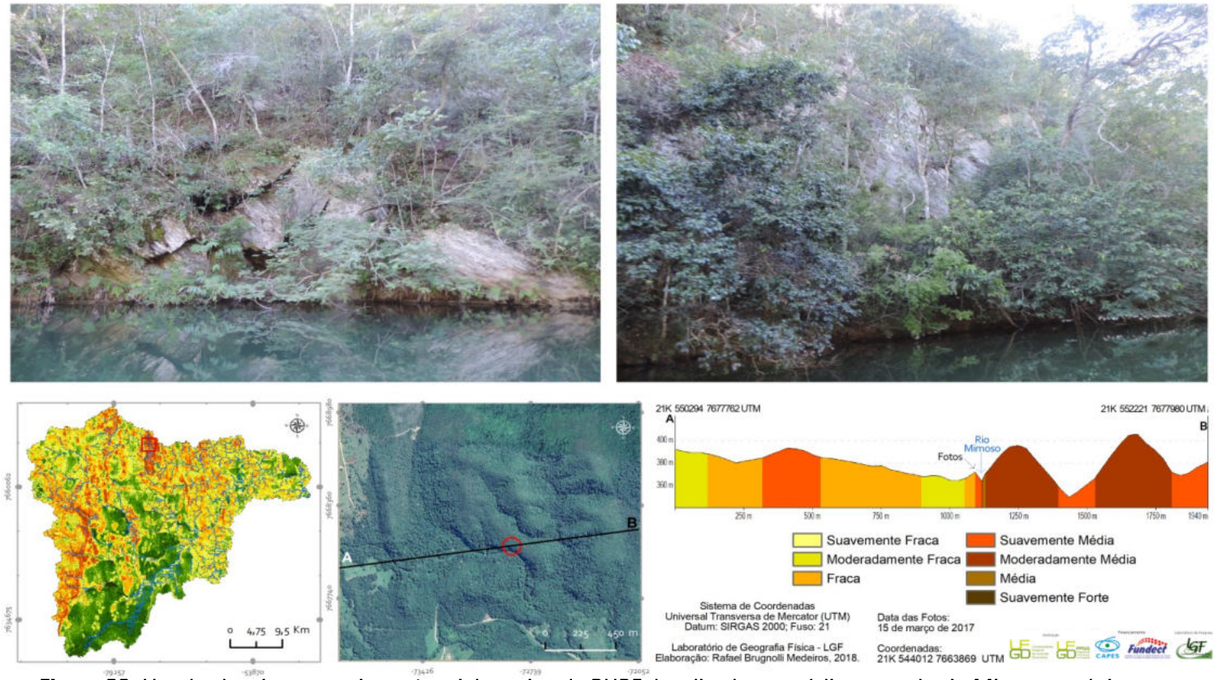


Figura 29: Um dos locais com maior potencial erosivo da BHRF, localizado no médio curso do rio Mimoso, próximo ao ponto 28 de monitoramento da qualidade das águas.

Estes locais, em especial, atingem declives muito acentuados, acima de 75%, além de rampas estreitas que não alcançam 100 metros. Tais fatores, ainda somados à alta força gravitacional devido ao patamar muito elevado da dissecação vertical, favorecem a forte energia potencial erosiva do relevo.

Os maiores potenciais erosivos foram constatados nas proximidades da serra da Bodoquena e do rio Mimoso (médio curso), em que ficou constatado que cerca de 70% das regiões estão situadas em terrenos cársticos. Já as de menor potencial erosivo estão espalhadas por toda a BHRF, sobretudo em declives de 0 a 3%, em rampas que alcançam mais que 2.000 metros de extensão e nos patamares altimétricos que não chegam a 40 metros.

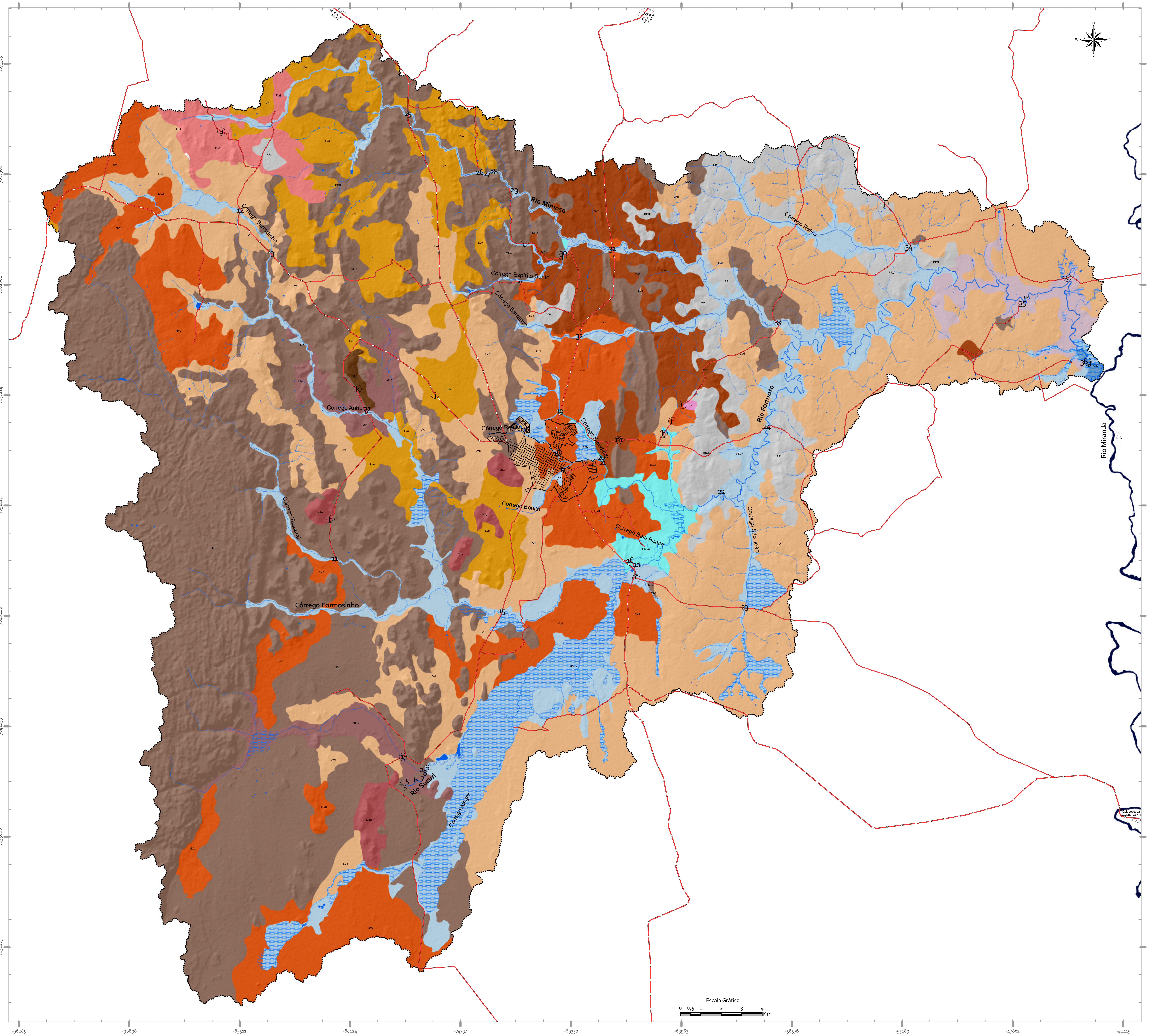
O potencial erosivo da BHRF adquire influência muito significativa da declividade, visto que, os locais com maiores potenciais erosivos, são aqueles que atingiram vertentes de maior dissecação vertical. Porém, o comprimento estreito das rampas e seu patamar altimétrico elevam a força gravitacional dos processos denudacionais.

Tais informações auxiliaram na identificação da morfometria do relevo da BHRF, tão diversificada diante das formações litológicas e processos morfogenéticos. Com isso, sua importância frente à análise da fragilidade ambiental foi essencial pois, partir deste viés, se tornou marcante para identificação dos processos formadores do solo que garantem a heterogeneidade pedológica na região da BHRF.

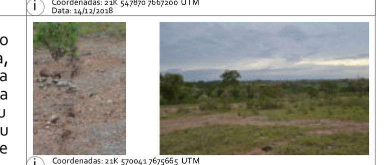
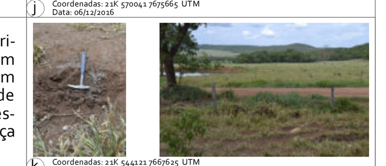
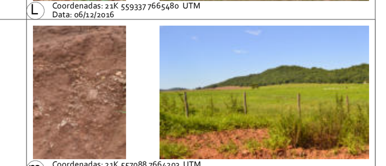
Solos da BHRF

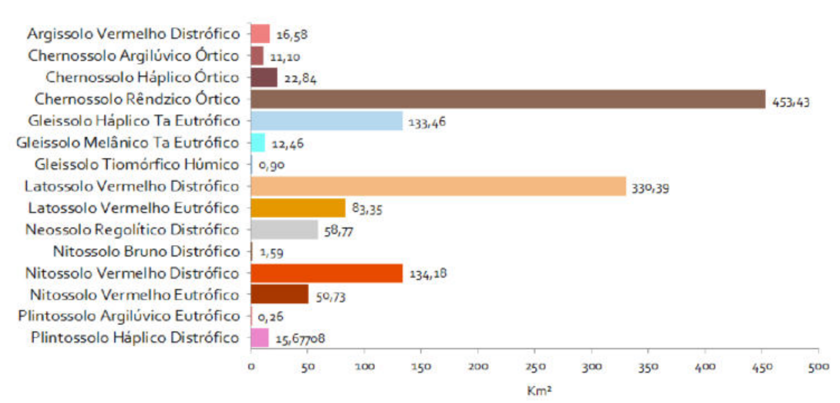
Diante da intensa diversificação da BHRF, optou-se pela utilização de informações disponibilizadas pela EMBRAPA, juntamente às saídas de campo, imagens de satélite e identificação das características do relevo (que por muitas vezes, pode dar uma ideia a respeito do solo). Frente a tais processos, auxiliares à cartografia, foi possível a identificação de algumas inconsistências em locais pontuais, como também a identificação de outras classes pedológicas não indicadas no mapeamento inicial. Assim, na Figura 30 foi retratada a disposição dos solos da BHRF e uma análise quali-quantitativa que exemplifica a sua espacialização.

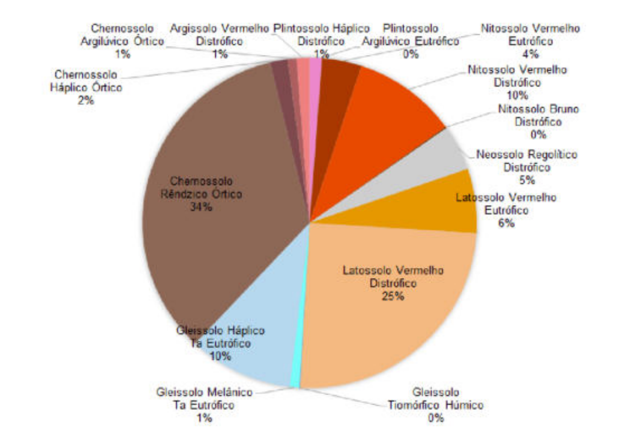
FIGURA 30: SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL



Legenda

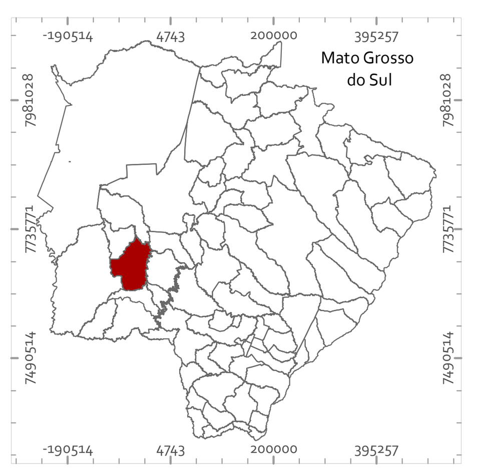
I - Solos	Descrição das Características dos Solos	Pontos Representativos
PVd Argissolo Vermelho Distrófico Áreas de Abrangência Km² % 16,58 1,25	Solos constituídos por um processo de acumulação de argila, portanto, é formado por material mineral que tem como características diferenciais, a presença de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados e com cores avermelhadas. Estes solos apresentam como característica, matiz com 2,5YR ou mais vermelho, além de serem distróficos, onde essas características, somadas à sua saturação por bases baixa (>50%), ocorre na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B.	a Coordenadas: 21K 537972 7680373 UTM Data: 14/12/2018
MTo Chernossolo Argilúvico Órtico Áreas de Abrangência Km² % 11,10 0,84	Caracterizado por ser um solo rico em matéria orgânica de coloração escura, constituindo -se de um material mineral que tem como peculiaridade, uma alta saturação por bases e um horizonte B textural ou B incipiente com caráter argilúvico abaixo do horizonte A chernozênico. Pouco coloridos de coloração pouco cromada e pouco avermelhada e apresentam permeabilidade moderada no horizonte superficial e lenta no horizonte Bt, sendo, portanto, muito susceptíveis a processos erosivos, além de serem excelentes para utilização agrícola, pois sua acidez é praticamente nula, porém, são mais usados para pastagens.	b Coordenadas: 21K 542565 7661337 UTM Data: 07/12/2016
MXo Chernossolo Háplico Órtico Áreas de Abrangência Km² % 22,84 1,72	Solos constituídos por material mineral que tem como característica, não apresentarem horizonte subsuperficial de acumulação de argila, não apresentam cores escuras em profundidade e acumulação de carbonato de cálcio e são desenvolvidos de materiais originários de rochas ácidas ou intermediárias. Por ser Órtico, não apresentam restrição ao uso e manejo. A principal limitação para uso agrícola relaciona-se às, ocorrências de fragmentos de rochas na massa do solo, sendo indicados para preservação e/ou conservação ambiental.	c Coordenadas: 21K 545652 7649667 UTM Data: 07/12/2016
MDo Chernossolo Rêndzico Órtico Áreas de Abrangência Km² % 453,43 34,20	Solos com rica camada superficial de material orgânica, com teores elevador de nutrientes que lhe oferecem uma fertilidade elevada, sob esta camada superficial, existe um material mineral rico em carbonato de cálcio. Possui pouca coloração, geralmente escura de tons acinzentados e seu horizonte A é chernozênico com espessura maior que 10cm, apresentando mudança abrupta de coloração entre os horizontes. É um dos solos mais férteis conhecidos, porém, apresentam um maior grau de erosão onde o relevo é mais acidentado além de caracterizar por seu efeito alcalino (pH alto).	d Coordenadas: 21K 552494 7674381 UTM Data: 06/12/2016
GXve Gleissolo Háplico Ta Eutrófico Áreas de Abrangência Km² % 133,46 10,07	Solos minerais hidromórficos, com horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície. Situa-se nas partes mais baixas das planícies fluviais, ou em grandes áreas, periodicamente ou permanentemente saturados por água, caracterizam-se pela forte gleização em decorrência do ambiente redutor virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão dessa saturação, além de que, em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície. São solos formados principalmente a partir de sedimentos, estratificados ou não, com material composto por argila de alta atividade e de alta fertilidade.	e Coordenadas: 21K 557301 7657935 UTM Data: 05/12/2016
GMve Gleissolo Melânico Ta Eutrófico Áreas de Abrangência Km² % 12,46 0,94	Solos minerais hidromórficos, com horizonte H hístico menor que 40cm de espessura ou horizonte A húmido, proeminente ou chernozênico. Possui coloração escura na superfície e logo abaixo, uma coloração mais acinzentada com ou sem mosqueado. O teor de argila é relativamente alto e por ser Ta Eutrófico, oferece condições para o desenvolvimento radicular em profundidade. Com isso, sua fertilidade é elevada, com saturação por bases alta. Geralmente, ocorrem em relevo planto de várzea e com lençol freático elevado.	f Coordenadas: 21K 554323 7673679 UTM Data: 06/12/2016
GJh Gleissolo Tiomórfico Húmico Áreas de Abrangência Km² % 0,90 0,07	Solos caracterizados pela camada superficial rica em matéria orgânica, localizados em áreas de várzeas e planícies aluvionais, sendo mal ou muito mal drenadas. Seu aproveitamento agrícola é dificultado devido às suas localidades, pois são periodicamente ou permanentemente saturados por água, recomendando-se para preservação, além de apresentar um pH muito baixo, portanto, as águas ao seu redor, tendem a apresentar um aumento da acidez e, consequentemente, seus horizontes são sulfúricos e/ou materiais sulfúricos dentro de 100 cm a partir da superfície.	g Coordenadas: 21K 579608 7667599 UTM Data: 06/12/2016
LVd Latossolo Vermelho Distrófico Áreas de Abrangência Km² % 330,39 24,92	Compreendem solos contituidos por material mineral com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico supeficial, exceto hístico. São solos altamente intemperizados e muito evoluídos, dessa forma, apresentam uma espessura considerável, raramente inferior a 1 metro., variando de fortemente a bem drenados, e porosos a muito porosos. Apresentam cores vermelhas acentuadas, devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário. Característico de relevo plano a suave ondulado, propiciando a mecanização, porém são de baixa fertilidade.	h Coordenadas: 21K 558897 7664901 UTM Data: 06/12/2016
LVe Latossolo Vermelho Eutrófico Áreas de Abrangência Km² % 83,35 6,29	Apresentam as características muito próximas ao Latossolo Vermelho Distrófico, porém são solos de alta fertilidade. Também em estágio avançado de intemperização e são característicos de relevos planos a suave ondulados, favorecendo a mecanização agrícola e ao plantio, pois são mais férteis. Solos típicos de regiões equatoriais e tropicais, sobretudo, por amplas e entigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos. São originadas a partir de diversas espécies de rochas e sedimentos sob condições de clima e tipos de vegetação os mais diversos.	i Coordenadas: 21K 547870 7667200 UTM Data: 14/12/2018
RRd Neossolo Regolítico Distrófico Áreas de Abrangência Km² % 58,77 4,43	Solos com pouco desenvolvimento pedogenético, seja em razão das características inerentes ao próprio material de origem ou em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo, tempo). Solos não hidromórficos e de textura normalmente arenosa, apresentando alta erodibilidade, principalmente em declives mais acentuados. São solos com contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm e horizonte A sobrejacente a horizonte C. Apresentam 4% ou mais de mineraria primários menos resistentes ao intemperismo, na fração de areia total e/ou cascalho. Além de serem solos com saturação por bases baixa e baixa fertilidade	 j Coordenadas: 21K 570041 7675665 UTM Data: 06/12/2016
NBd Nitossolo Bruno Distrófico Áreas de Abrangência Km² % 1,59 0,12	Solos caracterizados pela cor bruna amarelada, não possuindo grandes alterações de um horizonte para outro. Possui teor elevado de argila e um estrutura prismática que se desfaz em blocos quando seco. Possui uma saturação por bases baixa na maior parte dos primeiros 100cm da superfície do solo. Além de possuir um caráter retrátil e horizonte A húmico, com conteúdo de carbono orgânico. Sua principal limitação se relaciona ao teor de alumínio, permeabilidade restrita e o impedimento à mecanização devido aos relevo ondulado ou forte ondulado e à presença de pedras na superfície do solo.	 k Coordenadas: 21K 544121 7667625 UTM Data: 07/12/2016
NVd Nitossolo Vermelho Distrófico Áreas de Abrangência Km² % 134,18 10,12	Solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa, estruturados por blocos fortemente desenvolvidos, apresentando grande importância agronômica, pois mesmo o NVd respondem bem à aplicação de corretivos agrícolas. Geralmente, estão aptos a todos os usos agropastoris e florestais adaptados às condições climáticas. Estes solos são geralmente moderadamente ácidos ou ácidos, com saturação por bases baixa na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B.	L Coordenadas: 21K 559337 7665480 UTM Data: 06/12/2016
NVe Nitossolo Vermelho Eutrófico Áreas de Abrangência Km² % 50,73 3,83	Possui cores vermelhas e vermelho-escuras, é argiloso, com estrutura em blocos fortemente desenvolvidos, com diferenciação de horizontes pouco notável. Seu horizonte B é nítico, além de apresentar um grau de desenvolvimento de estrutura, associado a presença de cerosidade e/ou superfície de compressão. São solos fortemente férteis, que somadas as características dos Nitossolos, favorecem os usos agrícolas, como soja e milho. São profundos, bem drenados e apresentam saturação por bases alta na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B.	 m Coordenadas: 21K 557088 7664203 UTM Data: 14/12/2018
FTe Plintossolo Argilúvico Eutrófico Áreas de Abrangência Km² % 0,26 0,02	Solos constituídos por materiais argilosos, possuindo mudança abrupta entre os horizontes subjacentes, compreendendo solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água, apresentando drenagem imperfeita, podendo ocorrer excesso de água temporário até prolongado durante o ano, esse excesso se caracteriza fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização com ou sem petroplintita. Apesar da coloração ser variável, verifica-se o predomínio de cores pálidas com ou sem mosqueados de cores alaranjadas à vermelhadas. São solos ácidos, com saturação por bases baixa e alta fertilidade	n Coordenadas: 21K 559889 7666269 UTM Data: 06/12/2016
FXd Plintossolo Háplico Distrófico Áreas de Abrangência Km² % 15,68 1,18	Solos que não apresentam horizonte ou camada de acumulação de argila abaixo do horizonte A superficial, sem concreções e sem a presença de uma camada de plintita irreversivelmente endurecida. Os Plintossolos Háplicos ocorrem em áreas que possuem escoamento lento de água (áreas deprimidas de relevo plano ou suave ondulado). Apresentam grande concentração de plintita (concreções ferruginosas) nos 40 cm iniciais desde a superfície, ou em maior profundidade se ocorrer o horizonte E. São solos com saturação por bases baixa (V < 50%) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B ou C e apresentam baixa fertilidade.	o Coordenadas: 21K 578788 7671736 UTM Data: 14/12/2018

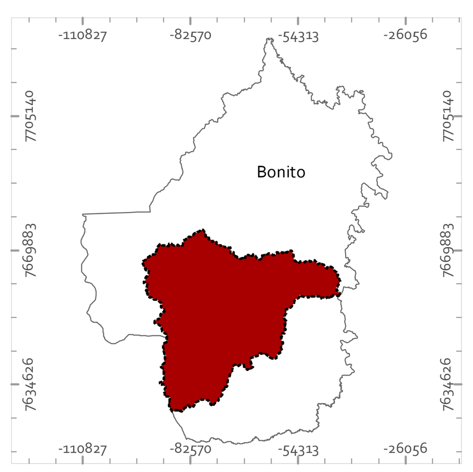




II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Avenidas e Ruas Municipais
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda





Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Solos: EMBRAPA (Escala: 1:100.000);
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

Os solos da BHRF possuem interferência significativa do relevo, bem como das estruturas litológicas. Logo, há uma heterogeneidade pedológica, sejam eles em menores extensões ou até grandes áreas com características pedogenéticas semelhantes, deparando-se assim, com quinze tipos de solos descritos nos parágrafos a seguir.

O primeiro a ser analisado na BHRF é o argissolo vermelho distrófico que engloba 16,58 km², localizado a noroeste da bacia hidrográfica, em área de superfície cárstica, ou seja, pertencente a um relevo plano a suave ondulado com alguns locais ondulados, sobretudo nas proximidades dos morros residuais. Segundo a EMBRAPA (2013), este solo passa por um processo de acumulação de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixas. Possui profundidade variável e se constitui como fortemente drenados a até imperfeitamente drenados.

Logo, está disposto na BHRF sobre baixa declividade, com pequenas manchas em declividades elevadas (morros residuais) e atingem patamares altimétricos que variam de 560 a 690 metros. São imperfeitamente drenados, devido à sobreposição em rochas carbonáticas, das subunidades dolomíticas das formações Bocaina e Cerradinho. Portanto, nota-se que 100% de suas terras estão sobre rochas carbonatadas.

O chernossolo argilúvico órtico, segundo a EMBRAPA (2013), é um solo rico em matéria orgânica, portanto, fértil, com saturação por bases altas e apresenta grande quantidade de argila. Normalmente, localiza-se em terrenos suave-ondulados, porém possui uma permeabilidade moderada e é mais suscetível aos processos erosivos. As áreas em que foi identificado o chernossolo argilúvico órtico abrangem cinco pequenas unidades, sobretudo na região central e oeste da BHRF, com um total de 11,10 km² e apontam algumas características essenciais, como sua totalidade sobreposto em terrenos cársticos das formações Tamengo, Bocaina e Cerradinho. Portanto, o sistema cárstico faz parte de sua característica (no caso da BHRF).

Outro chernossolo encontrado na BHRF compreende ao háplico órtico. Neste solo, segundo a EMBRAPA (2013), ocorre a falta de um horizonte subsuperficial de acumulação de argila e apresenta cores claras em profundidade e acumulação de carbonato de cálcio. Esses solos não oferecem restrição ao uso e manejo das terras e a principal limitação para o uso agrícola corresponde aos fragmentos de rochas na massa do solo, portanto pode ser utilizado, na maioria dos casos, para preservação e/ou conservação ambiental. Estando, assim, localizados predominantemente em planícies aluviais cársticas vinculadas à formação.

O chernossolo rêndzico órtico apresenta-se em grandes porções ao longo de toda a região oeste da BHRF, desde os relevos acidentados dos pavimentos cársticos da serra da Bodoquena até as superfícies aplainadas a suave onduladas e planícies aluviais, sejam elas cársticas ou terrígenas. Percebeu-se, na região da BHRF, que o chernossolo rêndzico órtico é predominante em locais sobrepostos nas rochas carbonatadas e englobam cerca de 90% de suas terras férteis.

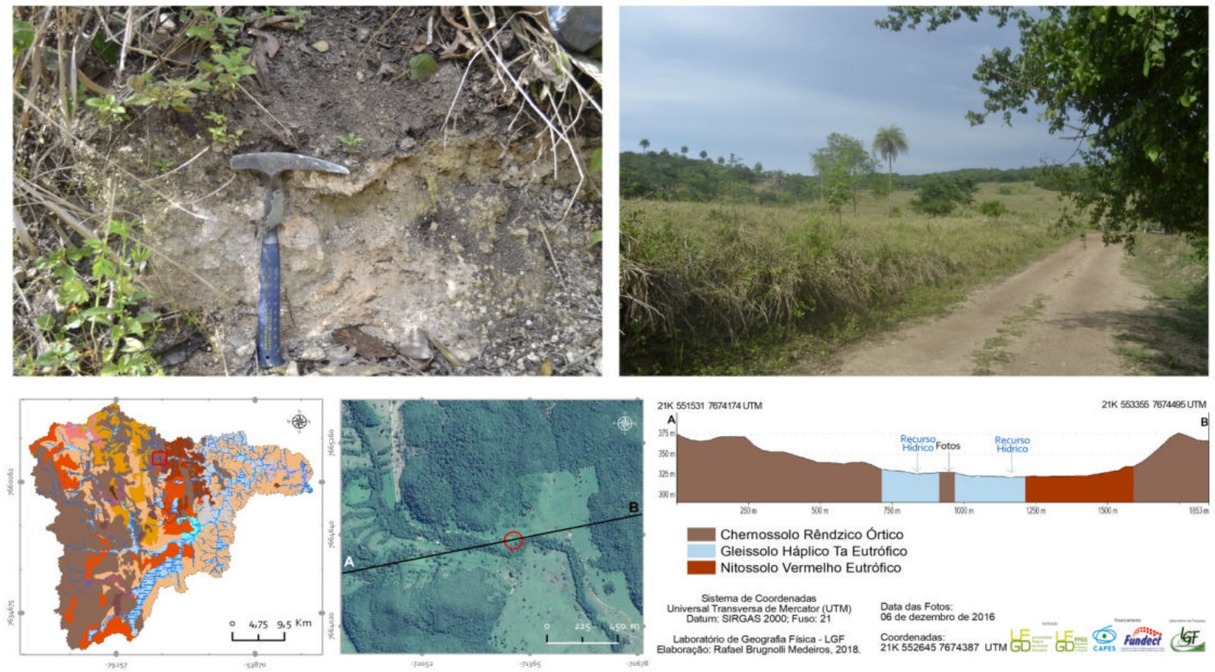


Figura 31: Mudança abrupta dos horizontes do chernossolo rêndzico órtico, solo fértil e frágil, com maior área de abrangência na BHRF.

Além de tais características, existe um material mineral rico em carbonato de cálcio na subsuperfície, que proporciona uma mudança abrupta nos horizontes, conforme demonstrado na Figura 31 que, segundo a EMBRAPA (2013), é um dos solos mais férteis conhecidos, porém, apresentam alto grau de erosão. Outro fator a ser considerado neste solo, é seu alto pH (alcalino), que representa, nas interações com outras rochas das formações Bocaina, Cerradinho, Serra da Bodoquena e Tamengo (ricas em bicarbonato de cálcio), a elevação no pH das águas superficiais que percorrem essas áreas. Tais fatos também contribuem para a permanência das águas alcalinas ao longo de todo percurso dos mananciais que nascem e perpassam, em seu alto curso, esses terrenos, caso dos rios Formoso, Mimoso e Sucuri e córregos Taquaral e Formosinho. Algumas outras

unidades são encontradas em manchas dispersas ao longo do baixo curso da BHRF e ao englobar todas as unidades compreendidas pelo chernossolo rêndzico órtico, há 453,43 km², ou seja, 34,20% da bacia hidrográfica.

Diferentemente destes solos supracitados, os gleissolos são encontrados sob diversos aspectos, entretanto, todos eles são caracterizados por serem permanentemente ou parcialmente saturados por água. O primeiro a ser analisado é o gleissolo háplico ta eutrófico, que é um solo mineral hidromórfico, típico de áreas planas a suave onduladas, sejam elas periodicamente inundáveis ou não. No caso da BHRF, esse solo abrange uma grande parte das áreas úmidas na planície aluvial dos mananciais de maior expressão, como os córregos São João, Bonito, Saladeiro, Barranco, Formosinho e Alegre e os rios Formoso, Mimoso e Sucuri. Ante as suas características, destaca-se a presença de vegetação florestal e campestre ao longo de seus terrenos, sobretudo no banhado do rio Formoso, entretanto, diante de sua presença em áreas úmidas, percebe-se que há pastagens que adentram até estes locais, ainda que em menores proporções. À vista disso, alcançou um total de 133,46 km² da BHRF, destes, 56% estão localizados em terrenos cársticos.

Outro gleissolo encontrado é o melânico ta eutrófico que possui as mesmas características hidromórficas, mas com coloração mais escura na superfície e um teor de argila alto que oferece condições para o desenvolvimento radicular em profundidade (EMBRAPA, 2013). É possível identificar sua ocorrência nas proximidades das planícies aluviais do córrego Saladeiro e no médio curso do rio Mimoso e Formoso, em porções reduzidas que atingiram 12,46 km² (cerca de 54% em terrenos cársticos) da BHRF, sobretudo terrenos com declividade reduzida (0,00% a 3,00%) e predomínio de vegetações nativas.

Em contraste a essas características dos solos supracitados, está aquele com a segunda maior abrangência na área de estudo: o latossolo vermelho distrófico, que abrange 330,39 km², com uma predominância de rochas terrígenas do médio e baixo curso da BHRF (59% em ambiente terrígeno), com um relevo plano a ondulado e com declividades que alcançam 20%. Encontra-se em áreas com um predomínio de pastagens, devido principalmente ao solo com baixa fertilidade e não possui grandes áreas de cultivo de soja.

O latossolo vermelho eutrófico exibe particularidades próximas do distrófico, porém tem como principal característica a fertilidade de suas terras, assim, apresenta maior predomínio de cultivos de soja e está localizado na região central e norte da bacia hidrográfica. Apresenta, deste modo, uma área de 83,35 km², disposta em um relevo suave ondulado a ondulado, principalmente devido aos morros residuais, que se caracterizam por terem grande variação na declividade, especialmente em rochas carbonáticas do grupo Corumbá, seja nas formações Cerradinho e Bocaina.

Uma diferença notável deste solo é que, enquanto o distrófico abrange locais com predominância terrígenas, o eutrófico, estimulado pelos calcários, é fértil e apresenta cerca de 80% em terrenos cársticos. Por outro lado, o neossolo regolítico distrófico é um solo pouco desenvolvido, com uma camada superficial rasa, em que os cascalhos existentes em suas rochas afloram facilmente, que o torna extremamente pedregoso. Ou seja, são solos que possuem alta erodibilidade, sobretudo em declives acentuados e menos resistentes ao intemperismo.

Estão localizados em várias unidades no médio e baixo curso, com grande abrangência na sub-bacia do córrego Retiro, além da região central nas proximidades do perímetro urbano de Bonito, totalizam 58,77 km², ou seja, 4,43%. Não é muito representativo, mas sua importância é massiva sobre os demais componentes presentes da paisagem, principalmente para a qualidade das águas superficiais, pois sua erodibilidade elevada pode causar alterações nos parâmetros físicos e químicos das águas, diante do arraste da camada superficial desse solo.

Já com relação aos nitossolos, na BHRF tem-se o nitossolo vermelho distrófico, que é encontrado em grandes áreas, sobretudo nas regiões sudoeste e noroeste da BHRF, em áreas de superfícies cársticas aplainadas a suave onduladas e nos domínios de morros residuais cársticos. Consequentemente, seus declives são muito variados e apontam para uma estrutura geológica voltada para rochas carbonáticas das formações Tamengo, Cerradinho e Bocaina, com exceção feita à região central, que abrangem áreas da subunidade Pelítica do grupo Cuiabá. De acordo com informações retiradas da EMBRAPA (2013), esse solo tem, por característica, material mineral em seu horizonte B, com uma textura argilosa, estruturada por blocos fortemente desenvolvidos e que apresenta grande importância agronômica, pois apesar de possuir pouca fertilidade, responde bem aos corretivos agrícolas. Logo, tal solo demonstra estar situado ao longo de 134,18 km², destes, 74% estão situados em terrenos cársticos.

E o nitossolo vermelho eutrófico, que possui uma alta fertilidade, cores avermelhadas, um teor de argila alto e blocos fortemente desenvolvidos. É encontrado em uma grande unidade de 50,73 km², ao norte da BHRF, em uma área de predomínio da manutenção da vegetação nativa (nas áreas de declive mais acentuado) e de pastagens nos locais mais aplainados. Portanto, é um solo

que, na BHRF, compreende as superfícies aplainadas a suave onduladas e apresenta uma predominância significativa de rochas terrígenas (75%). Apenas pequenas áreas compreendem cultivos, pois apesar de serem solos que favorecem os usos agrícolas, estão situados em áreas do baixo curso, nas quais as pastagens ainda se mostram resistentes à entrada das culturas.

Já o plintossolo argilúvico eutrófico, conforme a EMBRAPA (2013), são constituídos por materiais argilosos, possui mudança abrupta entre os horizontes adjacentes e compreendem solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água. De tal modo, apresenta drenagem imperfeita e pode ocorrer excesso de água temporário e até prolongado durante o ano.

Esse excesso se caracteriza, fundamentalmente, por apresentar expressiva plintização[11] com ou sem petroplintita. Apesar de sua coloração variável, verifica-se o predomínio de cores pálidas, com ou sem mosqueados, de cores alaranjadas à avermelhadas. São solos ácidos, com saturação por bases baixa e alta fertilidade. Assim, é encontrado em apenas uma unidade de 0,26 km², às margens da estrada vicinal, no médio curso da BHRF, em uma porção caracterizada pelos filitos da subunidade Pelítica do grupo Cuiabá. Nesta localidade é determinante a presença de morros residuais em meio às superfícies terrígenas aplainadas a suave onduladas, com patamares altimétricos de 300 a 340 metros, além de declives acentuados, que variam de 8,00% nas margens da estrada vicinal a 45,00% nos morros residuais que estão ao entorno das áreas classificadas por este solo.

Por fim, o plintossolo háplico distrófico é caracterizado, segundo a EMBRAPA (2013), por apresentar um horizonte ou camada de acumulação de argila abaixo do horizonte A superficial, sem concreções e sem a presença de uma camada de plintita irreversivelmente endurecida. O plintossolo háplico ocorrem em áreas que possuem escoamento lento de água (áreas deprimidas de relevo plano ou suave ondulado). Apresentam grande concentração de plintita (concreções ferruginosas) nos 40 cm iniciais desde a superfície, além de exibirem uma característica distrófica, ou seja, baixa fertilidade de suas terras, não sendo assim, muito utilizado para culturas.

Então, na BHRF, o solo supracitado está sobreposto na subunidade Psamítica do grupo Cuiabá (metagrauvaca e quartzitos), além dos arenitos da formação Aquidauana e áreas de Depósitos Aluvionares, em locais terrígenos com relevo aplainado a suave ondulado do baixo curso da BHRF. Apresenta ainda patamares altimétricos que variam entre 200 a 240 metros e declives de 0,00% a 8,00% que abrangem um total de 15,68 km².

[11] Acumulações específicas de ferro, normalmente formando mosqueados, sendo imprescindível a alteração do nível freático, pois o processo é formado por períodos úmidos e secos.

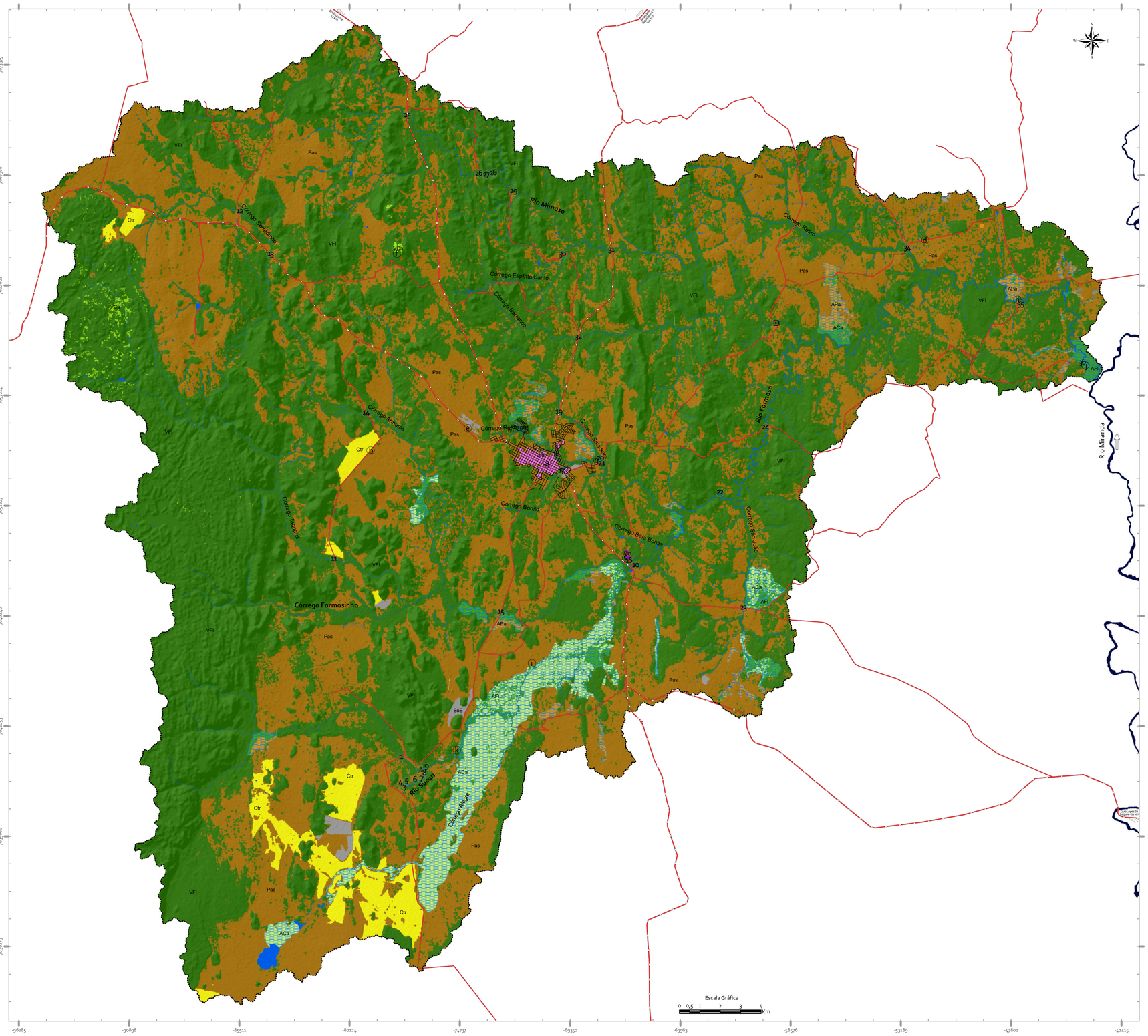
A análise dos solos, juntamente com os demais componentes da paisagem, trouxe consigo uma gama de dados e mapeamentos essenciais para a proposta desse Atlas. Os solos, juntamente com tais componentes, definem, por muitas vezes, o uso das terras atuais, seja pela fertilidade ou pela pedregosidade, profundidade, entre outros fatores que exercem influência direta sobre os usos e que determinam ainda, possíveis conflitos entre os usos atuais e a capacidade expressa pelos componentes da paisagem.

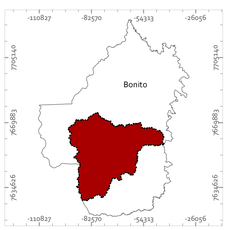
Uso e Cobertura das Terras da BHRF

O inventário dos componentes da paisagem finalizou com a interpretação da análise multitemporal do uso e cobertura das terras nos anos de 1984 e 2017, bem como o uso e cobertura das terras nas áreas restritas legalmente (ano de 2017), identificando assim, as características socioeconômicas e antrópicas que auxiliaram na compartimentação do zoneamento ambiental e seu (re)ordenamento do uso das terras.

Nesta pesquisa, a análise multitemporal visou a identificação do uso e cobertura das terras em dois períodos distintos, o que possibilitou constatar as mudanças ocorridas na BHRF, além de apontar se existe ou não algum tipo de degradação, como a retirada da vegetação nativa para a introdução de pastagens ou culturas, sinônimos da intensificação do uso antrópico sobre a BHRF.
Para tanto, buscou-se realizar o mapeamento nos anos de 1984 e 2017, dado que esse intervalo de 33 anos foi considerado satisfatório e suficiente para a identificação dos objetivos propostos e das mudanças ocorridas na BHRF. A Figura 32 mostrou o ano de 1984, em que já foi possível verificar a existência de culturas e, em maiores proporções, as pastagens já consolidadas da pecuária.

Contudo, o passar dos anos trouxe diversas modificações nos padrões de vegetação pela redução das áreas florestais e aumento considerável das culturas. Uma das principais mudanças da sociedade nos sistemas cársticos é a retirada da vegetação natural para a instauração das atividades agrícolas, o que provoca mudanças no ciclo hidrológico, além de trazer ao sistema uma grande quantidade de agroquímicos. Deste modo, no ano de 2017 (Figura 33 e Tabela 2), foi possível identificar tais alterações, causadas em grande parte pelas atividades antrópicas, que geraram uma modificação na paisagem da BHRF.





Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Uso e Cobertura da Terra: INPE
Imagens do Satélite Landsat 5, sensor TM, bandas 3, 4 e 5,
órbita 226, ponto 075, datadas de 11/04/1984.
Convenções Cartográficas: Landsat 5, sensor TM,
bandas 3, 4 e 5, órbita 226, ponto 075,
datadas de 11/04/1984;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno
SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição

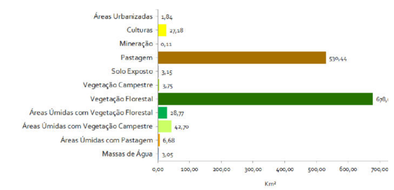
Financiamento

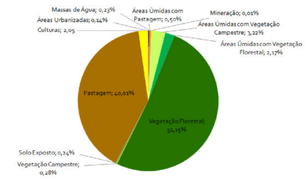
Laboratório de Pesquisa

FIGURA 32: USO E COBERTURA DA TERRA DA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL, EM 1984

Legenda

I - Classes de Uso e Cobertura da Terra	Descrição dos Classes de Uso e Cobertura da Terra	Pontos Representativos
Urb Áreas Urbanizadas Áreas de Abrangência Km² % 1,84 0,14	As áreas urbanizadas correspondem aos aglomerados urbanos, bem como, sedes de fazendas ao longo de toda a BHRF, sobretudo no baixo curso. Sua maior concentração se deu no perímetro urbano da sede municipal de Bonito.	a Coordenadas: 21K 553195 7663669 UTM Data: 06/12/2016
Ctr Culturas Áreas de Abrangência Km² % 27,18 2,05	As culturas foram encontradas na porção ocidental da BHRF, principalmente em áreas cársticas. No ano de 1984 ainda eram poucas as áreas de culturas, sendo predominante o cultivo de soja e, entre safras, o milho.	b Coordenadas: 21K 544167 7664938 UTM Data: 07/12/2016
Min Mineração Áreas de Abrangência Km² % 0,11 0,01	A mineração foi encontrada em apenas uma unidade, denominada de calcário Bonito, nas proximidades do ponto 10 e 16 de monitoramento da qualidade das águas.	c Coordenadas: 21K 556993 7658926 UTM Data: 18/09/2017
Pas Pastagem Áreas de Abrangência Km² % 530,44 40,01	A pastagem apontou para grandes extensões em 1984, ainda influenciada pelas grandes propriedades rurais da BHRF, sobretudo para a criação do gado de corte. Sendo possível encontrar pastagens em todas as regiões da BHRF.	d Coordenadas: 21K 570159 7671848 UTM Data: 06/12/2016
SoE Solo Exposto Áreas de Abrangência Km² % 3,15 0,24	As áreas de solo exposto em 1984, apontaram-se para locais que estavam sendo preparadas para as culturas de soja e milho, bem como, áreas diversas cercadas de pastagens em propriedades rurais do baixo curso da BHRF.	e Coordenadas: 21K 549430 7665515 UTM Data: 18/12/2016
VCa Vegetação Campestre Áreas de Abrangência Km² % 3,75 0,28	A vegetação campestre tem por característica, uma vegetação de baixo porte e natural. Sendo encontradas em topos de morros da serra da Bodoquena, bem como, áreas de morros residuais nas proximidades do rio Mimoso.	f Coordenadas: 21K 549504 7664181 UTM Data: 14/12/2016
VFl Vegetação Florestal Áreas de Abrangência Km² % 678,07 51,15	A vegetação florestal caracteriza-se pelo porte elevado e em 1984, abrangia grandes extensões na BHRF, sendo relativamente bem conservada e/ou preservada, principalmente na serra da Bodoquena e em todos os morros residuais do médio curso e nas proximidades dos mananciais hídricos do baixo curso.	g Coordenadas: 21K 555615 7663722 UTM Data: 06/12/2016
AFl Áreas Úmidas com Vegetação Florestal Áreas de Abrangência Km² % 28,77 2,17	A vegetação florestal de ambientes hidromórficos foi encontrada ao longo de todas as áreas úmidas da BHRF, principalmente no banhado do rio Formoso (médio curso da BHRF).	h Coordenadas: 21K 574400 7670774 UTM Data: 06/12/2016
ACa Áreas Úmidas com Vegetação Campestre Áreas de Abrangência Km² % 42,70 3,22	Essa vegetação tem por característica, estar situada em ambientes úmidos. Apresenta-se em áreas como o banhado do rio Formoso e em outras áreas úmidas do médio e baixo curso que tem por característica, uma vegetação natural.	i Coordenadas: 21K 551117 7653377 UTM Data: 07/12/2016
APa Áreas Úmidas com Pastagem Áreas de Abrangência Km² % 6,68 0,50	Essa vegetação de ambientes úmidos já se encontra antropizada, com isso, é possível encontrá-la no médio e baixo curso da BHRF, principalmente em áreas de grandes propriedades rurais do baixo curso e que são utilizadas para pecuária.	j Coordenadas: 21K 579588 7664238 UTM Data: 06/12/2016
Massas de Água Áreas de Abrangência Km² % 3,05 0,23	As massas de água são caracterizadas por toda a rede de drenagem da BHRF, seja o rio Formoso, Mimoso e Sucuri e o córrego Formosinho que são as maiores massas de água encontradas, bem como, os afluentes perenes e temporários, além das hidrografias represadas, que apresentam, em alguns casos, extensas massas hídricas.	k Coordenadas: 21K 581316 7642883 UTM Data: 16/03/2017

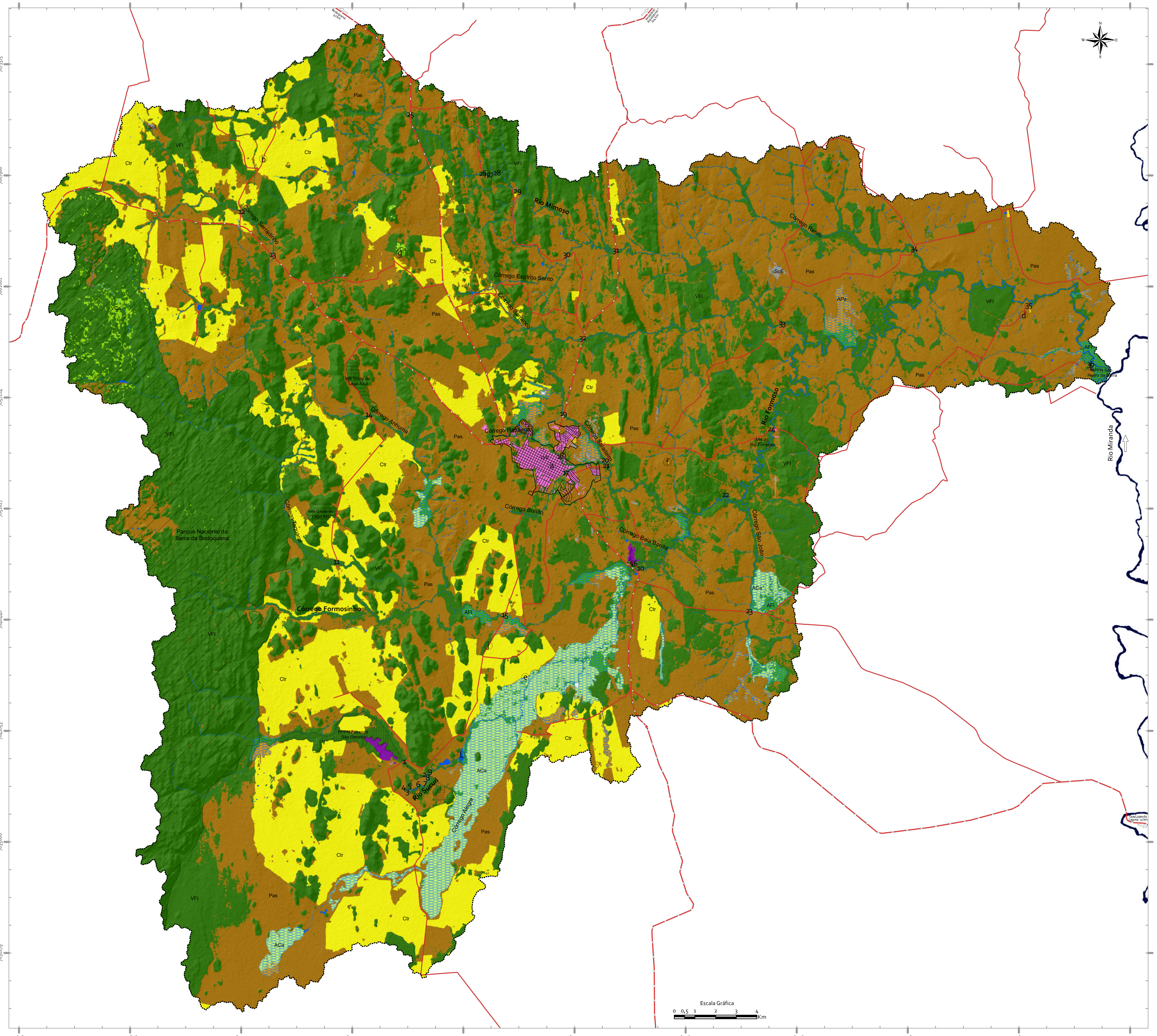




II - Convenções Cartográficas

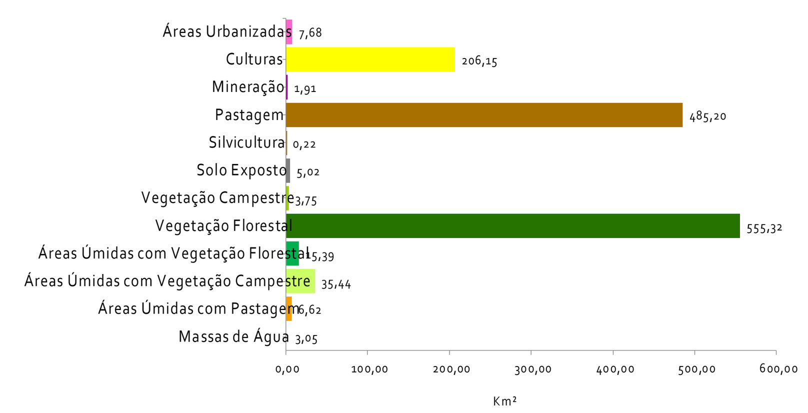
- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Avenidas e Ruas Municipais
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografia Represada
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda

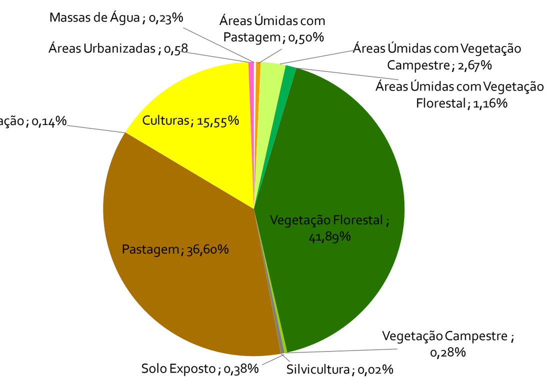
FIGURA 33: USO E COBERTURA DA TERRA DA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL, EM 2017



Legenda

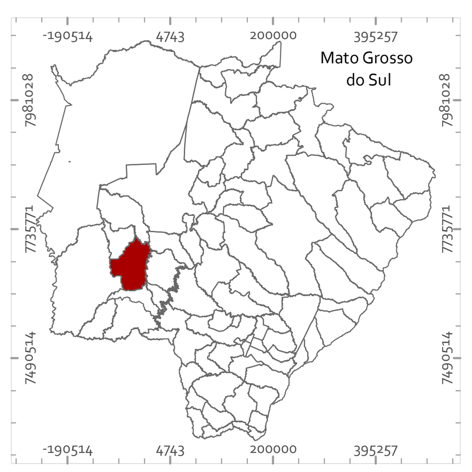
I - Classes de Uso e Cobertura da Terra	Descrição dos Classes de Uso e Cobertura da Terra	Pontos Representativos
Urb Áreas Urbanizadas Áreas de Abrangência Km² % 7,68 0,58	As áreas urbanizadas correspondem aos aglomerados urbanos, bem como, sede de fazendas ao longo de toda a BHRF, sobretudo no baixo curso. Sua maior concentração se deu no perímetro urbano da sede municipal de Bonito.	 a Coordenadas: 21K 553243 7663682 UTM Data: 06/12/2016
Ctr Culturas Áreas de Abrangência Km² % 206,15 15,55	As culturas são encontradas ao longo de todo o alto e médio curso da BHRF, sobretudo na borda oriental da serra da Bodoquena. Suas áreas estão localizadas em terrenos férteis, principalmente o chernossolo rêndzico órtico, bem como, sobre as rochas que tem sua composição formada pelos calcários calcíticos e dolomíticos das formações Cerradinho, Bocaina e Xaraiés.	 b Coordenadas: 21K 539879 7679023 UTM Data: 07/12/2016
Min Mineração Áreas de Abrangência Km² % 1,91 0,14	A mineração é encontrada ao longo de duas unidades na BHRF: a primeira delas (Mineração - Calcário Xaraés) está localizada na RPPN São Geraldo, que tem por característica as rochas calcárias da formação Xaraiés. A segunda está localizada nas proximidades dos pontos 10 e 16 de monitoramento da qualidade das águas. Essa unidade (Mineração - Calcário Bonito) sobrepostas também em terrenos da formação Xaraiés.	 c Coordenadas: 21K 556917 7658834 UTM Data: 18/09/2017
Pas Pastagem Áreas de Abrangência Km² % 485,20 36,60	A pastagem é característica da BHRF, sendo o maior uso e cobertura encontrado. Portanto, é localizada ao longo de toda a bacia hidrográfica, principalmente em seu baixo curso. Suas propriedades rurais tem como principal utilização, a pecuária ligada a criação de gado. Existem pequenos locais voltados à agricultura, mas não sendo muito representativo ao longo da BHRF.	 d Coordenadas: 21K 576295 7670105 UTM Data: 14/03/2017
SoE Solo Exposto Áreas de Abrangência Km² % 5,02 0,38	As áreas de solo exposto estão situadas em áreas de pastagem que devido às chuvas ou, em alguns casos, de maneira antrópica, tem sua cobertura vegetal reduzida e/ou retirada, principalmente no baixo curso da bacia hidrográfica.	 e Coordenadas: 21K 549853 7655117 UTM Data: 07/12/2016
Sil Silvicultura Áreas de Abrangência Km² % 0,22 0,02	A silvicultura, na BHRF, tem por característica o cultivo de eucalipto, principalmente em duas áreas no médio curso da BHRF. A primera área é encontrada no perímetro urbano de Bonito e a segunda está localizada próximo à estrada vicinal, indo em sentido leste (foz do rio Formoso) da BHRF.	 f Coordenadas: 21K 558832 7663655 UTM Data: 19/09/2017
VCa Vegetação Campestre Áreas de Abrangência Km² % 3,75 0,28	A vegetação campestre tem por característica, uma vegetação de baixo porte e natural. Com isso, aparece em poucos locais ao longo, principalmente, do alto e médio curso, na área do Parque Nacional da Serra da Bodoquena e no topo de morros do médio curso, na proximidade com o rio Mimoso.	 g Coordenadas: 21K 546304 7674181 UTM Data: 14/12/2018
VFl Vegetação Florestal Áreas de Abrangência Km² % 555,32 41,89	A vegetação florestal é encontrada em todas as regiões da BHRF, apresentando um porte elevado. Abrangendo áreas, sobretudo no Parque Nacional da Serra da Bodoquena, em morros residuais e nas proximidades dos mananciais hídricos.	 h Coordenadas: 21K 550607 7677882 UTM Data: 15/03/2017
AFl Áreas Úmidas com Vegetação Florestal Áreas de Abrangência Km² % 15,39 1,16	Essa vegetação tem por característica, estar situada em ambientes úmidos, apresentando um porte elevado mas sobrepostas em terrenos hidromórficos. Está situada ao longo de toda a BHRF, sobretudo no banhado do rio Formoso, bem como, nas proximidades com alguns mananciais hídricos do médio e baixo curso, principalmente aqueles que apresentam um relevo plano.	 i Coordenadas: 21K 555943 7663538 UTM Data: 14/03/2017
ACa Áreas Úmidas com Vegetação Campestre Áreas de Abrangência Km² % 35,44 2,67	Essa vegetação tem por característica, estar situada em ambientes úmidos, apresentando um porte reduzido sobrepostas em terrenos hidromórficos. Apresenta-se em áreas como o banhado do rio Formoso e em outras áreas úmidas do médio e baixo curso que tem por característica, uma vegetação natural.	 j Coordenadas: 21K 551585 7653513 UTM Data: 07/12/2016
APa Áreas Úmidas com Pastagem Áreas de Abrangência Km² % 6,62 0,50	Essa vegetação tem por característica, estar situada em ambientes úmidos, contudo, não apresenta uma forma natural, sendo antropizada com o passar do tempo, caracterizada por gramíneas, mas que possuem um solo hidromórfico. Sendo encontradas ao longo de toda as regiões da BHRF, sobretudo na região central e leste, onde as propriedades rurais são caracterizadas por pastagens para a criação de gado de corte.	 k Coordenadas: 21K 579486 7667458 UTM Data: 06/12/2016
Massas de Água Áreas de Abrangência Km² % 3,05 0,23	As massas de água são caracterizadas por toda a rede de drenagem da BHRF, seja o rio Formoso, Mimoso e Sucuri e o córrego Formosinho que são as maiores áreas de água encontradas, bem como, os afluentes perenes e temporários, além das hidrografias represadas, que apresentam, em alguns casos, extensas massas hídricas.	 L Coordenadas: 21K 548338 7649882 UTM Data: 16/03/2017

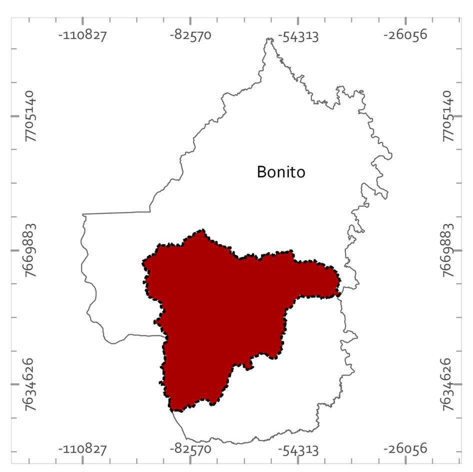




II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Parque Nacional da Serra da Bodoquena
- Reserva Particular do Patrimônio Natural
- Monumento Natural Estadual
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda





Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Uso e Cobertura da Terra:
Sentinels Scientific Data Hub - Copernicus
Imagens do Satélite Sentinel 2A, bandas 2, 3 e 4, órbita 135, ponto 103, datadas de 15/03/2017.
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

Tabela 2: Dados da série multitemporal do uso e cobertura das terras da BHRF e suas porcentagens em sistemas cárstico e terrígeno.

Classes	1984				2017					
	Área Total		Cárstico	Terrígeno	Área	Desvio	Área	Desvio	Cárstico	Terrígeno
	(km²)	(%)	(%)	(%)	(km²)	(km²)	(%)	(%)	(%)	(%)
Áreas Urbanizadas	1,84	0,14	12,68	87,32	7,68	5,84	0,58	0,44	14,66	85,34
Culturas	27,18	2,05	100,00	0,00	206,15	178,97	15,55	13,50	93,78	6,22
Mineração	0,11	0,01	100,00	0,00	1,91	1,80	0,14	0,14	100,00	0,00
Pastagem	530,44	40,01	71,54	28,46	485,20	-45,24	36,60	-3,41	47,02	52,98
Silvicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,22	0,02	0,02	0,00	0,00
Solo Exposto	3,15	0,24	89,34	10,66	5,02	1,87	0,38	0,14	13,56	86,44
Vegetação Campestre	3,75	0,28	42,25	57,75	3,75	0,00	0,28	0,00	42,25	57,75
Vegetação Florestal	678,07	51,15	64,75	35,25	555,32	-122,75	41,89	-9,26	70,65	29,35
Áreas Úmidas com Vegetação Florestal	28,77	2,17	65,00	35,00	15,39	-13,38	1,16	-1,01	51,78	48,22
Áreas Úmidas com Vegetação Campestre	42,70	3,22	72,52	27,48	35,44	-7,26	2,67	-0,55	74,63	25,37
Áreas Úmidas com Pastagem	6,68	0,50	32,22	67,78	6,62	-0,06	0,50	0,00	31,30	68,70
Massas de Água	3,05	0,23	45,25	54,75	3,05	0,00	0,23	0,00	43,52	56,48

Org.: Elaborado pelo autor.

A análise multitemporal do uso e cobertura das terras se inicia diante das áreas urbanizadas que abrangeram não apenas a sede municipal, mas também a sede de fazendas que permitiram sua constatação pela imagem de satélite, e atrativos turísticos, o que pode ocasionar pequenas distorções dos valores exatos dessa classe diante da escala trabalhada e da extensão de determinadas edificações no meio rural.

Essa classe abrangeu um total de 1,84 km² ou 0,14% e era representada, na década de 1980, segundo o IBGE (s.d.), por uma população residente de 11.002 habitantes e 2.292 domicílios. Ainda nesta década, houve um incentivo ao turismo na região, o que auxiliou na expansão não apenas dos atrativos turísticos, mas também populacional. Tal informação foi constatada pelo mapeamento do ano de 2017, em que a área urbana abrangeu 7,68 km² ou 0,58% do total da BHRF. Essa expansão da área urbana em mais de 450%, foi resultado, de acordo com o último censo do IBGE de 2010, do aumento populacional que alcançou 19.587 residentes, com 6.175 domicílios.

O que se notou dessa classe, é que esta apontou uma contínua predominância em sistema terrígeno, pois em ambos os mapeamentos, as áreas urbanas estão dispostas acima de 85% no grupo Cuiabá (terrígeno). Esse fato está ligado às particularidades dos componentes físicos da região a leste da sede municipal, como o relevo aplainado a suave ondulado, que favorece a inserção de novas formas de urbanização. Outro fator importante foi que grande parte dos atrativos turísticos criados na década de 1990 estão dispostos em terrenos terrígenos do médio e baixo curso, o que favoreceu essa predominância.

Percebe-se então que, apesar da sede municipal de Bonito ter crescido não só em área de abrangência, como quase dobrado seu número de habitantes neste hiato de 33 anos, ainda é um município que carece de maior infraestrutura já que sua economia é estritamente relacionada ao turismo. Ainda assim, atualmente é um dos principais polos da agricultura no estado de Mato Grosso do Sul, sobretudo diante do avanço das lavouras de soja.

As lavouras obtiveram um contínuo crescimento na década de 1980 (período em que se iniciaram) até a década de 1990, alcançando assim, um total de 200 km² no município de Bonito. Entretanto, houve um declínio até o ano de 2002 e, a partir deste ano, ocorre um aumento gradativo até os dias atuais (RIBEIRO, 2017).

Assim, existem áreas que desde 1984 possuem a mesmo tipo de uso das terras, como mostrou a Figura 34, que desde a referida época possui as mesmas culturas (soja ou milho) como forma de utilização, principalmente por ser uma área com características físicas que propiciam tal uso, seja pelo declive que varia de 0 a 3%, pelo chernossolo rêndzico órtico (altamente fértil), pelas rampas alongadas pouco dissecadas horizontalmente, baixa força gravitacional pela dissecação vertical ou ainda por possuir uma energia potencial erosiva do relevo moderadamente suave. Tais características evidenciaram assim, a facilidade na mecanização e produtividade destas áreas. Entretanto, tais áreas, mesmo pouco propensas às erosões, se destacam pela proximidade com o banhado do rio Formoso. Diante deste fato, percebem-se questionamentos e preocupações acerca dessa expansão, em que Boggiani et al. (2002, p. 250) destacam que essa acelerada ocupação pela agricultura e pecuária causaram "desmatamentos generalizados que não pouparam nem as florestas ripárias ao longo dos rios".

Portanto, partiu-se para a necessidade de entender qual a extensão dessa evolução. No ano de 1984 já se percebe a entrada das culturas na região cárstica da BHRF, que abrangeu 27,18 km², números ainda pouco representativos se comparados à extensão da BHRF, mas que já determinaram uma tendência que foi seguida até os dias atuais, que é a ocupação de áreas cársticas, sobretudo nas proximidades da serra da Bodoquena, por serem terras férteis como as que estão sobrepostas em solos eutróficos, como o nitossolo e latossolo, bem como e, principalmente, o chernossolo rêndzico órtico, extremamente fértil e que favorece a produtividade, além de serem áreas muito planas, o que favorece a mecanização.

Portanto, essas grandes áreas da BHRF são passíveis de apropriação humana, seja para pastagens ou culturas, visto que as características físicas propiciam taias atividades. Porém, o grande e principal problema ocasionado por esse tipo de cultura, é a pulverização agrícola e a colheita para a safra da soja e milho, pois o solo fica exposto contra a ação pluvial, sobretudo em estações chuvosas, o que prejudica os recursos hídricos devido ao carreamento de sedimentos.

Desde meados do século XX a ocupação humana na BHRF tem se mostrado elevada, pois mesmo que ainda possua boa parte da vegetação florestal preservada, essa ocupação foi desordenada e rápida. Segundo números do IBGE, a agricultura na região cresceu 26% entre 2014 e 2018, índice seis vezes maior que o do estado de Mato Grosso do Sul, com 46 mil hectares soja e 33 mil hectares de milho (ECOLOGIA E AÇÃO - ECOA, 2019).

Esse crescimento trouxe consigo diversos problemas ambientais como elevação das áreas propensas às erosões, alterações nos parâmetros físicos e químicos da qualidade das águas e sua consequente redução da translucidez (principal atrativo turístico da BHRF). Logo, no ano de 2017 foi constatado que o crescimento foi considerável, pois alcança 178,97 km², número 650% maior que 1984. Estes fatos tornam-se intimidantes se forem consideradas as consequências que este aumento tem no equilíbrio de uma bacia hidrográfica, seja pela grande carga de agrotóxicos e pulverização aérea ou, principalmente, pelo fato de que 93,78% desses cultivos estão em terrenos cársticos. Isto posto, leva-se em consideração que suas características, a capacidade à infiltração dessas cargas de agrotóxicos, somados à competência de dissolução do calcário e a percolação das águas pluviais nas fendas e fissuras do calcário, tornam a contaminação dos aquíferos cársticos irremediável. Como em todo sistema cárstico, as águas superficiais apresentam uma influência hidrogeológica, o que facilita também sua contaminação.

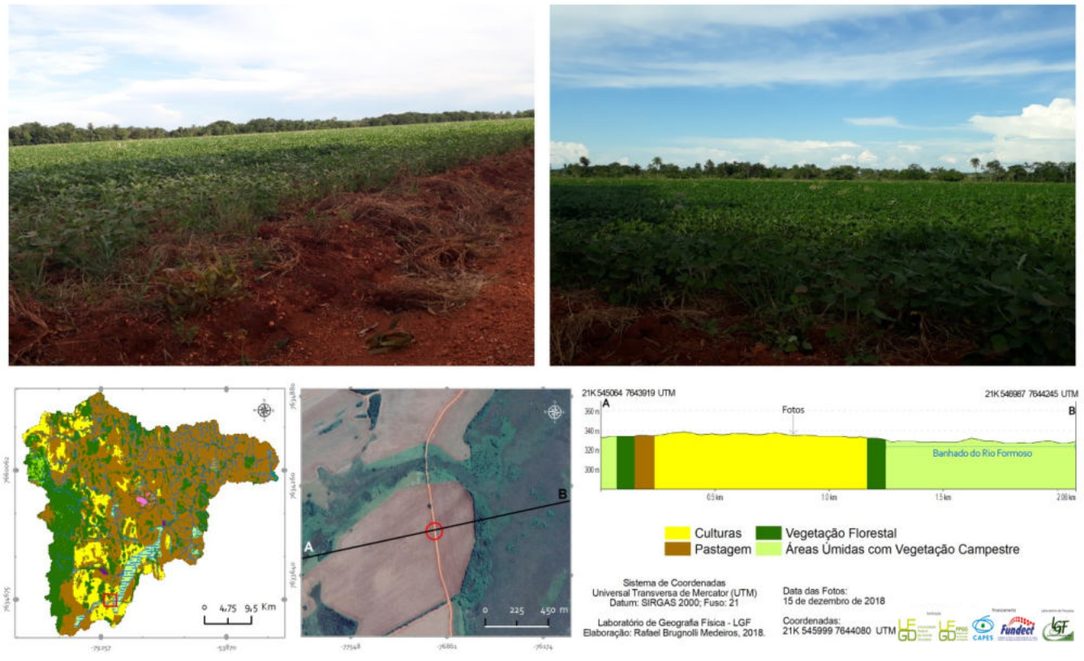


Figura 34: Área em que a cultura está instalada desde ano de 1984 até os dias atuais.

Ao tratar da pressão sobre as vegetações nativas, essas áreas de culturas adentraram, ao longo do tempo, regiões que eram ocupadas por pastagens (especialmente) e vegetações florestais, o que causa uma forte pressão no PARNA da Serra da Bodoquena, pois grande parte da borda leste do PARNA é margeada pelas extensas culturas, além de adentrarem as proximidades de recursos hídricos, como ao norte da BHRF, em que há uma retirada da mata ciliar e invasão às margens de tributários temporários. Além disso, notou-se que as culturas suprimem vegetações (árvores) ao longo das terras ocupadas e reduzem as áreas de sombreamento ao redor das culturas.

Um fato que merece ser discutido é que, apesar de, segundo Mato Grosso do Sul (1998) por meio da Lei nº 1.871/1998, as lavouras existentes na BHRF necessitarem, obrigatoriamente, de curvas de nível com dimensionamento por profissional habilitado, sob pena de embargo pelas autoridades competentes, práticas maiores de conservação necessitam ser realizadas, sobretudo diante da mecanização, uso de pulverizantes agrícolas e agrotóxicos, que trazem consigo uma série de problemas ambientais, não apenas nas vegetações, mas também nos recursos hídricos.

Existe ainda uma tendência à expansão dessas lavouras, sobretudo sentido norte e central da BHRF, em terrenos cársticos com fragilidade elevada que atualmente são utilizados para pastagens. Essa tendência ainda se tornou mais evidente diante da quantidade de silos para armazenamentos de grãos instalados no município, o que já ocasionou na construção de estabelecimentos na sede municipal com a finalidade de vender maquinários e produtos agrícolas.

A única região da BHRF que ainda não lida com essa expansão é a região leste, mas devido as suas características físicas que impedem ou dificultam a sua ocupação. São áreas de latossolo vermelho distrófico e neossolo regolítico distrófico, ambos apresentam pouca fertilidade e este último é pedregoso e raso, com grande fragilidade aos processos erosicionais.

Outra classe em que o uso antrópico é intensivo é a mineração, que se apresentou, em 1984, ao longo de apenas 0,11 km² ou 0,01% e se encontrou apenas nas proximidades do balneário municipal, o ponto 10 de monitoramento da qualidade das águas. Essa é uma área extração de calcário que está ativa até os dias atuais, especialmente por situar-se sobre terrenos da formação Serra da Bodoquena. A mineração teve um aumento considerável se comparada à sua extensão anterior, visto que essa área próxima ao balneário municipal (ponto 10 de monitoramento das águas) somado à instalação da mineração na fazenda São Geraldo ao sul, próximo ao rio Sucuri, elevaram ainda mais a extensão dessa classe (1,91 km² ou 0,14%).

Já outra atividade não menos preocupante de ocupação antrópica na BHRF, são as pastagens se mostraram proeminentes nessa região, pois, em 1984, possuíam um total de 530,44 km² ou 40,01%, e representaram a segunda maior abrangência. Suas terras estavam espalhadas em toda a BHRF, somente o extremo oeste não possuía tal classe. Logo, as pastagens no município de Bonito, mais precisamente na BHRF, sempre existiram em grandes extensões, desde meados do século XX, período em que a pecuária para criação de gado começou a ocupar com maior intensidade as terras da bacia hidrográfica.

Tais números são extremamente relevantes, mas na BHRF as abrangências das pastagens tomaram rumos opostos e obtiveram, em 2017, uma redução de 45,24 km², devido ao aumento das lavouras na região sul, oeste e noroeste da BHRF, ou seja, grandes áreas nas quais anteriormente existiam pastagens, passaram a ter como utilização as culturas de soja e alcançando assim, um total de 490,06 km² ou 36,97% em 2017.

O que se percebe com os dados encontrados é que existiu uma predominância notável às pastagens em locais cársticos no ano de 1984 (71,54%), que foram substituídas por culturas de soja, o que faz com que se sobressaia, atualmente, as pastagens em locais terrígenos, com cerca de 47%. Isso também se torna uma tendência, até por suas características físicas, de que a lavoura se expandirá em direção ao sistema cárstico.

Com relação à classe de vegetação campestre, ela foi encontrada principalmente em meio à vegetação florestal, seja em topos de morros, bem como em clareiras abertas no extremo oeste e noroeste da BHRF. Já no norte, ela ocorre em duas pequenas unidades de vegetação campestre que estão localizadas no topo de alguns morros da região e alcançaram um total de 3,75 km² ou 0,28%, o que não demonstrou muita representatividade no total da BHRF, todavia, fazer sua diferenciação foi necessária devido às suas características únicas. A vegetação campestre permaneceu com a mesma área de extensão ao longo dos anos de 1984 e 2017. Podem ter havido modificações em suas áreas de abrangência, mas que não foram perceptíveis pelas imagens de satélite.

Outra classe natural diz respeito à vegetação florestal. No ano de 1984 pôde-se observar as extensas regiões preservadas de vegetação florestal, que se mostraram como as maiores abrangências nesse ano de análise e alcançaram 681,12 km² ou 51,38%. Esses locais são encontrados em sua maioria nas proximidades dos recursos hídricos, bem como em seus morros residuais,

entretanto a classe está espalhada em manchas ao longo de toda a BHRF, na qual existe apenas uma faixa contínua, que é o PARNA da Serra da Bodoquena, que preenche toda a região oeste da BHRF.

Somado à área do PARNA, as regiões central, norte e sul da BHRF possuem grandes manchas de vegetação florestal ainda preservadas, seja pelos altos declives ao norte ou pelas proximidades com recursos hídricos espalhados em todas as regiões da bacia. Já a região leste possui grandes porções de vegetação florestal, porém a pastagem já se mostra significativa, sobretudo a pecuária.

O que se tornou relevante é que cerca de 64% das vegetações florestais estão situadas em terrenos cársticos. O passar dos anos mostrou que as maiores retiradas dessas vegetações ocorreram em terrenos terrígenos, visto que, em 2017, 70% das vegetações florestais estavam localizadas em ambiente cárstico.

Apesar dessa maior preservação nos ambientes cársticos, a vegetação florestal apresentou uma retirada preocupante, já que reduziu 122,75 km² e alcançou, em 2017, um total de 560,34 km² ou 42,27%. Situação alarmante, pois mesmo com incentivos à criação do PARNA, RPPN's e MNE's, nesse hiato de 33 anos, as vegetações continuam sendo retiradas para a entrada de pastagens (especialmente) e culturas.

Ainda no que diz respeito às vegetações nativas, a outras três classes são necessárias novas e distintas classificações. Por existirem muitas áreas úmidas na região da BHRF, sua vegetação difere de todas as outras classes encontradas, portanto foram individualizadas em áreas úmidas com vegetação florestal, áreas úmidas com vegetação campestre e áreas úmidas com pastagem, pois as UP's que foram compartimentadas necessitam ser diferenciadas também por seu uso e cobertura das terras.

Logo, as áreas úmidas com vegetação florestal compreenderam, em 1984, 28,77 km² ou 2,17% e sofreu uma redução que a fez chegar a 15,39 km² em 2017. Sendo encontradas especialmente em solos hidromórficos (gleissolos), espalhados por toda a bacia, principalmente próximos aos recursos hídricos como os rios Formoso e Sucuri e córregos Alegre, Formosinho, Anhuma, Restinga, Bonito, Saladeiro e Barranco, ou seja, grande parte dos principais afluentes (com exceção do rio Mimoso, devido ao seu alto declive e planície restrita), possuem áreas úmidas em seu entorno ao longo de seu leito fluvial. Essas áreas florestais são vegetações naturais de porte elevado e a maioria delas são encontradas no banhado do rio Formoso, e como esse banhado é o principal detentor dessa vegetação na região cárstica, foi demonstrado que ocorreu, ao longo dos anos analisados, uma mudança gradativa da vegetação em seu entorno por força antrópica, e isso impactou nas vegetações do banhado, sobretudo diante pressão exercida pelas lavouras, que suprimiram a vegetação florestal desde a nascente do córrego Alegre, até a grande porção do rio Formoso que perpassa essa área úmida, ocorrendo assim, uma redução da capacidade hídrica do banhado.

Com todas estas análises realizadas, pôde-se destacar que o uso de 1984 se mostrou modificado em relação ao uso atual, pois ainda existiam grandes porções preservadas e manchas sem falhas nas vegetações com porte elevado, sendo que, grande parte das bordas dos morros residuais e da serra da Bodoquena ainda não lidavam com a pressão da ocupação humana.

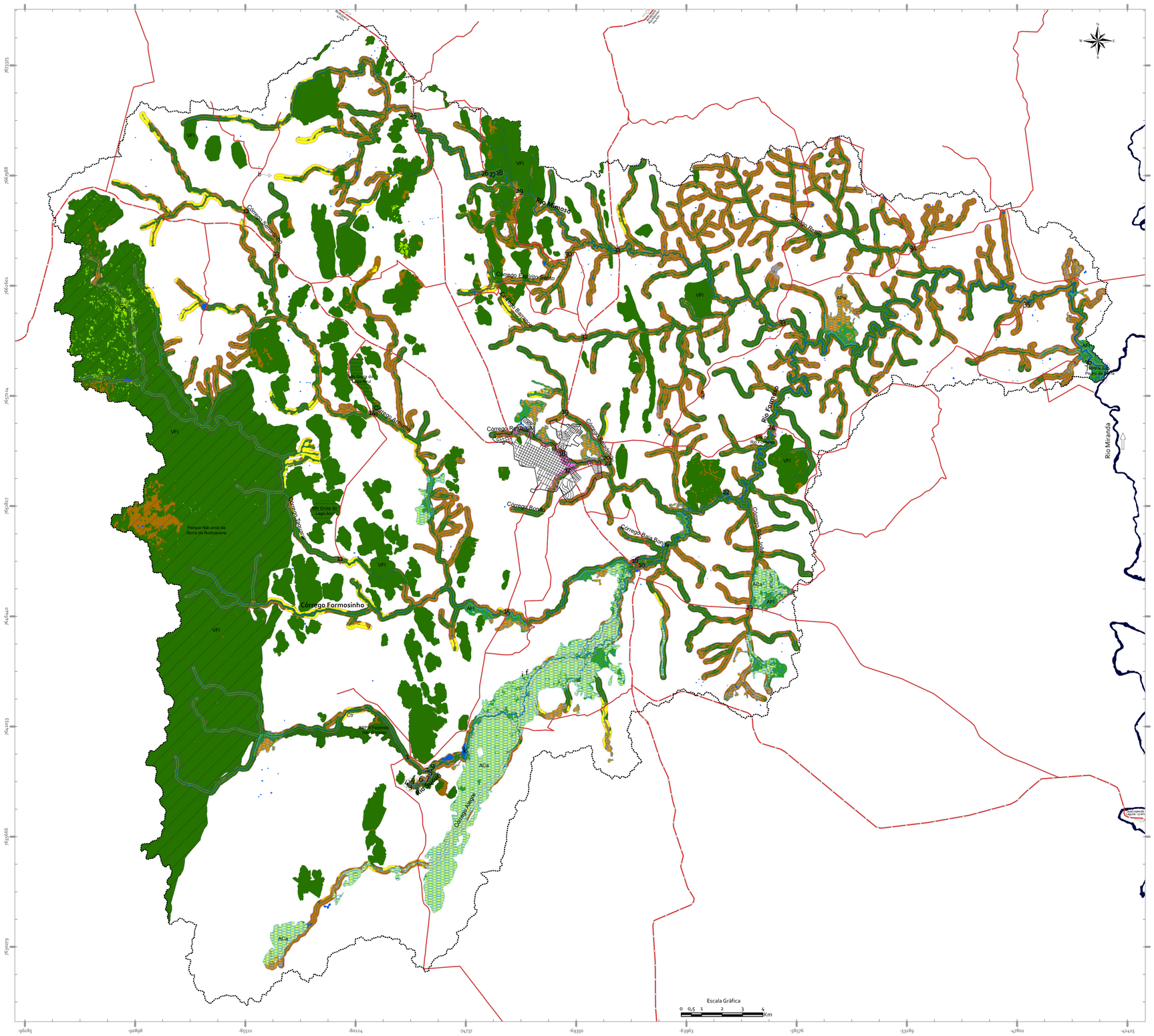
Neste hiato de 33 anos, muitas modificações foram evidenciadas na BHRF, desde o avanço das culturas na década de 80 e, posteriormente, o declínio dessas áreas em contrapartida à pecuária na década de 90 e na última década, além do avanço das lavouras para a produção para o mercado global de *commodities.* Logo, o ano de 2017 evidenciou essa série de alterações no uso e cobertura das terras, sobretudo com relação à vegetação florestal, pastagem e culturas, porém, algumas questões vão ser mais fortemente debatidas no item seguinte, mas a criação do PARNA da Serra da Bodoquena, as áreas de RPPN's e MNE's que existem na BHRF, foram incorporadas a partir do ano de 1998 e trouxeram avanços significativos no sentido de preservação, conservação e recuperação ambiental.

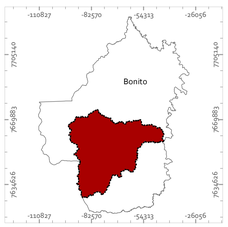
Uso e Cobertura das Terras nas áreas restritas legalmente na BHRF

O uso e cobertura das terras nas áreas protegidas diz respeito à restrição legal, seja por meio da utilização do Código Florestal (Lei 12.651/2012), como também da Lei nº 1.871, de 15 de julho de 1998, Lei nº 2.223, de 11 de abril de 2001, Lei Orgânica do Município de Bonito, de 05 de abril de 1990 e outras legislações, decretos e deliberações que abarcam as UC's.

Estas áreas protegidas abrangem o PARNA da Serra da Bodoquena; a Reserva Particular do Patrimônio Natural de São Pedro da Barra; a Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda São Geraldo; o Monumento Natural Estadual do Rio Formoso; o Monumento Natural Estadual da Gruta do Lago Azul; além das áreas de APP's expressas pelas legislações supracitadas e as faixas de proteção especial (Figura 35 e Tabela 3).

FIGURA 35: USO E COBERTURA DA TERRA NAS ÁREAS PROTEGIDAS PELA LEGISLAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL – BRASIL, EM 2017





Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Uso e Cobertura da Terra:
Sentinels Scientific Data Hub - Copernicus
Imagens do Satélite Sentinel 2A, bandas 2, 3 e 4, órbita 135, ponto 103, datadas de 15/03/2017.
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

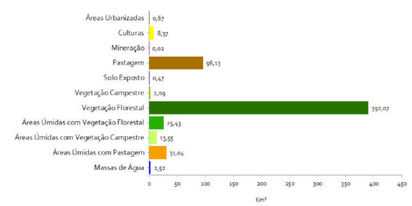
Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

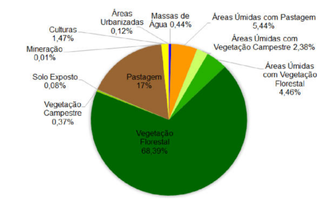
Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

Legenda

I - Classes de Uso e Cobertura da Terra	Descrição dos Classes de Uso e Cobertura da Terra	Pontos Representativos
Urb Áreas Urbanizadas Áreas de Abrangência Km² % 0,67 0,12	As áreas urbanizadas correspondem aos aglomerados urbanos, bem como, sede de fazendas ao longo de toda a BHRF, sobretudo no baixo curso. Nas áreas de APPs foram encontradas áres urbanizadas em atrativos turísticos ao longo da BHRF, bem como, no perímetro urbano de Bonito, nas APPs dos córregos Saladeiro, Restinga e Bonito.	a) Coordenadas: 21K 551205 7661669 UTM Data: 08/12/2016
Ctr Culturas Áreas de Abrangência Km² % 8,37 1,47	As culturas foram encontradas em APPs, somento na região oeste da BHRF, principalmente nas áreas da sub-bacia hidrográfica do córrego Serradinho.	b) Coordenadas: 21K 539479 7678295 UTM Data: 07/12/2016
Min Mineração Áreas de Abrangência Km² % 0,02 0,00	Nas áreas de mineração foi possível apontar que estas adentram as áreas restritas legalmente somente nas proximidades dos pontos 10 e 16 de monitoramento da qualidade das águas. Porém, destaca-se que não são nas APP's e sim na Faixa de Proteção Especial.	c) Coordenadas: 21K 557185 7658049 UTM Data: 16/12/2018
Pas Pastagem Áreas de Abrangência Km² % 96,13 16,85	As pastagens adentram até as APPs, principalmente no baixo curso da BHRF, onde essas pastagens são predominantes e, por haver muitos mananciais, as propriedades rurais, por muitas vezes, permitem a chegada do gado até esses mananciais, trazendo consequências negativas aos mananciais hídricos, podendo ser expressas na qualidade das águas do córrego Retiro, o pior enquadramento dentre todos os pontos de análise das águas.	d) Coordenadas: 21K 560583 7666659 UTM Data: 16/12/2018
SoE Solo Exposto Áreas de Abrangência Km² % 0,47 0,08	O solo exposto são poucas áreas em que é possível notar sua entrada nas APPs. Isso ocorre apenas em áreas de estradas, bem como, em áreas de morros residuais do médio e baixo curso. Sendo necessário uma preocupação a mais, pois o solo descoberto traz aos mananciais uma quantidade de sedimentos, alterando toda a qualidade das águas superficiais.	e) Coordenadas: 21K 560637 7666636 UTM Data: 16/12/2018
VCa Vegetação Campestre Áreas de Abrangência Km² % 2,09 0,37	A vegetação campestre foi encontrada nas áreas protegidas pelo código florestal, principalmente no Parque Nacional da Serra da Bodoquena, bem como em morros residuais que possuem declives acima de 45%.	f) Coordenadas: 21K 551508 7653386 UTM Data: 08/12/2016
VFl Vegetação Florestal Áreas de Abrangência Km² % 390,07 68,39	A vegetação florestal foi encontrada ao longo de toda a BHRF, mostrando a importância da criação das unidades de conservação, monumento natural estadual e das reservas particulares do patrimônio natural, visto que, os valores elevados encontrados se devem a criação dessas unidades.	g) Coordenadas: 21K 544714 7666453 UTM Data: 19/12/2018
AFl Áreas Úmidas com Vegetação Florestal Áreas de Abrangência Km² % 25,43 4,46	As áreas úmidas que tem por característica uma vegetação florestal, é encontrada ao longo de toda BHRF, principalmente nas proximidades com o rio Formoso, tanto no alto, médio e baixo curso e, sobretudo, no banhado do rio Formoso, importate refúgio da vida silvestre da região.	h) Coordenadas: 21K 555175 7667318 UTM Data: 14/03/2017
ACa Áreas Úmidas com Vegetação Campestre Áreas de Abrangência Km² % 13,55 2,38	As áreas úmidas com vegetação campestre são encontradas, principalmente, no banhado do rio Formoso, adquirindo um papel importante no equilíbrio da BHRF, visto que, são caracterizadas por uma vegetação natural.	i) Coordenadas: 21K 551215 7651465 UTM Data: 08/12/2016
APa Áreas Úmidas com Pastagem Áreas de Abrangência Km² % 31,04 5,44	As áreas de pastagens com solos hidromórficos são encontradas principalmente no baixo curso da BHRF, que já são áreas antropizadas, usadas sobretudo para a criação de gado de corte.	j) Coordenadas: 21K 579392 7667480 UTM Data: 07/12/2016
Massas de Água Áreas de Abrangência Km² % 2,52 0,44	As massas de água são caracterizadas por toda a rede de drenagem da BHRF, seja o rio Formoso, Mimoso e Sucuri e o córrego Formosinho que são as maiores massas de água encontradas, bem como, os afluentes perenes e temporários, além das hidrografias represadas que apresentam, em alguns casos, extensas massas hídricas.	k) Coordenadas: 21K 548410 7645994 UTM Data: 16/03/2017





II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Rio Miranda
- Área de Preservação Permanente
- Faixa de Proteção Especial
- Parque Nacional da Serra da Bodoquena
- Reserva Particular do Patrimônio Natural
- Monumento Natural Estadual
- Áreas Úmidas/ Veredas com mais de 50 metros de largura

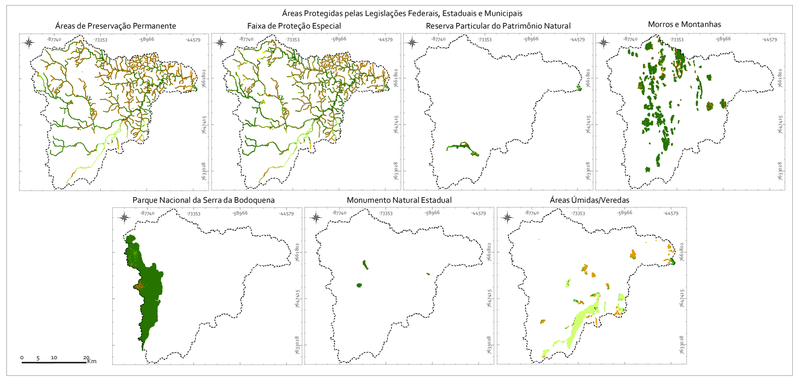


Tabela 3: Dados do uso e cobertura das terras nas áreas protegidas pela legislação na BHRF, em 2017.

Classes	Áreas de Preservação Permanente		Faixa de Proteção Especial		Reserva Particular do Patrimônio Natural: •RPPN Fazenda São Geraldo •RPPN São Pedro da Barra		Encostas ou partes destas com declividade superior a 45º e/ou Tipos de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25º		Parque Nacional da Serra da Bodoquena		Monumento Natural Estadual •MNE Gruta do Lago Azul •MNE Rio Formoso		Veredas, com largura mínima de 50 metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado		Total das Áreas Protegidas pela Legislação	
	•Lei nº 12.651/2012; •Lei Orgânica do Município, desde 05 de abril de 1990;		•Lei nº 1.871/1998;		•SEMA/MS por meio da Deliberação do CECA n° 003/1998. (MATO GROSSO DO SUL, 1998); •CECA/MS, no 4 de 11 de julho de 2003. (MATO GROSSO DO SUL, 2003);		• Lei nº 12.651/2012;		•Decreto sem número de 21 de setembro de 2000 (BRASIL, 2000);		•Decreto 10.394 de 11 de junho de 2001 (MATO GROSSO DO SUL, 2001); •Decreto 11.453 de 23 de outubro de 2003 (MATO GROSSO DO SUL, 2003);		•Lei nº 12.651/2012;			
	Observações •**Proibido:** -Todos os usos que desmatem, descaracterizem e degradem o meio ambiente; •**Permitido:** Atividades recreativas; -Ecoturismo; -Atividades de Educação; -Pesquisas Científicas -Todas estas, desde que sejam autorizadas pelo órgão ambiental responsável.		Observações •**Proibido:** -Atividades de agricultura; -Extração de madeira; -Indústria de qualquer tipo e porte; -Extração mineral de qualquer substância; -Criação de pequenos animais. •**Permitido:** -Pecuária; -Apicultura -Ecoturismo: desde que apresenta um competente licenciamento ambiental.		Observações •**Proibido:** -Todos os usos que desmatem, descaracterizem e degradem o meio ambiente; •**Permitido:** -Atividades recreativas; -Ecoturismo; -Atividades de Educação; -Pesquisas Científicas -Todas estas, desde que sejam autorizadas pelo órgão ambiental responsável.		Observações •**Proibido:** -Todos os usos que desmatem, descaracterizem e degradem o meio ambiente; •**Permitido:** -Atividades recreativas; -Ecoturismo; -Atividades de Educação; -Pesquisas Científicas -Todas estas, desde que sejam autorizadas pelo órgão ambiental responsável.		Observações •**Proibido:** -Todos os usos que desmatem, descaracterizem e degradem o meio ambiente; •**Permitido:** -Pesquisas científicas; -Atividades de educação e interpretação ambiental; -Recreação em contato com a natureza; -Turismo ecológico.		Observações •**Proibido:** -Todos os usos que desmatem, descaracterizem e degradem o meio ambiente; •**Permitido:** -Atividades recreativas; -Ecoturismo; -Atividades de Educação; -Pesquisas Científicas -Todas estas, desde que sejam autorizadas pelo órgão ambiental responsável.		Observações •**Proibido:** -Todos os usos que desmatem, descaracterizem e degradem o meio ambiente; •**Permitido:** -Atividades recreativas; -Ecoturismo; -Atividades de Educação; -Pesquisas Científicas -Todas estas, desde que sejam autorizadas pelo órgão ambiental responsável.			
	Área (km²)	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**
Áreas Urbanizadas	0,03	0,03	0,63	0,39	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,12
Culturas	1,04	1,18	7,31	4,53	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	8,37	1,50
Mineração	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Pastagem	18,57	21,08	71,54	44,30	0,27	4,68	1,87	1,75	3,80	2,48	0,08	2,88	0,00	0,00	96,13	17,23
Silvicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Solo Exposto	0,13	0,15	0,32	0,20	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,08
Vegetação Campestre	0,13	0,15	0,19	0,12	0,00	0,00	0,19	0,18	1,58	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	2,09	0,37
Vegetação Florestal	59,22	67,23	70,84	43,87	4,42	76,60	104,89	98,00	148,02	96,44	2,68	96,40	0,00	0,00	390,07	69,93
Áreas Úmidas com Vegetação Florestal	3,94	4,47	4,04	2,50	1,05	18,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,36	16,25	15,39	2,76
Áreas Úmidas com Vegetação Campestre	2,08	2,36	5,39	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,97	71,44	35,44	6,35
Áreas Úmidas com Pastagem	0,90	1,02	1,10	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,62	11,80	6,62	1,19
Massas de Água	2,05	2,33	0,10	0,06	0,03	0,52	0,04	0,04	0,09	0,06	0,02	0,72	0,19	0,49	2,52	0,45

Org.: Elaborado pelo autor.

A análise do mapa de legislação ambiental iniciou com a compreensão dos usos atuais nas APP's diante do que é permitido, como atividades recreativas, ecoturismo, atividades de educação e pesquisas científicas. Logo, percebeu-se que ao longo das APP's existem conflitos, pois apesar de possuir algumas questões permitidas pela legislação, o fato é que esta restringe totalmente qualquer uso que desmate, descaracterize e degradem o meio.

Então, foram encontradas áreas urbanizadas, mas ainda em pequenas porções na sede municipal de Bonito, em que existe um despejo de resíduos sólidos como o lançamento de produtos químicos e esgotos domésticos. Ainda é possível identificar, no córrego Restinga por exemplo, que existem algumas residências no entorno do córrego e utilizam suas águas para lazer e para o consumo humano e/ou doméstico, além de não respeitar a distância exigida por lei para proteção de córregos. Além disso, diversos atrativos turísticos utilizam as APP's para seus empreendimentos, porém, possuem formas de compensação ambiental e licenciamento para que possam operar sobre essas áreas, o que reduz os impactos trazidos pelas atividades turísticas, que também são exercidas na faixa de proteção especial.

Outro fato a se destacou nessas APP's foi a chegada de culturas que adentram às margens dos mananciais e não respeitam as restrições legais de 50 metros descritas em Brasil (2012), sobretudo aqueles tributários temporários do alto e médio curso da BHRF. Apesar de não ser uma extensão tão agravante, pois abrange apenas 1,04 km² de suas terras, no entanto, atingem diretamente algumas nascentes, o que reduz a perenidade de seus cursos fluviais.

O maior destaque negativo ficou por conta dos 18,57 km² de pastagens que adentram às APP's, já que muitas delas não apresentam qualquer tipo de manejo das terras. Essas pastagens necessitam de uma recuperação e reabilitação, o que foi tratado no zoneamento ambiental como essencial para a manutenção da perenidade dos mananciais, visto que boa parte dessas pastagens adentram as margens de afluentes da BHRF, com maiores problemas nos tributários temporários de afluentes do rio Formoso.

Por outro lado, há de se destacar que, se contar os remanescentes nativos da bacia hidrográfica, que totalizou cerca de 74% das APP's que ainda permanecem preservadas ao longo dos 50 metros em cada margem dos mananciais da BHRF. Isso se torna um "alívio" para a manutenção de uma qualidade aceitável dos mananciais, por se tratar de uma barreira natural contra problemas gerados pelas atividades antrópicas, no entanto, é importante que toda a sua extensão permaneça preservada e que os conflitos sejam recuperados mediante a recomposição vegetal.

Ainda inserido em Brasil (2012), as áreas de veredas também representam áreas protegidas segundo o Código Florestal, mas se trata de regiões úmidas com largura mínima de 50 metros, tanto o banhado do rio Formoso, quanto as áreas próximas ao córrego Alegre ou nas proximidades dos recursos hídricos do médio e baixo curso.

Nestas áreas úmidas se destacam duas questões básicas. A primeira delas é problemática, com a presença de pastagens que adentram esses terrenos e já definem uma alteração da vegetação nativa e, consequentemente, na paisagem. Por se tratar de regiões com grande capacidade hídrica que, com a presença das pastagens, perdem essa potencialidade, o que afeta diretamente os recursos hídricos da região. Isto posto, essas áreas úmidas abrangem 4,62 km², dispersos ao longo do médio e, principalmente baixo curso da BHRF, sobretudo nas proximidades da confluência do rio Mimoso com o rio Formoso.

Já a outra questão diz respeito à extensão dos remanescentes nativos nestas regiões de veredas, que alcançaram cerca de 87% de vegetação preservada. Tais números só permaneceram elevados pelas áreas de banhado que, por mais que padeçam diante do avanço das culturas, ainda permaneceram intactas. Pode-se citar inúmeros benefícios que essa preservação do banhado traz ao equilíbrio da BHRF. O banhado do rio Formoso se apresenta sobre rochas da formação Serra da Bodoquena e gleissolos háplicos ta eutróficos, seu relevo extremamente aplainado favorece a permanência de água em períodos secos, o que auxilia na recarga de aquíferos, detenção de nutrientes, manutenção da biodiversidade e domínio sobre a turbidez dos recursos hídricos, fazendo com que a Fundação Neotrópica do Brasil - FNB (2016) priorize a preservação de suas terras úmidas, o que mantém o refúgio de espécies silvestres e migratórias, até algumas em risco de extinção.

As áreas protegidas legalmente ante a faixa de proteção especial. Destaca-se, por meio da Lei nº 1.871/1998 que, após os 50 metros de APP's, estende-se a FPE por mais 100 metros em cada margem, o que permite alguns usos mais intensivos e é definida apenas como uma transição entre o uso intensivo das superfícies da BHRF e as regiões de vegetações nativas e/ou protegidas legalmente.

Com isso, percebeu-se que 44,30% da faixa de proteção abrangem pastagens, números elevados se comparados com as vegetações florestais, que abarcam 43,87%. Logo, por mais que a

legislação permita o uso de pastagens nessas faixas, deve-se tomar certos cuidados acerca do manejo dessas pastagens, pois a redução do porte da vegetação facilita o escoamento superficial, além de promover uma maior desagregação do solo, que em alguns casos, como na nascente e nas margens de alguns mananciais, provocam alterações nos padrões de quantidade e qualidade das águas superficiais.

Outro destaque relevante é que as culturas compreenderam 7,31 km² dessa faixa, o que é proibido por lei, e necessitam de alteração total de seus usos atuais, seja por meio da recomposição vegetal ou plantação de pastagens e gramíneas para permanecerem em pousio. Essas culturas estão localizadas, sobretudo, na região noroeste, onde ocorre boa parte dos conflitos até às APP's. Os rios Mimoso e Sucuri são exemplos claros, pois possuem todo o entorno de suas nascentes tomados por culturas na faixa de proteção especial e isso altera os recursos hídricos.

Com relação às encostas ou parte destas com declividade superior a 45% e/ou tipos de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25º, que na BHRF se apresenta, quase que em sua totalidade, por morros residuais espalhados por toda a bacia hidrográfica, foi considerada a mais preservada dentre todas as áreas protegidas legalmente, pois alcançaram notáveis 98% de suas terras com remanescentes nativos.

O entorno destes morros residuais aponta para as culturas adentrando até o tálus desses morros, o que causa uma pressão sobre a vegetação florestal, contudo, ainda permaneceram em conformidade com a legislação. Já as pastagens alcançaram um total de 1,87 km², número reduzido, mas ainda assim, foram diagnosticadas algumas erosões nessas terras, sobretudo por se tratar de vertentes com declive acentuado, sem qualquer tipo de manejo e, em alguns locais, com criação de gado, vegetação baixa e declive, fatores estes que elevam a propensão à possíveis erosões.

Por outro lado, o PARNA da Serra da Bodoquena, criado, segundo Brasil (2000), pelo decreto sem número de 21 de setembro de 2000, que auxilia na preservação de seus padrões originais, tem a principal finalidade de preservar os sistemas ambientais naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, e que possibilita realizar pesquisas científicas, desenvolver atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. Essa UC abrange ma área de 764,81 km² de extensão, destes, 153,49 km² estão localizados nos limites da BHRF.

O que se mostra preocupante é que a pressão exercida sobre o PARNA ocorre em praticamente toda sua borda leste, porém, por meio do mapeamento das áreas protegidas, foi possível apontar que as culturas não adentram a área delimitada do parque (Figura 36). O mesmo não pode se dizer sobre as pastagens. Essas pastagens abrangem um total de 3,80 km², número reduzido, mas que não é permitida pela legislação. São encontradas no extremo oeste da BHRF, em uma área desmatada inserida no PARNA da Serra da Bodoquena, porém, de acordo com algumas imagens de satélite utilizadas, foi possível notar, que esse desmatamento começou a ser realizado antes da criação do parque na década de 2000, entretanto, não foi recuperado até o presente momento.

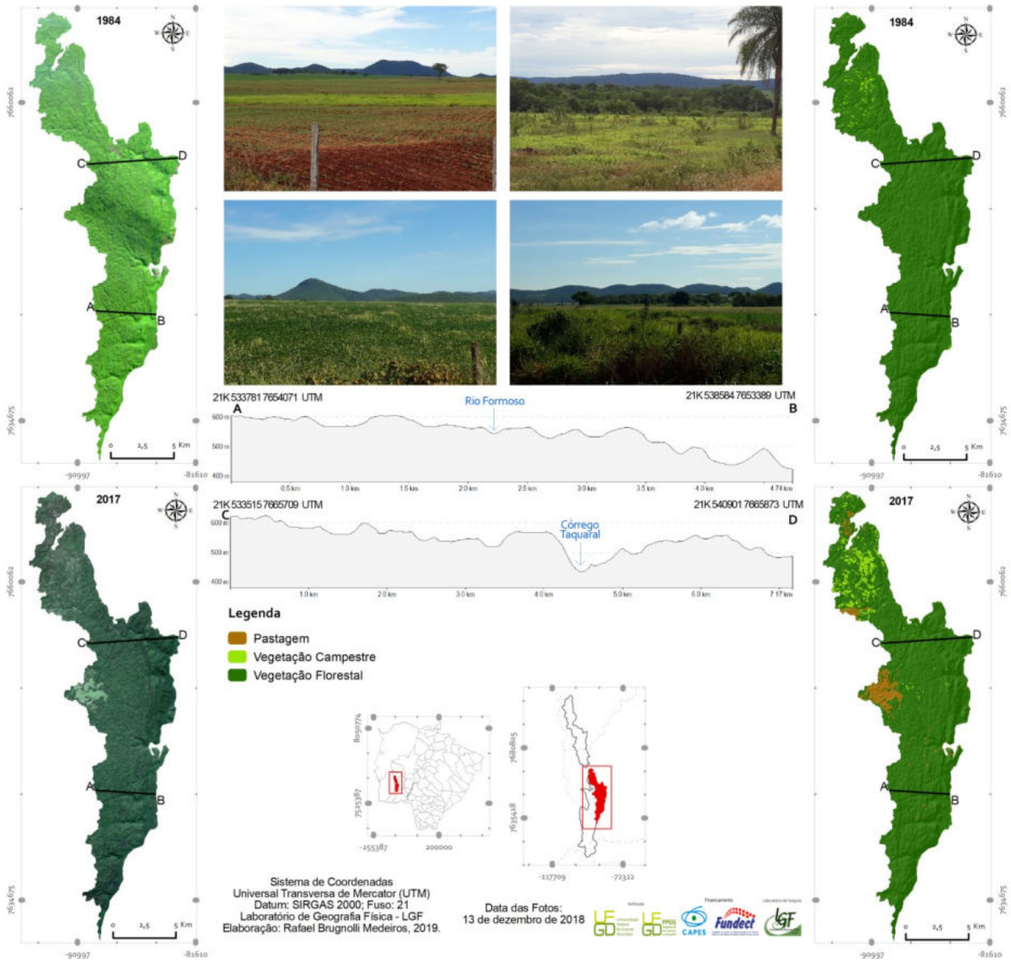


Figura 36: PARNA da Serra da Bodoquena (ao fundo) com avanço das pastagens, como pode ser visto na carta imagem (esquerda) e classificação do uso das terras (direita).

Apesar de avanços no que se diz respeito à sua preservação, essas regiões desmatadas do PARNA da Serra da Bodoquena devem ser realizadas recomposições vegetais, o que proporcionaria um retorno de suas características naturais. Essas porções de vegetação nativa, por sua vez, se apresentaram como a maior abrangência, sobretudo diante das vertentes declivosas dos pavimentos cársticos da serra, que alcançam 96,44% do total do PARNA e cumprem o que demanda a lei.

Nesta premissa, tanto a criação do PARNA no ano de 2000, como as reservas e as áreas de monumento natural estadual, favoreceram a permanência das vegetações nativas. Com relação aos MNE's, estas UC's estaduais foram criadas mediante a perspectiva de preservação, com duas porções na BHRF: o Monumento Natural Estadual da Gruta do Lago Azul e Monumento Natural Estadual do Rio Formoso. O primeiro deles é o Monumento Natural Estadual da Gruta do Lago Azul que, segundo Mato Grosso do Sul (2001), foi criado pelo decreto 10.394 de 11 de junho de 2001, com a principal finalidade de proteger as grutas que compõem o complexo de cavernas da serra da Bodoquena, com grande beleza e diversidade de registros geológicos, geomorfológicos, paleontológicos, espeleológicos e biológicos.

Somado ao MNE da Gruta do Lago Azul, existe, na BHRF, o MNE do Rio Formoso, criado por meio do decreto 11.453 de 23 de outubro de 2003 (MATO GROSSO DO SUL, 2003), que visa a preservação de ambientes com propriedades bióticas e abióticas naturais singulares, favorece a pesquisa científica e a educação ambiental, protege as belezas cênicas existentes e propicia o ecoturismo e a recreação, desde que ocorra uma compatibilidade com a manutenção ambiental.

A criação desde monumento natural, anteriormente chamado de Ilha do Padre, se fez necessária, já que este se encontrava ameaçado e atualmente opera como um atrativo turístico com balneário, trilhas com muitas cachoeiras, boa infraestrutura e recebe turistas diariamente. Entretanto, destaca-se que sua primordial função é a proteção das matas nativas e das tufas calcárias que formam as cachoeiras e corredeiras existentes no rio Formoso, que são um dos principais atrativos de Bonito.

Esses MNE's têm por decreto proibir todos os usos que degradem e desmatem o meio, pois permitem apenas atividades recreativas, ecoturismo e pesquisas científicas, desde que sejam autorizadas pelo órgão ambiental responsável. Portanto, a manutenção desses locais é primordial, assim como uma série de questões de segurança que precisam ser adotadas, além da entrada apenas com guia local e que sejam seguidas as normas descritas no plano de manejo.

Diante dessas unidades de conservação, tanto o MNE da Gruta do Lago Azul, como o MNE do Rio Formoso (Figura 37), diversos fragmentos florestais ainda permanecem intactos. Porém, é necessário advertir que o avanço das atividades antrópicas pela cultura da soja, somadas às vastas pastagens, trazem problemas ambientais que necessitam e devem ser considerados, sobretudo ao tratar-se de um zoneamento ambiental, como o caso desta pesquisa.

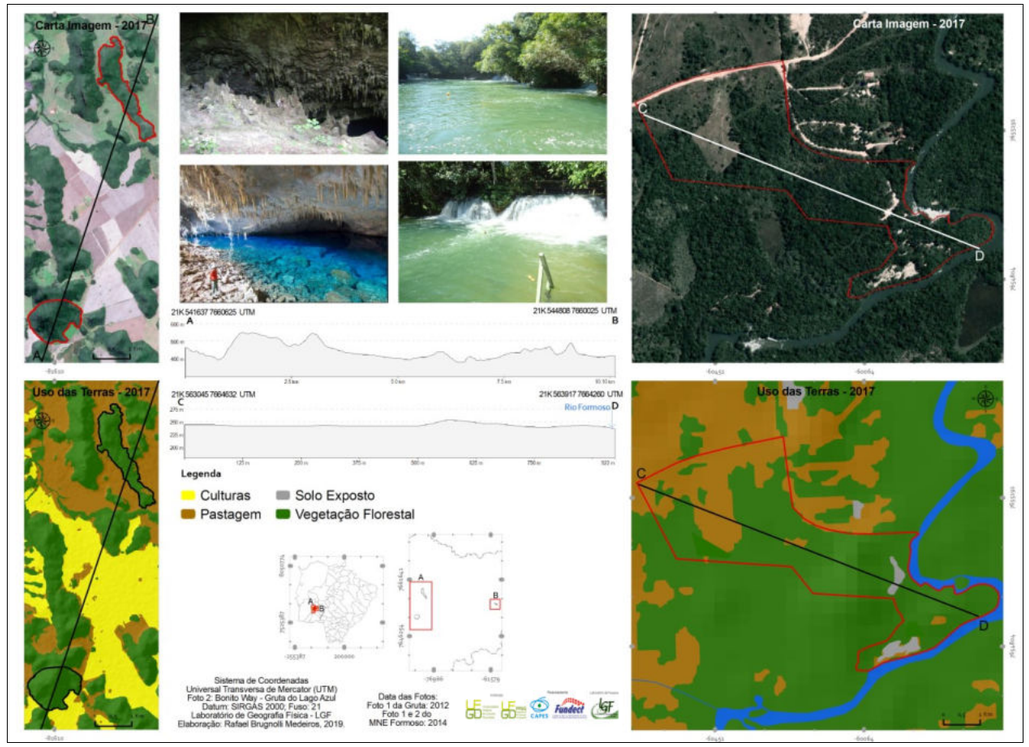


Figura 37: MNE Gruta do Lago Azul (esquerda) e o MNE Rio Formoso (direita), com seus usos atuais dentro dos limites e em seus entornos.

Diante do exposto, nota-se que 96% das porções delimitadas das MNE's estão preservadas com vegetação nativa florestal, o que mostra justamente a importância destas para a preservação. Entretanto, é preciso destacar alguns problemas, como a entrada de pastagens que alcançam 2,88%, bem como, a pressão externa das culturas sobre o MNE Gruta do Lago Azul, mesmo que ainda não tenham adentrado em seus limites, mas já tem o seu entorno tomado por lavouras. O que favorece a não entrada das lavouras e pastagens nos limites do MNE citado é a declividade existente e a

atratividade turística, que se tornam importantes aliadas do meio ambiente, sobretudo por necessitar deste para sua rentabilidade.

Por fim, existem duas RPPN's na BHRF: a primeira é da Fazenda São Geraldo e a segunda denominada São Pedro da Barra. Nessa área da fazenda São Geraldo, sua criação em 1998 trouxe avanços na manutenção da integridade do sistema fluvial do rio Sucuri, um dos mais famosos e importantes mananciais dessa bacia hidrográfica, bem como do próprio rio Formoso e seu entorno.

Por meio da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos hídricos de Mato Grosso do Sul - Sema/MS e também da Deliberação do Conselho Estadual de Controle Ambiental (CECA) n° 003/1998, foi criada essa RPPN, que além de proteger os recursos naturais, está atrelada ao desenvolvimento de pesquisas científicas, educação ambiental e do turismo ecológico. A RPPN Fazenda São Geraldo fica cerca de 20 km da sede municipal de Bonito, por meio da estrada vicinal sentido sul e o que mais se mostra preocupante acerca dessa RPPN não é seu uso atual, pois grande parte dela está preservada com vegetações florestais, mas sim o seu entorno com porções extensas de lavouras, pastagens e mineração, com a extração do calcário extremamente puro da formação Serra da Bodoquena (Figura 38).

Já a outra RPPN é a São Pedro da Barra (Projeto Vivo), que foi criada em 1987, mas que passou a ser considerada como RPPN a partir da decisão do Conselho Estadual de Controle Ambiental- CECA/MS, nº 4 de 11 de julho de 2003. Essa unidade auxilia na recuperação e proteção das matas ciliares ao longo do rio Formoso, sobretudo próximo a sua foz, ao longo de seus 0,88 km² e está situada a cerca de 30 km da sede municipal de Bonito, na estrada vicinal sentido leste, que evidencia rochas inconsolidadas dos depósitos aluvionares e diversos afloramentos da formação Aquidauana, sobrepostos em gleissolos recobertos por vegetação florestal. Fato este, que determina sua importância frente ao avanço das pastagens no entorno desta RPPN, bem como nos vários pontos em que ocorre o solapamento das margens do rio Formoso, resultado da má conservação dos solos (Figura 38).

Nota-se, portanto, que nas RPPN's predominou-se amplamente a manutenção da vegetação florestal, seja ela de ambientes úmidos ou não, que alcançaram um total de 94,8% da área de RPPN na bacia hidrográfica. Estes números comprovaram a eficiência das UC's, entretanto, seu entorno causa preocupação diante do avanço antrópico, uma vez que já foi constatado 4,68% de pastagens que adentraram às RPPN's.

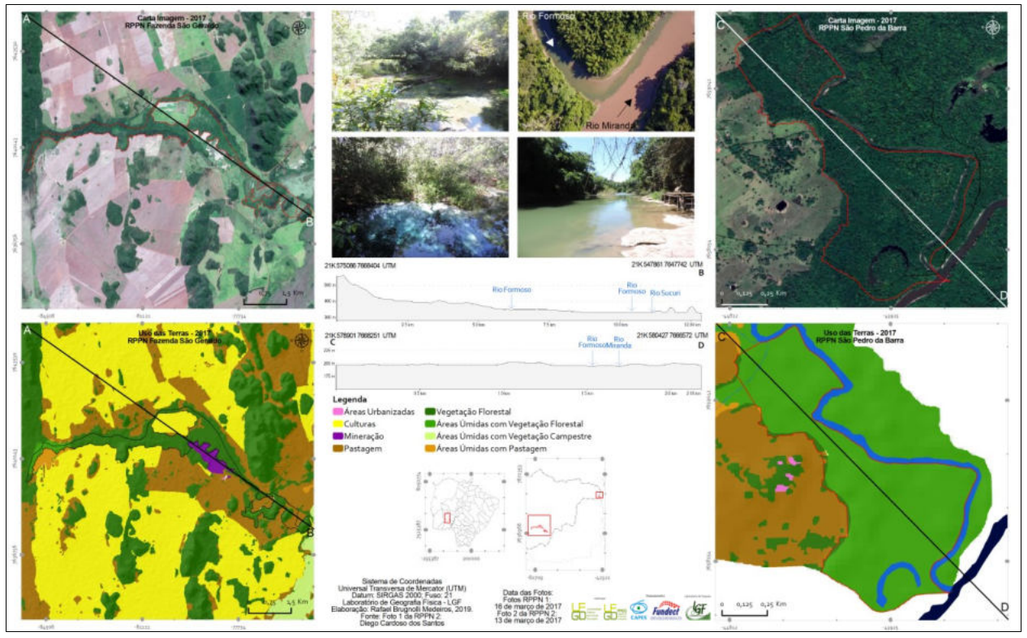


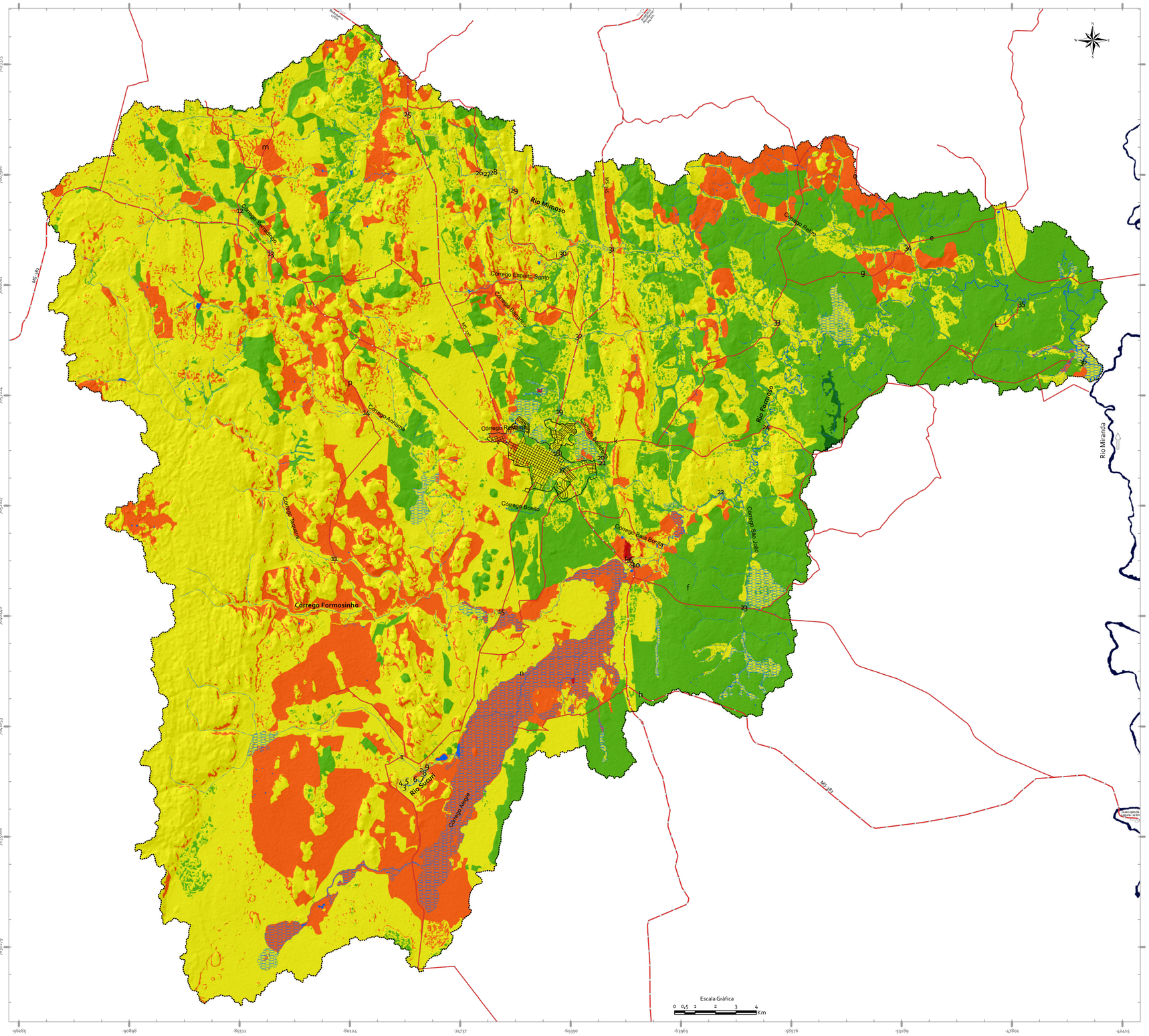
Figura 38: RPPN Fazenda São Geraldo (esquerda) com o avanço das lavouras em seu entorno e a RPPN São Pedro da Barra (direita) com o avanço das pastagens próximas.

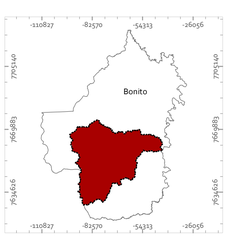
Com tais explanações, observou-se que em geral, a BHRF apresenta relevantes porcentagens de vegetação nativa ainda preservada nas áreas protegidas pela legislação, com um total de 79,41%. O restante está dividido, com ênfase nas pastagens e culturas, principalmente nas APP's. Portanto, a implantação das UC's, a partir da década de 1990, alavancou a preservação da BHRF, sobretudo no que diz respeito à recuperação de áreas, como o caso da RPPN São Pedro da Barra.

Fragilidade Ambiental da BHRF

A avaliação da fragilidade ambiental da BHRF (Figura 39), pautou-se na interação dos componentes (rochas, precipitação, relevo, solos e uso e cobertura das terras) e visou um retrato concreto e satisfatório do estado real da fragilidade desta bacia hidrográfica perante os processos erosicionais. Diante dessa avaliação, foi possível definir algumas restrições quanto ao uso de suas terras, bem como auxiliar na definição das UP's, cada qual com sua restrição, fragilidade, potencialidade e conflitos.

FIGURA 39: FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL





Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

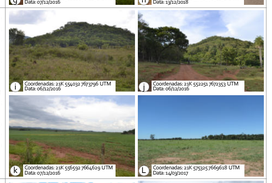
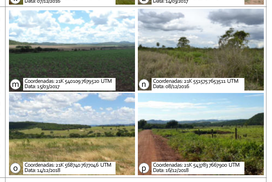
Fonte de Dados: Fragilidade Ambiental: CPRM (2006); Sallun Filho et al. (2004); Campana et al. (2011); SIBCS (2013); Ross (1994,); Crepani et al. (2001); Zavatinni (2009); Spridonov (1981); Mendes (1993); IBGE (2013);
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

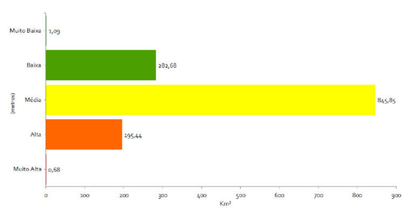
Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

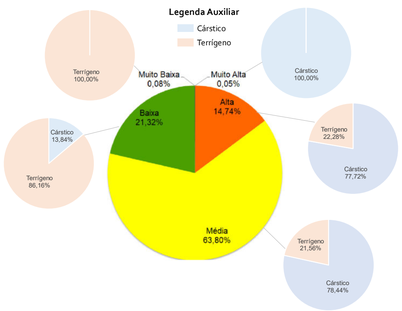
Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Legenda

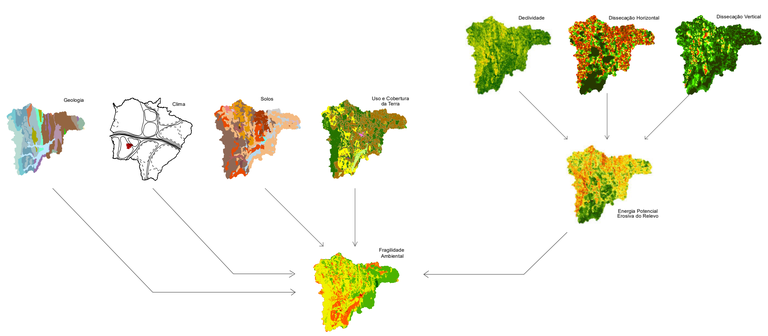
I - Fragilidade Ambiental	Componentes Físicos	Uso e Cobertura das Terras	Descrição da Área	Pontos Representativos
Muito Baixa Áreas de Abrangência Km² % 1,09 0,08	Rochas: Formação Rio Bacuri. Declividade: 3,01% a 20,00%. Dissecação Horizontal: 0 a 1.500 metros. Dissecação Vertical: 0 a 40 metros. Energia Potencial Erosiva do Relevo: Muito suave a suavemente fraca. Solos: Latossolo vermelho distrófico.	Vegetação Florestal	Setor da BHRF onde a fragilidade é muito reduzida, com solos profundos e bem drenados recobertos por uma vegetação florestal que protege o solo. Tais setores são encontrados nas proximidades com a estrada vicinal sentido foz do rio Formoso, a sudeste da BHRF, em áreas onde ocorrem afloramentos de xistos grafitosos da Formação Rio Bacuri, somado a isso, seu relevo favorece a baixa propensão aos processos erosivos.	a Coordenadas: 23K 586086 7661850 UTM Data: 06/12/2016; b Coordenadas: 23K 587763 7664257 UTM Data: 13/12/2016; c Coordenadas: 23K 587112 7664200 UTM Data: 13/12/2016; d Coordenadas: 23K 587511 7664226 UTM Data: 13/12/2016
Baixa Áreas de Abrangência Km² % 282,68 21,32	Rochas: Todas as formações geológicas. Declividade: 0,00% a 45,00%. Dissecação Horizontal: Todas as classes encontradas. Dissecação Vertical: Todas as classes encontradas. Energia Potencial Erosiva do Relevo: Muito suave a média. Solos: Todos os nitossolos, latossolos e plintossolos.	Vegetação Florestal Silvicultura Pastagem Culturas	A fragilidade baixa apresenta dois setores bem definidos, o primeiro com característica cárstica onde ocorre um predomínio de declives suave ondulados com latossolos, apesar da mesma apresentar característica frágil pelas rochas, grande parte delas são recobertas por vegetações florestais na região central e noroeste da BHRF. O segundo setor, o terrígeno, se apresenta com relevo aplainado a ondulado onde ocorre um predomínio de pastagens e poucas culturas sobre terrenos com latossolos, nitossolos e plintossolos na região central e leste da BHRF.	e Coordenadas: 23K 571305 7671899 UTM Data: 03/12/2016; f Coordenadas: 23K 559819 7677389 UTM Data: 03/12/2016; g Coordenadas: 23K 568886 7671292 UTM Data: 03/12/2016; h Coordenadas: 23K 557395 7652251 UTM Data: 13/12/2016
Média Áreas de Abrangência Km² % 845,85 63,80	Rochas: Todas as formações geológicas, com exceção feita à Formação Rio Bacuri. Declividade: Todas as classes encontradas, com exceção feita à classe de declives maiores que 75,01%. Dissecação Horizontal: Todas as classes encontradas. Dissecação Vertical: Todas as classes encontradas. Energia Potencial Erosiva do Relevo: Todas as classes encontradas. Solos: Todos os solos encontrados.	Áreas Urbanizadas Culturas Todas as vegetações em áreas úmidas Pastagem Vegetação Campestre Vegetação Florestal	Classe de fragilidade sem qualquer tipo de característica principal, apenas os destaques feitos aos setores cársticos, onde as culturas estão sobrepostas em latossolos e nitossolos com declive aplainado a suave ondulado. Já as pastagens abrangem setores com declives ondulados sobrepostos em chernossolos. Ainda nos setores cársticos, apesar de possuir terrenos fortemente ondulados, os mesmos são recobertos por vegetações florestais. Nos setores terrígenos ocorre uma variação significativa dos componentes físicos e antrópicos, não obtendo uma característica definida.	 i Coordenadas: 23K 574032 7677356 UTM Data: 06/12/2016; j Coordenadas: 23K 572125 7671393 UTM Data: 06/12/2016; k Coordenadas: 23K 578532 7664603 UTM Data: 07/12/2016; l Coordenadas: 23K 575325 7669818 UTM Data: 14/03/2017
Alta Áreas de Abrangência Km² % 195,44 14,74	Rochas: Depósitos Aluvionares; todas as rochas do Grupo Cuiabá e Grupo Corumbá; e Formação Serra da Bodoquena. Declividade: Todas as classes foram encontradas. Dissecação Horizontal: Todas as classes foram encontradas. Dissecação Vertical: Classes abaixo de 200 metros. Energia Potencial Erosiva do Relevo: Todas as classes foram encontradas. Solos: Todos os chernossolos; neossolo regolítico distrófico; todos os gleissolos; todos os nitossolos.	Culturas Todas as vegetações em áreas úmidas Mineração Pastagem Solo Exposto	Grande parte dos setores que abrangem essa classe ficaram dispostos em terrenos cársticos do grupo Corumbá e Formação Serra da Bodoquena, nessas áreas ocorre um predomínio das vegetações de áreas úmidas e culturas, que somado ao gleissolo e chernossolo, eleva a fragilidade. Por outro lado, observa-se que rochas terrígenas do grupo Cuiabá estão presentes, entretanto, nessas terras existem pastagens e um solo extremamente frágil, como o neossolo (principalmente) e chernossolo. Tais características são as que ficaram mais nítidas, pois o relevo não apresenta classes bem definidas de declive, dissecações e energia potencial erosiva do relevo.	 m Coordenadas: 23K 540109 7679530 UTM Data: 13/03/2017; n Coordenadas: 23K 551125 7671511 UTM Data: 08/12/2016; o Coordenadas: 23K 578740 7677048 UTM Data: 14/12/2016; p Coordenadas: 23K 574383 7667900 UTM Data: 16/12/2016
Muito Alta Áreas de Abrangência Km² % 0,68 0,05	Rochas: Formação Serra da Bodoquena. Declividade: 3,01% a maior que 75,01%. Dissecação Horizontal: 100 a 800 metros. Dissecação Vertical: 0 a 60 metros. Energia Potencial Erosiva do Relevo: Suavemente fraca a suavemente média. Solos: Gleissolo melânico ta eutrófico.	Mineração	Classe que diz respeito à área de mineração nas proximidades do córrego Formosinho, estando sobreposta em terrenos da Formação Serra da Bodoquena, com um relevo suave ondulado à ondulado, com energia potencial erosiva intermediária e solos frágeis como o gleissolo. Essas áreas, apresentam boa parte dos componentes ambientais com características frágeis que somado a um uso intensivo, traz uma fragilidade muito alta a esses setores da BHRF.	q Coordenadas: 23K 556918 7658845 UTM Data: 18/09/2017; r Coordenadas: 23K 557109 7658819 UTM Data: 06/12/2016





II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Avenidas e Ruas Municipais
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda



As feições existentes na BHRF são particulares e com características díspares na própria bacia hidrográfica, com porções muito frágeis que contrastam com áreas estáveis perante aos processos erosivos. Isso fez com que exista a necessidade da correlação de todos os componentes do meio físico, tanto para interpretação e análise das feições mais frágeis quanto pelos motivos principais que causaram sua fragilidade.

A classe Muito Baixa (1,09 km² de extensão) ostenta xistos grafitosos da formação Rio Bacuri, que possuem uma estabilidade elevada de seus minerais, como o quartzo e a grafita, além dos xistos exibirem uma alta resistência às ações do intemperismo. Tais qualidades favorecem uma estabilidade dos solos que os sobrepõe, principalmente se estes também apresentarem relativa estabilidade, assim como o latossolo vermelho. Outras rochas encontradas nesse grau de fragilidade são os filitos da subunidade Pelítica do grupo Cuiabá, que exibem um grau maior de fragilidade perante os processos erosivos, mas como são encontrados em terrenos aplainados e com vegetação florestal, favorecem assim, a proteção ao solo. Estes declives variam de 0 a 3%, com rampas alongadas, que também representam um terreno aplainado. Somado a esses fatos, a dissecação vertical apresentou-se em patamares altimétricos reduzidos, o que traduziu em uma energia potencial erosiva do relevo muito suave a suave.

Com isso, o solo supracitado apresenta-se em locais com proteção maior ao solo, como a vegetação florestal, seja ela em áreas úmidas ou não. O porte dessas vegetações, somado a sua densidade, trazem uma fragilidade muito baixa, o que reduz os possíveis problemas ambientais a médio e longo prazo, tanto que não foram encontrados problemas nessas porções. Nesses locais não são necessárias ações de controle erosivo, contudo, há de se destacar, que isso só ocorre devido à vegetação nativa existente, pois, caso ocorra a sua retirada, possivelmente as áreas já entrarão em outros graus de fragilidade, o que proporciona a necessidade de controle.

Já a classe Baixa (282,68 km² de abrangência na BHRF) possui uma outra dinâmica, sobretudo pela alteração das coberturas vegetais nativas. Compreende boa parte do baixo curso da bacia, por seus terrenos aplainados a suave ondulados, além de exibir rochas duras (alta resistência), caracterizadas pela baixa fragilidade como os arenitos da formação Aquidauana e os filitos, quartzitos e conglomerados das subunidades terrígenas do grupo Cuiabá, com seus minerais estáveis. É necessário destacar que essa classe de fragilidade proporciona uma grande variação dos elementos da paisagem, pois encontram-se em terrenos com vários tipos de rochas, solos, relevo e uso das terras. Apresenta, em sua maioria, terrenos com latossolos no baixo curso da BHRF, o que resulta em uma área altamente intemperizada, sobretudo pelas pastagens e falta de manejo dessas atividades. O que reduz a fragilidade são os declives pouco acentuados e rampas com baixas amplitudes que amortizam seu potencial erosivo.

Diante disso, percebe-se que a classe baixa ficou disposta no médio e baixo curso da BHRF, este último preponderante para determinar um aspecto básico dessas porções, que é o relevo aplainado a suave ondulado. Logo, cerca de 86% de sua abrangência ficaram dispostas em terrenos terrígenos, principalmente pela sua baixa fragilidade e pelos solos que estão sobrepostos. Porém, pequenas porções ficam dispostas em terrenos cársticos e, por mais que possuam fragilidade expressa pelas rochas, os solos e o relevo aplainado favorecem seu enquadramento nesta classe de fragilidade.

A classe Baixa apresenta poucas restrições quanto ao uso de suas terras, mas é preciso que sejam consideradas as características dos componentes físicos para determinar suas restrições. O pastoreio e agricultura estão aptos nessas terras, mas já necessitam de pequenas ações de controle erosivo, especialmente no sistema cárstico, que podem lidar com colapsos pela dissolução do calcário ao longo do tempo.

Já a classe Média possui 901,63 km², o que representa 63,80% do total da BHRF. Estes números, embora relevantes, não apontam uma situação clara a respeito dos componentes da paisagem. Tal classe é encontrada em todas as regiões da BHRF, principalmente no alto e médio curso. Muitas das pastagens que se apresentam nessa fragilidade, não possuem manejo de suas terras, bem como o pastoreio e o gado existente em algumas propriedades rurais pode causar pisoteamento, além de adentrar até as margens de alguns mananciais, o que pode assorear suas margens e deixar o solo desprotegido contra a ação pluvial.

Essa classe, diante de sua extensa área e heterogeneidade, está apta a diversos usos das terras, mas apresenta algumas restrições, como a necessidade de manejo intensivo nas regiões cársticas, principalmente em áreas de declive mais acentuado, áreas de pastagens e culturas de soja. Somado a isso, alguns de seus solos e rochas determinam essas aptidões e até impossibilitam seu uso em alguns casos, principalmente em declives acentuados acima de 45%, em que sua utilização é inibida devido ao Código Florestal (BRASIL, 2012) e a Lei nº 1.871 (MATO GROSSO DO SUL, 1998).

A classe Alta permanece com grande diversidade de componentes físicos, contudo é encontrada no alto e médio curso da BHRF, o que a ressalta, é sua ocorrência em culturas de soja e

milho e locais com declives acima de 20%, o que restringe o uso de suas terras. Estes setores apresentam algumas feições erosivas, sobretudo em locais em que os solos são rasos (como o neossolo), ocasionando assim, um transporte laminar que carrea sedimentos aos recursos hídricos devido a sua pouca porosidade e alta pedregosidade. Além disso, apresentam uma vegetação de porte baixo, com pastagens compactadas e, em alguns casos, o solo exposto é predominante.

A classe Alta apresenta diversas limitações quanto ao uso de suas terras, ainda que possuam solos férteis e profundos em alguns locais. Todavia, no momento em que é interpolada com os demais componentes físicos, tornam-se áreas com limitações expressas por características específicas, tais como a presença de rochas carbonatadas, que são erodidas mais rapidamente, pela presença dos aluviões do Quaternário, que possuem uma alta fragilidade e pelas altas declividades em locais como as bordas dos morros residuais e a borda oriental da serra da Bodoquena.

Essas características determinam algumas de suas limitações. Contudo, ocorrem, em uma grande extensão da borda oriental da serra da Bodoquena, as monoculturas de soja, que adentram com cada vez mais intensidade as regiões cársticas, pois além dos solos férteis (em sua maioria), os custos para a manutenção desses solos são menores, pois o calcário traz uma fertilidade natural, devido a sua composição, que auxilia no plantio comercial das culturas e somado ao declive reduzido, minimiza os custos para a recuperação desses solos.

Apesar dessa facilidade na mecanização e redução dos custos, pelos fatores supracitados, as fragilidades desses terrenos devem ser analisadas e ponderadas, pois a velocidade maior do calcário em sofrer colapsos e solapamentos é evidente. Sua dissolução é acelerada e traz à BHRF uma dinâmica particular, que evidencia a necessidade de um zoneamento ambiental e ordenamento físico-territorial competente e aplicável que abarque as características cársticas e as atuais condições de seus recursos hídricos.

Por fim, as áreas de fragilidade Muito Alta expõem características singulares, como os calcários puros e recentes da formação Serra da Bodoquena, que apresentam uma alta fragilidade devido à baixa estabilidade de seu mineral (calcita). Somado ao pouco tempo geológico para sua consolidação, o que foi consolidado (rochas brandas), como o travertino, tufa calcária e conglomerado com cimento calcífero, apresenta baixa resistência às ações do intemperismo.

É notório que nos setores da formação Serra da Bodoquena ocorre a mineração do seu calcário puro, tanto na fazenda São Geraldo (próximo ao rio Sucuri, no alto curso da BHRF), como também na mineração Bonito, próximo aos pontos 16 (córrego Formosinho) e 10 (balneário municipal, no rio Formoso) de monitoramento das águas. Estes fatos elevam a fragilidade ambiental local, o que torna necessária uma preocupação maior com os recursos hídricos próximos, bem como com os possíveis impactos ambientais.

Já nos locais não sobrepostos em rochas calcíticas da formação Serra da Bodoquena, a declividade impera com maior veemência, tais como nas vertentes mais íngremes da serra da Bodoquena e em algumas vertentes de morros residuais do médio curso, em que predominam os calcários dolomíticos da formação Bocaina, ainda com grande fragilidade, porém, mais compactados e consolidados do que a formação geológica anteriormente mencionada.

Nessas áreas de fragilidade muito alta, ainda ocorrem a identificação de áreas urbanizadas e solo exposto, que eleva os possíveis processos erosicionais com a falta de vegetação que recubra o solo e o protege, pois ocorre a incidência direta das precipitações sem a dispersão das gotas de chuva, sem raízes que fixem os solos e sem a matéria orgânica que auxilia na estrutura e retenção das partículas do solo que seriam ocasionadas pela cobertura vegetal.

Portanto, trabalhar com a fragilidade ambiental requereu discutir algumas questões para fins de aplicação na bacia hidrográfica estudada. A ênfase tem que ser dada à preservação dos remanescentes florestais e recuperação daquelas áreas ambientalmente fragilizadas pelos seus componentes físicos em junção com o uso antrópico. Ainda, aquelas com fragilidade média, como já citado anteriormente, necessitam de melhorias e medidas mitigadoras e que seu uso seja compatível com sua capacidade expressa pelos seus componentes ambientais.

Ressalta-se a indubitável beleza cênica da BHRF e o imensurável potencial ambiental dessa área, o que torna necessária a preservação da biodiversidade regional em uma área com características únicas que necessitam de estratégias próprias para um desenvolvimento racional. Até por esses motivos que esse Atlas teve como foco principal, um viés que não é muito trabalhado em Bonito, ou seja, emergir questões relativas ao arcabouço ambiental da BHRF, mas que não leve em conta o turismo e o arcabouço econômico em si, mas sim, a unidade territorial “bacia hidrográfica”, sua paisagem que está densamente impactada e seus recursos hídricos, em que os impactos sociais e econômicos já são e serão ainda mais sentidos a médio e longo prazo diante do avanço das atividades antrópicas sobre os recursos naturais.

OS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

Rios da Prata, Sucuri e Formoso
Cênicos lugares simplesmente extasiantes
Imperando a intocada fauna e flora
São recantos ecológicos deslumbrantes
E conhecê-los é agradável e prazeroso
Calando na alma a natureza exuberante!
(Trecho do Poema de Edson Amorim)

OS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

Atualmente, os sistemas fluviais, de acordo com Tundisi (2006), estão sujeitos aos mais variados impactos originados das atividades antrópicas, tais como a construção de reservatórios para os mais devidos fins, atividades de recreação, turismo, navegação, irrigação, agronegócio, pesca, aquicultura e de despejo de efluentes.

Diante dessas mazelas, os sistemas fluviais cársticos, principalmente, expõem algumas características em que impactos são mais evidentes, tanto de forma superficial quanto subterrânea. A água em sistemas cársticos é o principal agente modelador da paisagem cárstica, que determina o avanço das ações intempéricas por meio de seu poder de dissolução. Com isso, nos locais em que a água percola, ocorre a expansão de planos de acamamento e se desenvolve o processo de dissolução.

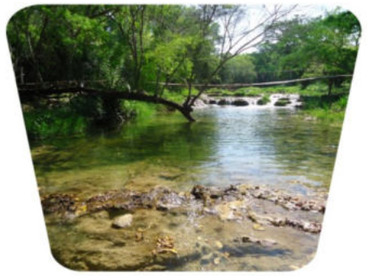
Não interpretar e não levar em consideração as características cársticas resulta em uma má gestão das águas, tanto superficiais como subterrâneas (PARISE, 2012). Portanto, nesta pesquisa, além de propor sugestões para a melhora dos parâmetros físico-químicos, a análise da qualidade das águas superficiais trouxe informações que auxiliaram na elaboração de um zoneamento ambiental que abarcou as características cársticas com os aspectos jurídico-ambientais.

A análise da qualidade das águas superficiais da BHRF partiu da mensuração de parâmetros físicos e químicos ao longo de 36 pontos de monitoramento em toda a bacia hidrográfica, durante os períodos do verão e inverno de 2017. Logo, foram analisados os parâmetros: oxigênio dissolvido – OD, condutividade elétrica – CE, turbidez, potencial hidrogeniônico – pH, temperatura do ar e água, potencial redox – ORP, sólidos totais dissolvidos – TDS, salinidade e velocidade.

Buscou-se uma análise desses locais de coleta para demonstrar a influência dos componentes da BHRF, bem como as características dos próprios parâmetros físicos e químicos das águas superficiais e de que forma estes se alteram e podem causar desequilíbrios na bacia hidrográfica, visto que a qualidade das águas superficiais é um dos resultados das relações entre os componentes da paisagem e foi introduzida na elaboração do zoneamento ambiental (Tabela 4 e Figura 40).

O monitoramento e os resultados da qualidade das águas superficiais durante o ano de 2017 evidenciaram algumas particularidades principais, tais como a influência dos componentes físicos (rochas, precipitação, solos e relevo) e o componente antrópico vinculado ao uso e cobertura das terras, bem como a presença de setores com retirada da vegetação nativa.

Segundo Mato Grosso do Sul (2002), o rio Formoso tem sua estrutura controlada pelo relevo cárstico e sua nascente é parte da ressurgência do rio Perdido (importante rio a oeste, incrustado na Serra da Bodoquena), localizado sobre o maciço calcário mais elevado em relação à BHRF e que possui diversos sumidouros e ressurgências.



As águas superficiais possuem uma assinatura geoquímica cálcica, magnésica e carbonatada, com pH alcalino e elevada condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos. Por outro lado, essas águas não apresentam sólidos em suspensão em excesso devido à sua decantação, bem como, diante do alto teor de cálcio, os sólidos tendem a se solidificar, o que os deixam mais pesados e concentrados, naturalmente, no leito fluvial, o que contribui para a translucidez das águas.

Tabela 4: Pontos e resultados de análise dos parâmetros de qualidade das águas superficiais e seus respectivos enquadramentos da bacia hidrográfica do rio Formoso, em 2017.

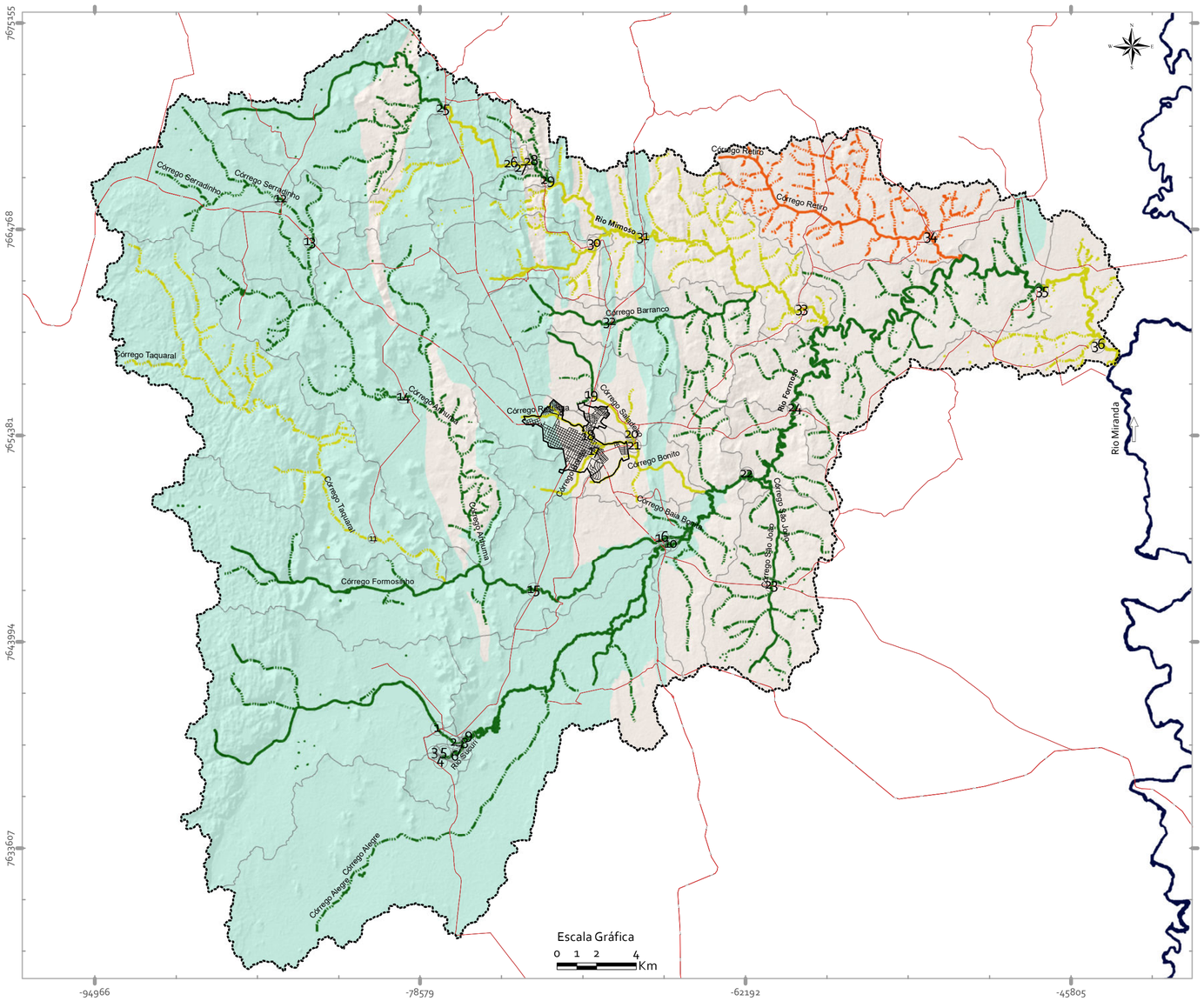
Pontos	Curso Fluvial	Áreas do Sistema Cárstico e Terrígeno a montante				Horário		Latitude S (UTM)	Longitude O (UTM)	Oxigênio Dissolvido - OD (mg/L)		Condutividade Elétrica - CE (µS/cm)		Potencial Hidrogeniônico - pH		Turbidez (NTU)		Velocidade (m/s)		Temperatura do Ar (°C)		Temperatura da Água (°C)		Potencial Redox – ORP (mV)		ólidos Totais Dis-solvido – TDS (mg/L)		Salinidade (%)		Classes de Enquadramento	
		Cárstico		Terrígeno		Período				Período		Período		Período		Período		Período		Período		Período		Períod		Período		Período		Período	
		km²	%	km²	%	Verão	Inverno			Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
1	Rio Formoso – Alto Curso	110,36	100,00	0,00	0,00	15:32	14:25	7649683	545558	8,35	6,96	428,50	154,00	8,14	7,03	4,69	0,76	1,94	4,31	30,08	27,76	27,08	25,28	165,50	104,00	278,50	100,00	0,02	0,01	I	I
2	Rio Formoso – Montante do Rio Sucuri	111,75	100,00	0,00	0,00	16:30	09:50	7649009	546638	9,37	9,19	477,00	166,00	7,05	7,63	0,94	1,54	40,83	31,94	27,32	25,44	26,06	23,19	173,00	184,00	308,00	107,00	0,02	0,01	I	I
3	Rio Sucuri – Nascente	5,32	100,00	0,00	0,00	09:00	08:35	7648287	545696	8,88	8,43	538,00	284,00	7,50	7,02	0,55	0,19	0,83	0,08	28,36	24,57	26,21	24,50	200,00	197,00	344,00	120,00	0,03	0,02	I	I
4	Rio Sucuri – Ressurgência	5,39	100,00	0,00	0,00	09:16	08:43	7648337	545705	5,03	6,51	538,00	281,00	7,79	5,08	0,62	0,64	0,01	0,01	27,25	24,77	25,47	23,08	192,00	213,00	345,00	118,00	0,03	0,02	II	II
5	Rio Sucuri – Alto Curso	5,52	100,00	0,00	0,00	09:20	08:50	7648354	545753	6,17	9,11	539,00	215,00	7,70	6,01	0,73	0,35	7,08	10,97	26,60	23,67	24,77	24,26	163,00	228,00	344,00	118,00	0,03	0,02	I	I
6	Rio Sucuri – Médio Curso	6,67	100,00	0,00	0,00	16:10	09:38	7648679	546663	8,44	9,13	539,00	191,00	7,92	7,12	0,88	0,39	19,17	23,75	29,31	26,13	25,31	24,60	151,00	212,00	344,00	117,00	0,03	0,01	I	I
7	Rio Sucuri - Foz	6,74	100,00	0,00	0,00	16:26	09:45	7648974	546659	8,17	9,65	537,00	182,00	7,73	7,12	0,16	0,45	18,33	15,00	28,02	25,56	25,27	24,65	155,00	186,00	346,00	118,00	0,03	0,01	I	I
8	Rio Formoso – Jusante do Rio Sucuri	118,72	100,00	0,00	0,00	16:35	09:56	7649036	546690	7,70	8,89	481,00	175,00	7,50	7,72	0,83	0,45	8,05	9,72	26,92	24,72	26,03	24,04	171,00	168,00	312,00	114,00	0,02	0,01	I	I
9	Rio Formoso – Alto Curso	118,89	100,00	0,00	0,00	17:05	10:09	7649219	546820	8,34	10,42	267,85	180,00	7,45	7,37	0,92	0,55	9,73	22,22	27,39	25,89	25,55	24,65	176,00	199,00	324,50	116,00	0,03	0,01	I	Especial
10	Rio Formoso – Balneário Municipal	286,77	96,78	9,55	3,22	15:44	08:15	7658571	557479	8,79	9,44	463,33	165,33	8,53	7,95	1,06	2,15	9,12	8,03	27,83	24,78	27,16	23,81	240,00	146,33	307,33	107,33	0,02	0,01	I	I
11	Córrego Taquaral – Médio Curso	98,48	100,00	0,00	0,00	*	11:20	7659412	542701	*	3,45	*	185,00	*	7,78	*	3,18	*	0,00	*	25,16	*	24,65	*	202,00	*	121,00	*	0,01	*	II
12	Córrego Serradinho – Médio Curso	42,17	100,00	0,00	0,00	12:27	10:45	7676456	538768	7,41	8,41	543,00	183,00	8,20	7,94	11,60	6,24	0,03	0,57	34,85	25,62	27,84	26,96	285,50	186,00	347,50	118,00	0,03	0,01	I	I
13	Córrego Serradinho – Médio Curso	66,15	100,00	0,00	0,00	*	10:30	7674357	540155	*	7,35	*	143,00	*	8,18	*	1,81	*	15,83	*	27,08	*	23,98	*	175,00	*	193,00	*	0,01	*	I
14	Córrego Anhuma – Médio Curso	114,87	99,97	0,04	0,03	*	12:00	7666449	544503	*	7,45	*	204,00	*	7,74	*	1,24	*	0,08	*	25,17	*	23,62	*	204,00	*	123,00	*	0,01	*	I
15	Córrego Formosinho – Médio Curso	356,24	93,51	24,73	6,49	14:55	14:50	7656568	550727	6,67	6,81	603,00	213,00	8,18	7,61	1,72	0,65	3,13	5,83	32,67	25,62	27,65	24,56	272,00	171,00	393,00	139,00	0,03	0,01	I	I
16	Córrego Formosinho – Baixo Curso	379,55	91,68	34,45	8,32	15:07	16:00	7658766	557054	9,00	8,68	554,50	185,00	7,75	7,71	1,31	1,24	3,64	15,28	28,65	33,51	26,94	27,38	296,50	182,00	354,50	120,00	0,03	0,01	I	I
17	Córrego Bonito – Montante do Córrego Restinga	8,41	73,77	2,99	26,23	16:35	16:22	7663326	539150	6,71	3,04	727,67	262,50	7,70	7,84	7,14	1,87	10,44	7,43	28,02	28,69	28,32	27,35	182,67	131,00	465,33	169,50	0,04	0,01	II	II
18	Córrego Restinga – Médio Curso	12,31	76,65	3,75	23,35	14:12	15:43	7664169	553672	6,26	3,99	709,50	225,50	8,44	8,01	4,21	0,73	25,00	12,50	28,16	25,32	27,37	24,67	321,50	158,00	429,50	146,00	0,04	0,01	II	II
19	Córrego Saladeiro – Médio Curso	9,57	52,73	8,58	47,27	14:32	15:30	7666141	553897	8,63	6,24	616,00	236,00	8,39	7,77	6,08	1,17	5,28	4,17	29,99	25,55	29,19	24,71	282,00	162,00	394,50	154,00	0,03	0,01	I	I
20	Córrego Saladeiro - Foz	14,44	45,45	17,33	54,55	13:57	08:52	7663789	555902	6,59	5,99	324,50	222,00	8,16	7,76	41,40	6,88	0,25	0,97	31,05	24,35	28,52	22,85	334,50	126,50	210,50	244,50	0,02	0,01	II	II
21	Córrego Bonito – Jusante do Córrego Saladeiro	35,16	57,63	25,85	42,37	07:45	08:43	7663642	555894	6,42	6,77	569,50	303,00	7,95	7,47	10,97	2,32	8,06	0,22	26,42	25,20	26,25	24,56	294,50	175,00	404,50	249,00	0,03	0,02	II	II
22	Rio Formoso – Balneário do Sol	710,23	86,54	110,47	13,46	08:25	09:24	7661942	561660	7,90	8,63	467,33	170,33	6,16	7,92	2,16	0,69	8,38	11,26	26,05	23,60	26,42	23,73	244,33	140,67	304,33	111,33	0,02	0,01	I	I
23	Córrego São João – Médio Curso	0,00	0,00	25,53	100,00	14:39	15:26	7656281	562488	7,48	7,40	63,67	23,00	7,97	7,84	42,50	21,51	0,21	10,84	31,02	39,53	28,16	30,44	455,00	148,00	39,33	15,00	0,00	0,00	I	Especial
24	Rio Formoso – Médio Curso	710,93	80,15	176,10	19,85	09:09	09:49	7665027	563958	6,70	9,19	465,50	165,00	7,60	8,08	2,10	1,35	15,56	11,67	27,05	25,11	27,12	24,74	242,50	129,00	306,00	106,00	0,02	0,01	I	I
25	Rio Mimoso – Médio Curso	42,50	73,16	15,59	26,84	10:52	09:45	7680832	547057	6,45	5,09	615,00	234,00	8,50	8,03	5,61	1,89	0,03	0,08	27,69	24,97	28,46	26,30	291,00	178,00	394,50	152,00	0,03	0,01	I	I
26	Rio Mimoso – Cachoeira do Mutum	68,70	79,29	17,94	20,71	08:10	07:56	7677903	550573	8,50	7,92	620,00	229,00	8,14	8,03	2,11	1,66	0,14	0,28	26,34	24,92	26,89	23,50	317,00	203,00	396,00	249,00	0,03	0,01	II	I
27	Rio Mimoso – Cachoeira do Sol	68,88	78,91	18,41	21,09	08:55	08:30	7677918	551011	9,41	7,63	605,00	217,00	8,17	8,01	0,81	2,78	0,03	0,08	26,83	24,27	26,77	23,56	301,00	198,00	387,00	142,00	0,03	0,01	II	I
28	Rio Mimoso – Cachoeira do Sinhozinho	68,88	78,80	18,53	21,20	09:10	08:57	7677901	551301	8,90	6,82	588,00	211,00	8,24	7,99	1,50	1,05	0,03	0,08	26,92	23,89	27,02	22,89	301,00	202,00	376,00	135,00	0,03	0,01	II	I
29	Rio Mimoso – Médio Curso	74,25	75,66	23,88	24,34	15:55	14:02	7676957	552158	8,92	9,30	553,00	194,50	8,35	8,12	2,11	3,67	10,83	21,81	28,44	26,78	29,35	24,60	249,00	142,50	354,00	127,50	0,03	0,02	I	I
30	Córrego Espírito Santo – Baixo Curso	20,43	76,63	6,23	23,37	15:35	14:31	7673772	554374	8,39	6,67	702,00	251,50	8,28	7,82	5,03	4,04	2,85	13,40	29,17	25,49	27,33	23,60	450,00	155,50	449,50	163,50	0,03	0,02	II	I
31	Rio Mimoso – Jusante do Córrego Espírito Santo	113,78	72,85	42,40	27,15	15:22	14:55	7673923	556759	7,52	7,30	632,50	215,50	8,27	7,92	3,69	1,88	4,03	7,57	28,91	25,11	28,91	24,57	262,00	152,50	404,50	140,00	0,03	0,02	II	I
32	Córrego Barranco – Médio Curso	12,37	74,83	4,16	25,17	14:47	15:12	7669780	554971	6,39	5,01	512,00	244,50	8,37	7,95	4,15	2,04	0,03	0,06	28,67	25,05	28,43	24,95	274,50	156,00	327,50	159,00	0,02	0,02	I	I
33	Rio Mimoso – Baixo Curso	139,96	55,94	110,24	44,06	12:27	12:22	7670081	564674	6,40	7,18	623,00	218,00	8,57	8,04	7,39	3,09	0,17	0,08	31,49	28,71	30,31	26,30	293,00	150,50	402,00	141,50	0,03	0,02	II	I
34	Córrego Retiro – Baixo Curso	0,00	0,00	51,59	100,00	12:45	12:47	7673481	571159	3,97	3,78	327,50	124,50	8,38	8,21	43,65	21,13	0,03	0,06	30,43	25,70	29,55	26,53	442,00	146,50	312,50	81,00	0,01	0,03	III	II
35	Rio Formoso – Baixo Curso	860,84	66,66	430,60	33,34	10:02	10:23	7670585	576662	8,11	8,67	431,50	157,00	8,13	7,95	3,73	2,79	10,19	16,39	28,66	24,67	28,95	25,17	225,00	149,00	280,50	102,00	0,02	0,01	I	I
36	Rio Formoso – próximo à foz	860,84	66,34	436,71	33,66	10:35	11:07	7667704	579455	9,69	8,29	434,50	156,50	8,25	7,97	6,42	3,32	15,69	27,36	30,13	26,37	30,04	25,54	214,00	145,00	582,50	102,00	0,02	0,01	II	I
Média	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7,41	7,25	509,79	195,14	7,73	7,41	5,99	1,81	7,03	8,64	27,84	25,33	26,61	24,16	251,85	162,50	336,08	126,53	0,02	0,01	I	I

Org.: Elaborado pelo autor.

***** Canal Fluvial Seco.

Sistema cárstico

Sistema terrígeno



I - Enquadramento das Águas Superficiais

- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

II - Ambiente

- Cárstico
- Terrígeno

III - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais

Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados:
Qualidade das Águas Superficiais
Resoluções do CONAMA
357/2005 e 430/2011;
Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016;
Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Instituição

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Financiamento

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Laboratório de Pesquisa

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

FIGURA 40: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL, NOS PERÍODOS DO VERÃO E INVERNO DE 2017

Gráficos

Classes de Enquadramento - CONAMA

- Classe Especial
- Classe I
- Classe II
- Classe III
- Classe IV

A análise do ponto 1, mais próximo da nascente do rio Formoso e que está localizado na RPPN São Geraldo, exibiu características físicas evidenciadas nas águas superficiais. A CE nesse ponto (como na maioria dos pontos) foi elevada, chegando a 428,50 µS/cm, sobretudo por se tratar de um sistema cárstico, rico em carbonato de cálcio da formação Serra da Bodoquena, o que deixou suas águas com muita condutividade e alcalinas (8,14 de pH), além de localizar-se em uma planície cárstica com cobertura de tufas.

Esse ponto tem contradições importantes: possui uma mata ciliar bem composta em ambas as margens e lida com a grande influência (positiva) das áreas protegidas do PARNA da Serra da Bodoquena e da RPPN São Geraldo. Contudo, é um setor composto por chernossolo háplico órtico e seu entorno é de chernossolo rêndzico órtico, que são extremamente férteis e frágeis. Nestes, os cultivos de soja se mostram preponderantes, o que pode trazer alguns pontos negativos para a qualidade das águas. Foi notório ainda, que existem algumas algas no ponto de coleta que são pequenos indícios de eutrofização, que é um processo (geralmente antrópico) de multiplicação de algas devido à elevação da matéria orgânica.

Além disso, a agricultura pode ocasionar elevação da salinidade, TDS e turbidez, alterando seu enquadramento que ainda permanece nas melhores classes hídricas, pois desde a nascente do rio Formoso (a 16,29 km à montante), suas águas correm sobre terrenos de mata ciliar bem composta. O oxigênio dissolvido ficou elevado, principalmente pelo turbilhonamento que ocorre devido a uma pequena queda d'água a montante, o que eleva ligeiramente a velocidade a partir deste ponto e provoca alterações positivas nos níveis locais de OD, que só não proporcionou enquadramento melhor devido à sua CE.

A maior diferença entre o inverno e verão foi a alteração no OD, que alcançou 6,96 mg/L no período do inverno, mesmo com uma maior velocidade do fluxo hídrico a oxigenação reduziu. No mais, a CE, em todos os pontos de análise, exibiu arrefecimentos de seus índices, principalmente devido à queda das precipitações que amortizou o escoamento superficial, o que trouxe menos sedimentos e alterações aos mananciais.

As principais alterações entre as estações do ano, se deram na redução da quantidade das águas em praticamente todos os pontos, conforme será analisado adiante. Seu pH apresentou ligeira redução com 7,03 e, devido à mesma queda no volume das precipitações, a turbidez proporcionou uma melhoria, com níveis que alcançaram 0,76 NTU, o que é considerado satisfatório e enquadrado na classe Especial, segundo o CONAMA (2005).

O ponto 2 de monitoramento da qualidade das águas é a montante da foz do rio Sucuri, portanto, ainda não possui grandes interferências desse manancial, sendo possível constatar uma velocidade de fluxo elevada, que acarreta um turbilhonamento da água e sua consequente oxigenação, o que a fez alcançar condições satisfatórias de 9,37 mg/L (um dos pontos de maior nível de OD). Esse nível se manteve próximo na estação do inverno e atingiu 9,19 mg/L.

As características físicas não possuem grandes modificações com relação ao primeiro ponto, contudo, já foi possível compreender uma ligeira alteração nos valores de alguns parâmetros: o OD se elevou com o aumento da velocidade do fluxo, o que tornou possível identificar um aumento nos índices de TDS. Isso se deve, possivelmente, à grande quantidade de culturas existentes nas proximidades, além do contato com as rochas carbonatadas, que originam baixos valores de turbidez, por quase não proporcionar à água sedimentos em suspensão.

Entretanto, ocorre a dissolução de sólidos ao longo do canal fluvial e, até por este motivo, uma tendência se confirmou com o gradual aumento dos índices de TDS (com exceção de alguns pontos) até a foz do rio Formoso. Contudo, esse fato não ocorreu durante o inverno, devido principalmente à manutenção das águas superficiais dos mananciais sem o advento de grandes quantidades de água, seja diretamente pluvial ou por meio do deflúvio superficial, o que faz com que o TDS se mantenha em um enquadramento satisfatório.

Outro elemento de notoriedade é a CE, que permaneceu com valores elevados devido ao contato intenso com o carbonato de cálcio das rochas carbonatadas, principalmente da formação Serra da Bodoquena. O mesmo ocorreu no inverno, porém, em níveis mais baixos, entretanto, ainda fora do considerado aceitável pelo CONAMA (2005). Essa característica das águas é inevitável pelas propriedades das rochas ali existentes, principalmente na região central e oeste da BHRF. Logo, tanto o ponto 1 como o 2, exibem uma área de drenagem 100% em terrenos cársticos.

O rio Sucuri (Pontos 3 ao 7) possui uma grande influência hidrogeológica, sobretudo nos pontos 3 e 4 (nascente e ressurgência, respectivamente). Esse fator, teoricamente, traz ao canal uma baixa oxigenação e pH, além de uma alta considerável no CE devido às rochas carbonatadas, características de sistema cárstico no qual todo o rio Sucuri está inserido (Figura 41).

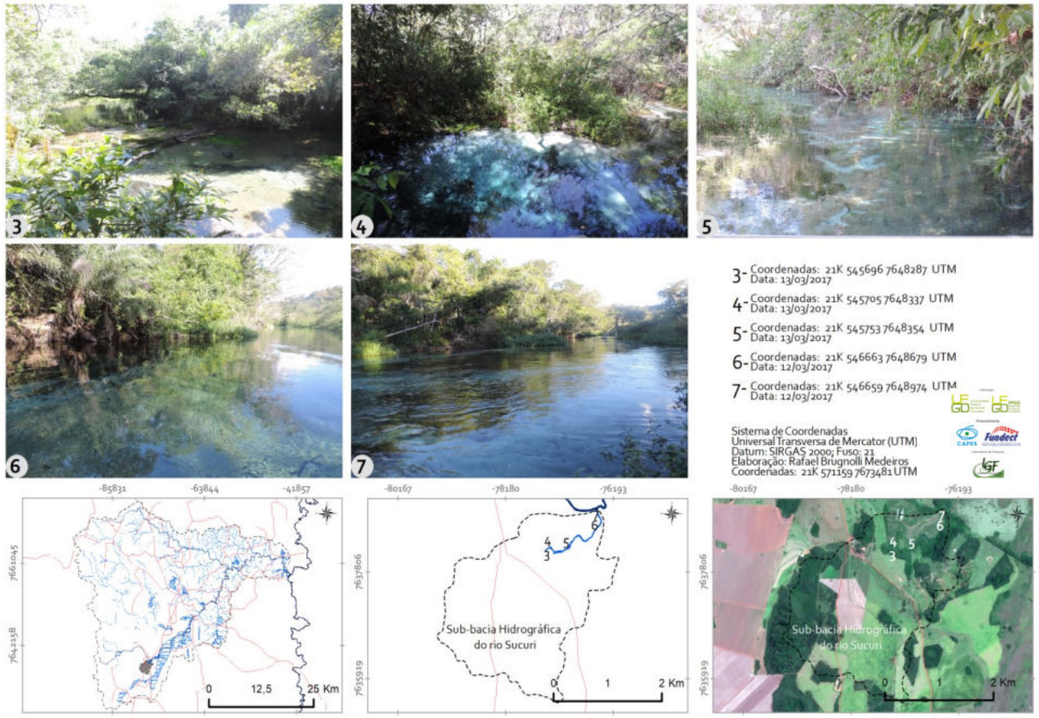


Figura 41: Pontos de monitoramento da qualidade das águas ao longo da sub-bacia hidrográfica do rio Sucuri, Bonito/MS.

Sua sub-bacia hidrográfica não exibe grande diversidade nos componentes da paisagem, possui rampas alongadas e planas, solos ácidos como o chernossolo háplico distrófico, além de uma planície aluvial cárstica predominante da formação Serra da Bodoquena e superfícies cársticas aplainadas a suave onduladas (formações Cerradinho e a subunidade Carbonática do grupo Cuiabá). Segundo Silva, Piroli e Hernández (2014), por se tratar de um sistema cárstico no qual ocorre muitos afloramentos de águas subterrâneas, os parâmetros de qualidade das águas superficiais do rio Sucuri estão ligados diretamente com a composição mineral das rochas.

Este fator ficou corroborado nas características dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais da nascente do rio Sucuri, que possui natureza difusa e retrata diversas nascentes e/ou afloramentos de águas subterrâneas, que naturalmente possuem baixos valores de OD e alta CE.

Com seu afloramento e contato com os processos físicos, químicos e biológicos com o ambiente, elevou-se o OD, que o fez atingir 8,88 mg/L (verão) e 8,43 mg/L (inverno). Sua CE permaneceu alta (538,00 µS/cm), porém com uma redução considerável para 284,00 µS/cm no período do inverno, mas ainda assim alto devido à dissolução do calcário puro da formação Cerradinho e Serra da Bodoquena (nas proximidades). Essa composição calcária acarretou uma elevação nos valores de pH, sobretudo pelo contato com o ambiente, o que resultou em águas alcalinas que chegaram a 7,50 (verão) e 7,02 (inverno).

Outro destaque importante e que influencia diretamente na baixa turbidez é a grande quantidade de nascentes que, em contato com o carbonato de cálcio do substrato rochoso, favorecem a decantação dos sedimentos químicos compostos por $CaCO_3$ e $CaMg(CO_3)_2$, que a fez alcançar apenas 0,55 NTU (verão) e 0,19 NTU (inverno). Em comparação com outras regiões cársticas e terrígenas do Mato Grosso do Sul[12], essa turbidez se mostra altamente influenciada pelas rochas calcárias.

Na ressurgência (ponto 4), foi possível constatar a influência das rochas e vegetação ciliar nos parâmetros da qualidade das águas, pois existia uma grande quantidade de vegetação aquática e folhas que caíram sobre a água (matéria orgânica morta) que, para se decompor, consomem oxigênio. Somado à baixa movimentação das águas e ao fato de que estas ainda possuem características subterrâneas, tal processo amortizou as concentrações de OD, com 5,03 mg/L. Contudo, sua baixa turbidez (a menor dentre todos os pontos analisados) trouxe a melhora do nível de enquadramento no verão.

Essa característica foi melhorada com a redução das precipitações, em que seu OD alcançou 6,51 mg/L, principalmente pela grande chuva do mês de maio, que causou a “limpeza” da matéria orgânica existente no ponto, e foi notável a redução na quantidade de folhas e arbustos existentes, o que trouxe uma turbidez ainda baixa e melhorou o OD.

Todavia, seu pH foi o único do inverno a se enquadrar na classe IV do CONAMA, pois alcançou 5,08, fato esse explicado pela quantidade significativa de matéria orgânica em decomposição que estava presente antes das chuvas de maio, no período em que o bicarbonato dissolvido já tinha sido utilizado (ação do “efeito tampão”), isso fez com que o nível do pH reduzisse antes da chuva. Ocorreu a precipitação e melhorou rapidamente o nível de OD, devido ao aumento da vazão hídrica e turbulência das águas (o que auxilia na aeração), mas o pH ainda não tinha se reestabelecido para níveis mais alcalinos.

Já a CE permaneceu extremamente elevada, principalmente pelo contato com rochas carbonatadas da formação Cerradinho (subunidade dolomítica), que trouxe às águas superficiais uma grande quantidade de sais dissolvidos como o cálcio e magnésio, o que deixou a água salobra. Seus índices foram menores no inverno, o que pode comprovar a ação “tampão” neste período, porém, ainda permaneceu com altos valores.

[12] Pinto, Oliveira e Pereira (2010); Oliveira et al. (2011); Lelis et al. (2015); Schautz (2015); Braz (2017); Brugnolli et al. (2017).

Juntamente à CE e o TDS, há uma elevação da salinidade. Essa característica se manteve em boa parte dos recursos hídricos da BHRF, pois a CE nessa região foi variável, mas em índices que traduziram um enquadramento na classe IV, segundo a resolução do CONAMA (2005). Entretanto, outros parâmetros, trouxeram um resultado melhor no enquadramento, principalmente, devido aos altos valores de OD e baixa turbidez, alavancando assim, o enquadramento deste ponto à classe II.

Ainda no canal fluvial do rio Sucuri, o quinto ponto de coleta das águas exibiu algumas características que diferem das propriedades das águas subterrâneas dos afloramentos e ressurgências dos pontos 3 e 4, respectivamente. Mesmo localizado a apenas 106 metros da nascente, o ponto 5 de monitoramento apresentou uma redução significativa do OD, devido à grande quantidade de afloramentos, como o ponto 4, que amortizou o OD inicial da nascente e o fez alcançar 6,17 mg/L. Esse fato já não ocorreu durante a estação do inverno, devido ao aumento da velocidade de fluxo, o que elevou o turbilhonamento das águas e sua consequente oxigenação, com valores de 9,11 mg/L.

Os demais parâmetros permaneceram muito próximos dos encontrados no ponto 4, sobretudo pela proximidade dos dois pontos. Contudo, foi eficaz sua análise, pois esta transmite a influência do ponto 4 (ressurgência) no rio Sucuri, já que houve uma ligeira melhora no enquadramento, devido ao aumento do OD.

O ponto 6 já trouxe algumas particularidades, pois o rio Sucuri já percorreu 1,13 km, que representou uma elevação da oxigenação das águas superficiais, sobretudo devido ao turbilhonamento ocorrido pela alta velocidade da corrente hídrica nos dois períodos de análise (19,17 m/s no verão e 23,75 m/s no inverno). O pH continuou alcalino, pois percorre rochas carbonatadas em toda sua extensão, sobretudo a partir desde ponto, visto que, entra em terrenos da formação Serra da Bodoquena, que é supersaturado em carbonato de cálcio. Essas características elevaram o pH da água, mas ainda o deixa dentro dos padrões de qualidade das águas superficiais.

Esses pontos do rio Sucuri exibem uma mata ciliar bem composta por vegetação florestal e áreas úmidas nas margens com grande quantidade de vegetação aquática, que são filtros naturais para a qualidade das águas, uma vez que retém os sedimentos em suspensão, o que causa uma redução na sua turbidez, que por sua vez, é altamente influenciada pelas rochas calcárias que estão sob o manancial hídrico.

O ponto 7 (rio Sucuri) ostentou parâmetros próximos do último ponto analisado, contudo, o que o diferenciou foi a turbidez, que atingiu os níveis mais baixos dentre todos os pontos de monitoramento, com 0,16 NTU e uma ligeira elevação para 0,45 NTU no inverno. Esse ponto fica a poucos metros da foz do rio Sucuri, portanto, há uma influência, mesmo que pequena, do rio Formoso. Sua alta velocidade das águas superficiais fez com que ocorresse uma boa oxigenação das águas, que alcançaram satisfatórios níveis de OD (8,17 mg/L). E mesmo com a queda da velocidade das águas no inverno, o OD permaneceu elevado, com 9,65 mg/L. Já o pH continuou em um intervalo com poucas variações se comparados aos demais pontos e ainda dentro dos padrões satisfatórios do enquadramento das águas superficiais, nos períodos do verão e inverno.

Os valores elevados de TDS (traduzidos pelas altas condutividades), como foi observado até aqui, e que continuaram em praticamente todos os pontos, exibiram um enquadramento preocupante. Contudo, as características dos parâmetros físicos e químicos, dissolvem os minerais e sólidos provenientes do calcário das rochas carbonatadas, que causam uma floculação e decantação no fundo do manancial hídrico e reduzem sua turbidez, consequentemente, auxilia na melhora do enquadramento dos mananciais da BHRF. Já no inverno, a queda no TDS favoreceu a redução também da CE. Outro elemento que o TDS interferiu de maneira considerável foi a salinidade, que variou conforme os índices de metais e sólidos nas águas e transmitiram maior quantidade de elétrons.

No rio Sucuri, desde o início de seu curso fluvial, não há afluentes pelo fato da sub-bacia abranger apenas 6,74 km² e por ser aplainada. Com isso, suas águas não recebem interferências diretas de outros mananciais, o que provoca pouca variação em seus parâmetros, que por sua vez, se mostraram estritamente correlacionados com as rochas e o entorno, que é formado predominantemente por culturas e pastagens, mas possui uma mata ciliar bem composta e conservada.

Em pesquisas como a de Oliveira et al. (2011) e Schautz (2015), vê-se que a condutividade girou em torno de 30 a 50 µS/cm em sistemas terrígenos, dados muito inferiores aos valores encontrados nos trabalhos de Lelis et al. (2015) que alcançaram em torno de 400 µS/cm (sistemas cársticos). Esse valor, no entanto, ainda é inferior ao encontrado na presente pesquisa, pois, por ser um manancial de pequena extensão, suas águas mantêm características mais subterrâneas do que superficiais e seu contato com as rochas calcárias dolomíticas e calcíticas elevam o TDS e, consequentemente, a CE. Particularidades estas que ficaram expressas ao longo dos pontos de

coleta das águas, o que torna evidente a diferenciação que os sistemas cárstico e terrígeno transmitem à qualidade das águas superficiais.

Suas regiões de chernossolo rêndzico órtico são altamente propensas às erosões que, somadas ao solo exposto e culturas no médio e alto curso da sub-bacia, podem trazer impactos significativos como o turvamento das águas, redução do pH e OD, além da elevação da condutividade caso o deflúvio superficial seja elevado e ocorra o carreamento de agroquímicos dessas culturas para as águas superficiais. Silva, Piroli e Hernández (2014) afirmam que o rio Sucuri necessita de um monitoramento sistemático, caso ocorra um incremento na utilização de tais agroquímicos nas proximidades.

No primeiro ponto à jusante do rio Sucuri (ponto 8), as características físicas e químicas das águas ainda se mantiveram próximas aos pontos anteriores, pois ostentaram uma ligeira queda nos valores de OD, sobretudo pela redução significativa na velocidade das águas (de 18,33 m/s para 8,05 m/s), o que alterou os níveis de oxigenação da água. Contudo, durante o inverno, os altos valores de OD do rio Sucuri auxiliaram a manter esses índices elevados.

Sua CE alcançou 481,00 µS/cm no verão, já no inverno, a CE permaneceu mais baixa, porém ainda em níveis não satisfatórios no que tange ao enquadramento, já que ao atingir a 175,00 µS/cm, houve também uma redução na salinidade de 0,02% para 0,01%. Ressalta-se que a salinidade, mesmo que em pequenas porcentagens, sempre vai existir nos recursos hídricos da BHRF pela forte influência das hidrogeológica, grande quantidade de (re)surgências, altas condutividades e TDS. Seus valores vão depender muito da composição das rochas e solos, bem como da incidência das precipitações em determinadas épocas do ano.

As águas no ponto 9, localizado no alto curso do rio Formoso, cerca de 440 metros da foz do rio Sucuri, trouxeram em sua composição química e física, uma redução da CE (267,00 µS/cm) e um ligeiro aumento no OD (8,34 mg/L), resultante de um maior turbilhonamento das águas devido à elevação da velocidade da água (9,73 m/s).

No inverno o OD deste ponto alcançou os melhores níveis dentre todos os pontos analisados (10,42 mg/L), originado pela elevação considerável da velocidade do fluxo hídrico (22,22 m/s). Esse OD chegou à classe Especial, o melhor enquadramento dentre todos os pontos de análise. A turbidez deste ponto ainda permaneceu amortizada, tanto no verão como o inverno ante a grande contribuição das águas do rio Sucuri.

Portanto, a translucidez das águas do Formoso tende a se elevar deste ponto em diante, pois na medida em que se distancia das nascentes, ocorre o advento de diversos afluentes e possui contato maior com o entorno dos mananciais. No percurso, o turvamento da água pode ser agravado, ainda assim, foi possível constatar uma baixa turbidez, de 0,96 NTU no verão e 0,55 NTU no inverno.

Nesse setor, há um predomínio da formação Serra da Bodoquena em terrenos planos e em uma zona de transição entre o chernossolo rêndzico órtico, latossolo vermelho distrófico e gleissolo háplico ta eutrófico. Isso não se traduziu de forma expressiva nos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais, contudo, pode acarretar alterações na perda de solos e propõe limitações de uso para suas terras, que atualmente são ocupadas por pastagens e vegetação nativa. Esta última classe de uso favorece a manutenção do equilíbrio da qualidade das águas (até por este motivo não ocorreram grandes alterações nos parâmetros até este ponto).

No ponto 10, que é balneário municipal, a manutenção do equilíbrio permaneceu, apesar de já ser possível constatar alterações no verão, como a elevação da condutividade, principalmente pelo longo contato com a formação Serra da Bodoquena em seu percurso, que alcançou 463,00 µS/cm. A reduzida precipitação do inverno trouxe consigo um arrefecimento da condutividade elétrica (165,33 µS/cm), e também de outros elementos de análise como o TDS e salinidade.

O balneário municipal e o ponto 16 (córrego Formosinho) estão a poucos metros da jusante do extenso banhado do rio Formoso, que é um relevante refúgio da vida silvestre. No balneário municipal, existe uma extensa tufa que corta, de uma margem a outra, o rio Formoso. A deposição de carbonato de cálcio que advém do calcário, forma incrustações por intermédio de rochas já existentes que se misturam a musgos, folhas e outras rochas que se prendem em tais formações no canal fluvial e formam depósitos mais resistentes que provocam cachoeiras e feições de beleza cênica ao longo dos recursos hídricos.

Isso provoca alterações nos parâmetros das águas, como o maior turbilhonamento e oxigenação, como pôde ser observado pelos índices de 8,79 mg/L (verão) e 9,44 mg/L (inverno) de OD. A turbidez das águas variou de 1,06 NTU para 2,15 NTU, ou seja, ainda se mostrou baixa se comparada com os demais pontos de análise, porém, vem em uma crescente desde o rio Sucuri.

O córrego Taquaral, ponto 11 de monitoramento das águas, é um córrego que merece destaque na BHRF, pois nasce na serra da Bodoquena, é afluente da margem esquerda do córrego

Formosinho e possui um canal fluvial de 25,71 km de extensão, mas, ainda assim, não foi possível encontrar água em seu leito no verão.

É necessário destacar que no referido ponto, a mata ciliar é bem composta e ao longo de seu canal, prevalece a vegetação florestal, e é apenas no médio e baixo curso da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral que se encontram grandes extensões de culturas de soja. Estas, no entanto, não adentram às APPs e somente constata-se um uso irregular na faixa de proteção especial de alguns tributários do córrego Taquaral. O que se torna preocupante, são drenos irregulares que podem acarretar o turvamento dos cursos fluviais e prejudicar outros cursos a jusante.

Segundo informações obtidas com residentes da propriedade rural que margeia o ponto 11, foi constatado que o córrego Taquaral diminuía gradativamente e consideravelmente seu volume de água, contudo, ainda não havia secado. Tanto no final do ano de 2016 (dezembro), como na data da primeira mensuração da qualidade das águas (março de 2017), o córrego não possuía água em seu leito.

Essa redução considerável na quantidade das águas foi notada em todos os pontos analisados, até por isso que se buscou sempre o conhecimento já adquirido do volume dos rios, com informações de propriedades rurais próximas aos mananciais e saídas de campo anteriores. Até por esses motivos foi essencial que a análise da qualidade das águas ocorresse em conjunto com a interpretação das precipitações e dos demais componentes do meio físico, pois trazem uma série de aspectos que evidenciam as características dos recursos hídricos.

O fato de estar situada, toda sua sub-bacia, em um sistema cárstico traz uma dinâmica diferenciada para os respectivos recursos hídricos, com grande quantidade de rios subterrâneos, sumidouros e (re) surgências. Isso faz com que o regime dos rios apresente alterações em períodos secos, pois a água fica armazenada no subsolo e, devido à porosidade e permeabilidade de suas rochas calcárias, ocorre um abastecimento das águas superficiais. Assim, durante a estação seca, destacou-se duas questões: a primeira é a citada nesse parágrafo com relação às águas subterrâneas; e a outra são as amplas e concentradas precipitações ocorridas em maio, que trouxeram alterações sentidas até no mês de setembro (segunda mensuração das águas superficiais).

As chuvas fizeram com que ocorresse um abastecimento do córrego Taquaral, o que tornou possível encontrar água em seu leito fluvial durante o inverno. Foi notável essa influência das águas pluviais, pois o manancial não apresentou velocidade, devido ao total represamento que ocorreu, além da grande quantidade de matéria orgânica.

Essa falta de movimentação das águas acarretou a redução do OD, traduzido em níveis baixos na ordem de 3,45 mg/L e causaram um enquadramento na classe IV, segundo o CONAMA (2005). Tal fato, fez com que ocorresse a elevação da turbidez e também potencializasse os valores de ORP, pois com a baixa velocidade, houve a proliferação de bactérias, além da maior quantidade de matéria orgânica.

Já o córrego Serradinho possui dois pontos de monitoramento da qualidade das águas (ponto 12 e 13), separados por cerca de 2,8 km. Ocorreram, no entanto, algumas preocupações evidentes no tocante ao volume e fluxo do presente córrego, conforme mostra a Figura 42.

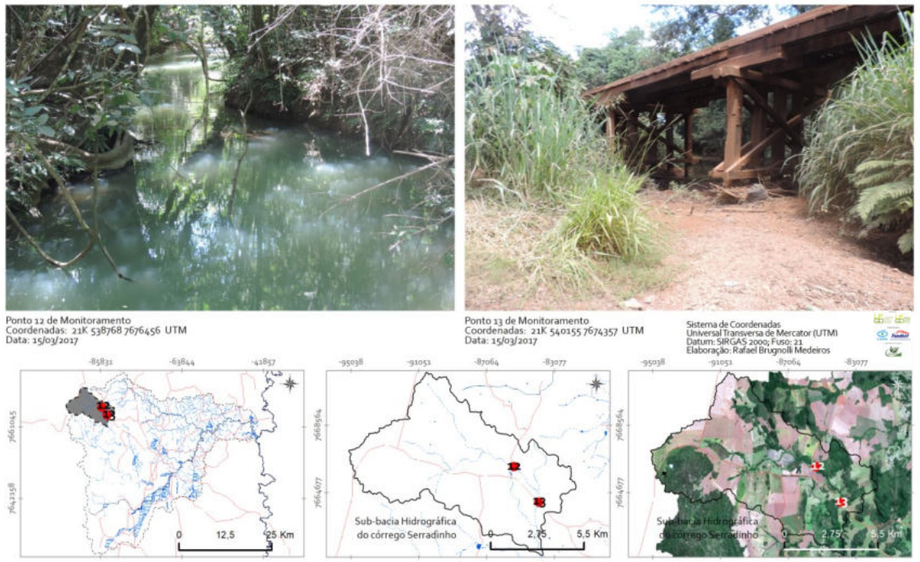


Figura 42: Córrego Serradinho perde o volume de suas águas em pontos com poucos met distância.

No verão, o ponto 12 apresentou um volume considerável de água em seu leito e sua baixa velocidade foi resultado de um represamento das águas, porém sua oxigenação ainda ficou elevada, sobretudo pela pequena queda d'água existente a cerca de 50 metros a montante. Esse bom índice de OD (7,41 mg/L) contrastou com valores muito altos de CE, que alcançou 543,00 µS/cm, devido aos calcários dolomíticos da formação Cerradinho. Seu alto e médio curso são predominantemente constituídos por culturas de soja em suas margens, o que podem trazer impactos à qualidade das águas superficiais, sobretudo a elevação da própria CE, salinidade, TDS e ORP.

A turbidez nesse ponto 12 mostrou-se muito mais elevada que no restante dos pontos já analisados. Contudo, há uma explicação para essa elevação, já que ocorre um represamento das águas, o que se elevou a matéria orgânica e turbidez e, possivelmente, causará uma redução no OD

a médio e longo prazo. Já no inverno, a turbidez permaneceu com valores mais elevados (6,24 NTU) se comparados com os demais pontos de análise e foi possível notar uma ligeira melhora na velocidade de fluxo.

Esse represamento ficou evidente na comparação com o ponto 13, pois a redução no volume de água foi total no verão, o que mostra uma preocupação com os fatores que causaram esse represamento (ponto 12) e falta de água no ponto 13. Com isso, foi possível constatar pela imagem de satélite e com as idas a campo, um provável desvio e captação das águas do córrego Serradinho para abastecer um açude de uma propriedade rural. Esse problema permaneceu no inverno, porém, já foi possível constatar água no ponto 13, mesmo que em menor quantidade, o que tornou possível mensurar seus parâmetros físicos e químicos. Encontrou-se uma velocidade elevada devido ao entalhamento e redução da profundidade do manancial, velocidade esta, de 15,83 m/s, que auxiliou na oxigenação da água e a fez alcançar 7,35 mg/L.

Foi possível identificar que a jusante do ponto 13, o córrego Serradinho perdeu sua velocidade e ocorreu, novamente, um represamento das águas. Devido a esse fato, o barramento e perda do volume de água trouxeram impactos significativos para o regime dos demais rios abastecidos pelo córrego Serradinho, que é o principal afluente do córrego Anhuma (ponto 14 de monitoramento).

Logo, esse ponto 14 também foi impactado negativamente pelo abastecimento desses afluentes. De tal forma, não foi possível realizar a mensuração das águas superficiais no verão. É necessário destacar que durante a saída de campo em 2016 foi encontrado uma vazão significativa de água neste córrego, conforme Figura 43.

Esse córrego possui uma diferença expressiva com relação aos pontos já analisados: o mesmo nasce e percorre o alto curso sobre rochas carbonáticas, com uma vegetação nativa predominante nas APPs e um entorno com cultivo de soja em um relevo plano das superfícies cársticas. Contudo, em seu médio curso, há rochas terrígenas da formação Puga, o que causa alterações nas propriedades físicas e químicas das águas. Segundo o foi observado em dezembro de 2016, sua turbidez mostrava-se mais elevada e possivelmente com baixo OD, pois possuía grande quantidade de matéria orgânica devido às folhas que caíram das vegetações próximas.

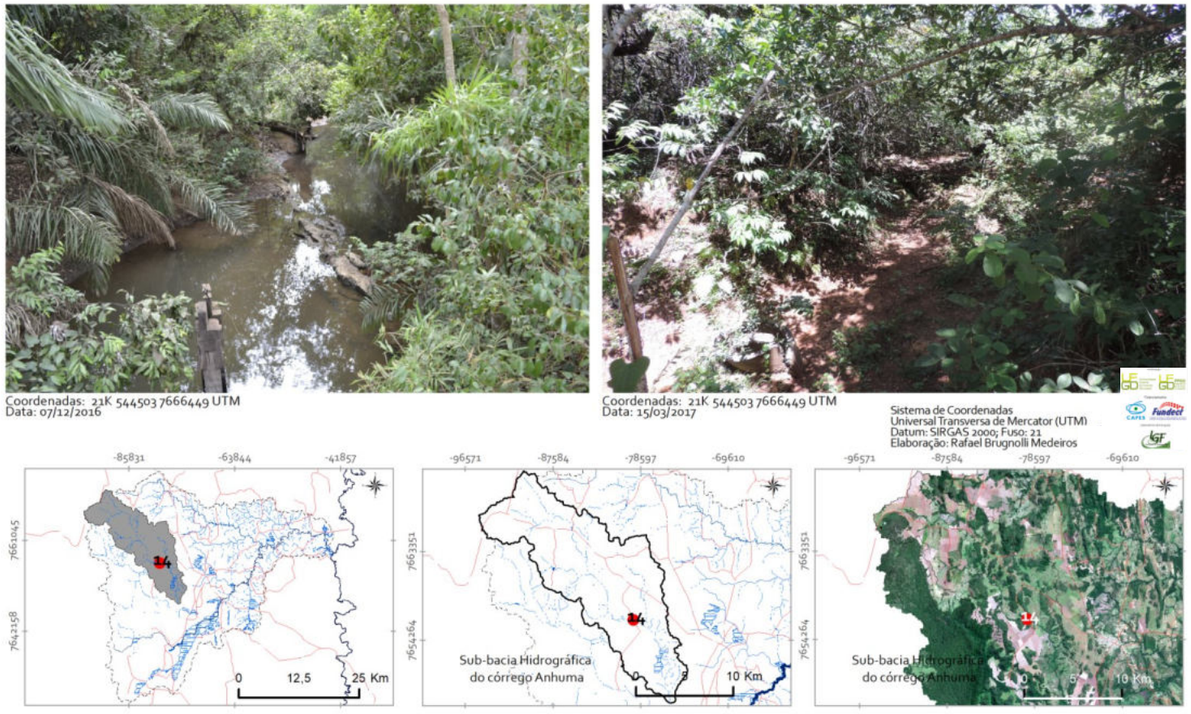


Figura 43: Córrego Anhuma sofreu uma perda total no volume das águas durante o verão de 2016/2017.

Na estação seca foi possível encontrar água em seu leito, o que proporcionou um OD elevado de 7,45 mg/L, mesmo com pouca velocidade de fluxo. Um elemento de destaque encontrado durante a segunda mensuração das águas foi o abastecimento de caminhões pipa para a molha da rodovia MS-382 que está sendo pavimentada. A retirada constante e em grande quantidade das águas de um córrego temporário é um fato impactante e preocupante para a BHRF.

Mesmo com altas precipitações, esse manancial não possui grande volume de água, tampouco velocidade de fluxo, e destaca-se ainda que ambos os períodos de coleta das águas foram mais secos em relação à normal climatológica, portanto, qualquer retirada de água deve ser interrompida.

O caso dos pontos 11, 13 e 14 que se mostraram sem água durante o verão, por outro lado, foi possível coletar água no inverno, pode ser explicado, dentre diversos fatores, pelo seu sistema cárstico que favorece o acúmulo de água subterrânea e, com a falta de chuvas, exerce maior influência sobre as águas superficiais, que abastece os mananciais. Outro elemento de destaque foi a grande precipitação ocorrida no mês de maio como foi citado anteriormente.

A preservação destes córregos se mostra essencial para a manutenção do equilíbrio da BHRF, visto que, os córregos Taquaral e Anhuma são afluentes importantes do córrego Formosinho que, consequentemente, pela perda do volume das águas dos córregos, lidou também com a redução expressiva de sua massa hídrica. O ponto 15 de monitoramento das águas (médio curso do córrego Formosinho) é a jusante do córrego Anhuma, e constatou-se um OD reduzido (6,67 mg/L), se comparado com os demais pontos, que permaneceu no inverno com 6,81 mg/L. Tal dado pode ser movido pela baixa velocidade do fluxo hídrico, bem como pela grande quantidade de vegetação aquática existente, que consome e restringe o OD das águas.

Sua turbidez se mostrou reduzida nos dois períodos de análise, com 1,72 NTU e 0,65 NTU respectivamente no verão e inverno, principalmente pelo longo contato com rochas carbonáticas das formações Bocaina e Cerradinho no alto curso e da formação Serra da Bodoquena no médio curso. Além da turbidez baixa, ocorreu uma elevação nos índices de CE (603,00 µS/cm e 213,00 µS/cm), além da salinidade que tende a elevar-se ligeiramente que, segundo Dias (2000), ocorre devido às grandes concentrações de magnésio, alumínio e cálcio do grupo Corumbá (formações Cerradinho, Bocaina e Tamengo).

O OD do córrego Formosinho melhorou na medida em que se aproximou de sua foz (ponto 16), pois a ligeira elevação da velocidade e diversas quedas d'água existentes provocaram um turbilhonamento das águas e maior oxigenação, que fez o OD se elevar para 9,00 mg/L e 8,68 mg/L, nos períodos do verão e inverno, respectivamente.

A sub-bacia do córrego Formosinho denota extensas porções com uso de culturas e vegetação ciliar, predominantemente de árvores de grande porte, que se tornam um filtro natural que protege e mantém um equilíbrio ao recurso hídrico. O ponto 16 ainda possui outro fator a ser destacado, que é a proximidade com uma mineração e, segundo Silva (2007), as poluições advindas da mineração, geram uma grande quantidade de lama que pode possuir compostos químicos como ferro, calcário, areia e argila.

Mesmo que essas alterações não tenham sido sentidas durante os períodos analisados, a mineração localizada às margens do córrego Formosinho, apesar de respeitar as APPs, pode provocar alterações expressivas nas águas superficiais, sobretudo em épocas mais chuvosas, pois o escoamento superficial tende a levar detritos aos mananciais, o que elevaria sua turbidez, CE, TDS e salinidade, além de amortizar o OD e, conforme Fritzsons et al. (2009), ocasiona a elevação do pH, pois o deixa ainda mais alcalino e altera seu equilíbrio.

O que eleva ainda mais a preocupação com este manancial é que boa parte do alto e médio curso possui uma energia potencial erosiva do relevo elevada, que somadas à precipitação e às extensas culturas, podem causar problemas ambientais como o turvamento recorrente do recurso hídrico.

Os pontos 17 a 21 possuem o destaque de estarem próximos à sede municipal de Bonito (Figura 44). Seus parâmetros de qualidade das águas foram alterados pelo despejo de efluentes e, como no caso da foz do córrego Saladeiro (ponto 20), que está localizado próximo à ETE da Empresa de Saneamento Básico de Mato Grosso do Sul – SANESUL, constatou-se alterações nos parâmetros, sobretudo em épocas chuvosas, como a elevação da turbidez.

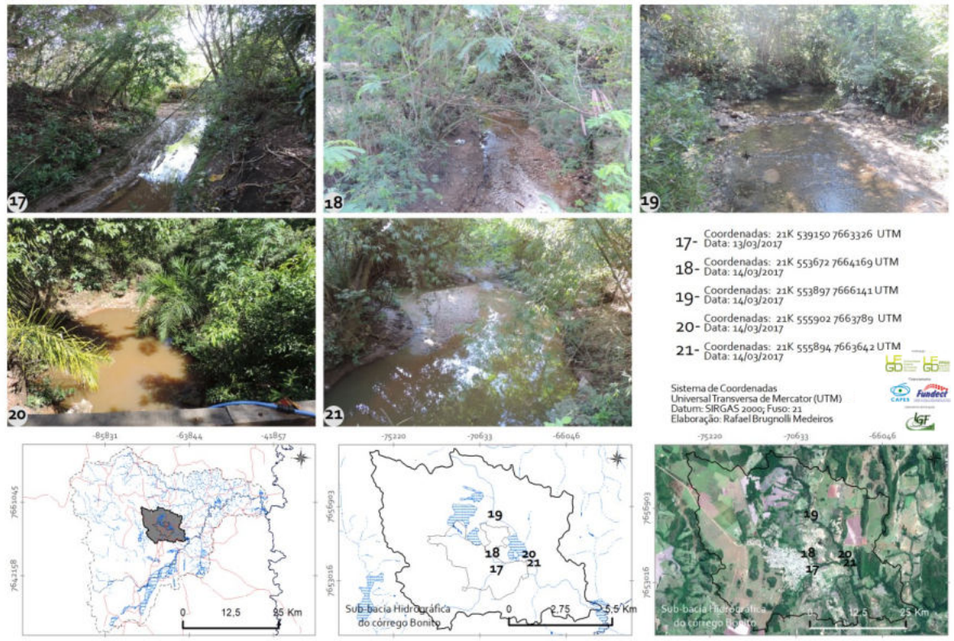


Figura 44: Pontos de monitoramento da qualidade das águas na sub-bacia hidrográfica do córrego Bonito.

O córrego Bonito tem sua nascente na formação Bocaina e, em seu alto curso, transpassa pela formação Tamengo. Contudo, todo seu médio curso está sobreposto em terrenos da subunidade Pelítica do grupo Cuiabá, ou seja, rochas terrígenas que trazem outra característica para a qualidade das águas superficiais.

No ponto 17, uma marcante alteração foi na turbidez, que alcançou 7,14 NTU, porém com a pouca precipitação no inverno, essa turbidez atingiu os níveis médios da BHRF (1,87 NTU). Foi possível constatar que a CE permaneceu elevada nesse ponto, pois, mesmo que as rochas terrígenas abaixem os índices de CE, existe uma grande quantidade de resíduos sólidos provenientes da cidade

de Bonito. Estes resíduos possuem matéria orgânica e proferem ao manancial uma série de compostos químicos e biológicos que alteram sua qualidade. Com isso, todos os parâmetros foram alterados, apenas o OD não tinha sido modificado de forma expressiva devido à velocidade de fluxo existente que provoca uma oxigenação da água.

Outro parâmetro alterado pela entrada desses resíduos, possivelmente domésticos, comerciais e públicos, foi o TDS, que alcançou níveis ruins de enquadramento, com 465,33 mg/L no verão, já se enquadrando na classe III, o que limita sua utilização para consumo humano e torna necessário um tratamento convencional e avançado para melhoria da qualidade de suas águas (CONAMA, 2005).

Já os valores de TDS e CE alteram a salinidade das águas e chegam aos maiores níveis encontrados na BHRF, que é 0,04% no verão. No inverno, o OD caiu de forma expressiva, pois apesar de ainda possuir boa velocidade de fluxo, são notáveis o mau cheiro e a contínua presença de resíduos em suas margens.

O ponto 18 (córrego Restinga) possui um fator igualmente inquietante, que foi a elevação do ORP que chegou a 321,50 mV, e o TDS que assumiu níveis alarmantes, ambos no verão. Quanto maior o potencial redox, mais deficitário é o saneamento, pois seus índices expressam a entrada de compostos oxidantes ou redutores na água.

O córrego Restinga, apesar dessa elevação nos parâmetros supracitados, ainda não possui índices de turbidez elevados, sobretudo por sua nascente e alto curso estarem sobre rochas carbonáticas da formação Bocaina e Tamengo. Contudo, a falta de mata ciliar em alguns locais, possivelmente auxilia na alteração da qualidade de suas águas. Nesse ponto, foram constatadas residências às margens do manancial e uma pequena quantidade de resíduos, que não alterou de forma expressiva o OD no verão, devido ao alto turbilhonamento das águas com sua velocidade (25,00 m/s) e pequenas quedas d'água ao longo de seu canal.

No inverno, a redução da velocidade e no volume das águas resultou na melhora da turbidez, porém, já alterou o OD, que atingiu níveis inseridos na classe IV (3,99 mg/L), além de ser identificado um aumento na quantidade de resíduos domésticos.

O córrego Restinga é um importante afluente do córrego Bonito (pontos 16 e 21), contudo, a qualidade de suas águas está atrelada ao despejo de efluentes domiciliares, comerciais e públicos. O despejo de compostos resulta na proliferação de micro-organismos, cuja respiração acarreta o arrefecimento ou exaurimento total do OD.

O córrego Saladeiro (ponto 19 no médio curso e ponto 20 no baixo curso) é o segundo afluente da margem esquerda do córrego Bonito e expõe uma série de características distintas. Sua turbidez no médio curso permaneceu relativamente baixa com 6,08 NTU, contudo, eleva-se para 41,40 NTU no ponto 20, no verão. Este ponto 20 está a jusante do perímetro urbano de Bonito e da ETE da SANESUL e apontam dois dos principais possíveis contaminadores das águas superficiais. A diferença entre esses pontos vai além das atividades antrópicas.

A CE foi diminuída de forma expressiva do ponto 19 para o 20 (616,00 µS/cm para 324,50 µS/cm). Somado a isso, desde a nascente, o córrego sai de uma superfície cárstica para uma planície aluvial terrígena caracterizada pela queda na declividade. Por conseguinte, a velocidade de fluxo do manancial foi reduzida de 5,28 m/s para 0,25 m/s, o que já impacta no OD, de 8,63 mg/L para 6,59 mg/L. Tal fato, ainda não causa problemas no enquadramento (estão no intervalo da classe I), mas trouxe preocupações para uma eventual e contínua queda no OD.

A piora no TDS no verão (de 282,00 mV para 334,00 mV) e, consequentemente, na salinidade, é preocupante e ocorre pelo despejo de efluentes da cidade de Bonito, bem como da ETE. A salinidade de um sistema fluvial está atrelada diretamente com a entrada de compostos químicos, físicos e biológicos no recurso hídrico.

No caso da BHRF, grande parte dos pontos obtiveram uma CE considerável, o que eleva os níveis de salinidade, mas não necessariamente restringem a balneabilidade do local, devido às características da região. Entretanto, deve-se ressaltar que valores elevados já indicam possíveis contaminações, sejam elas naturais e/ou, principalmente, antrópicas.

O ponto 21 está localizado a jusante (cerca de 150 metros) da foz do córrego Saladeiro. No verão houve uma redução do OD, que chegou a 6,42 mg/L, além de quedas nos valores de CE, TDS e salinidade, que podem estar ligadas a uma série de fatores. Entre tais fatores, destacou-se o contato com rochas terrígenas da subunidade Pelítica do grupo Cuiabá, que também elevam a turbidez (10,97 NTU), com gleissolos háplico ta eutrófico que se caracterizam por originarem ambientes redutores.

Os demais parâmetros alteraram-se ao longo do canal, o que melhora o enquadramento em alguns destes e piora alguns outros, o que resultou em uma manutenção na classe II. No inverno, foi

possível constatar a redução expressiva do CE, bem como em todos os pontos de análise, além da melhoria no OD que atingiu 6,77 mg/L, apesar da redução da velocidade de fluxo. Essa melhoria se deve também à queda dos níveis de turbidez.

O ponto 22 de monitoramento da qualidade das águas está localizado no Balneário do Sol (rio Formoso) e pode-se afirmar que ocorreu uma autodepuração no rio Formoso, sobretudo porque o último ponto de análise é o balneário Municipal. Após este ponto, ocorreu a entrada do córrego Formosinho e o mais preocupante, a entrada do córrego Bonito. Mesmo após sua provável queda na qualidade das águas, o rio Formoso voltou ao seu equilíbrio até o ponto 22 ante dois fatores: a própria capacidade de autodepuração; e a vazão e volume do rio Formoso que é muito maior que esses afluentes.

Foi possível identificar uma queda nos índices de CE, com 467,33 µS/cm (verão) e 170,33 µS/cm (inverno), sobretudo pelo contato com rochas terrígenas da subunidade Psamítica do grupo Cuiabá, formadas por quartzitos com filitos e xistos subordinados. Essa queda na CE evidenciou também a redução do TDS e da salinidade nos dois períodos de análise, o que melhorou seu enquadramento.

O OD, que é o principal parâmetro de análise das águas superficiais por ser essencial à vida dos organismos e no equilíbrio de um sistema fluvial, apresentou índices elevados, sobretudo pela grande quantidade de quedas d'água existentes que provocaram um turbilhonamento das águas e sua oxigenação, que a fez alcançar 7,90 mg/L (verão) e 7,40 mg/L (inverno). Esse é um local em que o rio Formoso possui uma série de meandros, devido à grande planície com rampas alongadas cercadas de vegetação florestal, em um local em que o rio se ramifica em vários canais, que confluem no próprio Balneário do Sol, por meio de algumas quedas d'água, o que eleva a velocidade do canal fluvial. Porém, após encontrar o canal principal do rio Formoso, este subtraiu ligeiramente sua velocidade (8,38 m/s no verão e 11,26 m/s no inverno) devido ao relevo plano.

O pH, no ponto 22, apresentou os valores mais baixos dentre todos os pontos, pois foi o único que atingiu níveis ácidos, mas ainda dentro dos padrões do CONAMA (2005) para uso de suas águas, mesmo assim, não foi possível indicar um fator impactante nesse caso. O que deve ser destacado é que o pH atua juntamente com a temperatura das águas, ou seja, na medida em que a temperatura aumenta, eleva-se o pH (na maioria dos casos), mas devido ao sistema cárstico ostentar uma dinâmica muito diferenciada, isso não se aplica de modo geral, apenas de forma pontual.

Já no inverno, o pH voltou a normalidade (7,92), mostrando que essa alteração se deu no verão devido a algum fator relacionado às precipitações ocorridas cerca de uma semana antes da coleta, em que, mediante informações com os funcionários do atrativo turístico, ocorreu uma elevação da turbidez e o balneário necessitou ser fechado para banhistas.

Após esse evento de precipitação, a turbidez voltou aos valores abaixo da média dos pontos, contudo, o pH necessita, para se equilibrar, do reestabelecimento da temperatura da água ou reestabelecimento dos níveis de sólidos dissolvidos na água que estão geralmente atrelados à turbidez. No mais, o pH baixo evidenciou um ambiente redutor e quando há esse ambiente (consequentemente com baixo OD), o nível ORP fica elevado.

O ponto 23 (médio curso do córrego São João) apresentou, juntamente com o córrego Retiro (ponto 34), características distintas dentre todos os pontos de coleta das águas. Ambas estão situadas, em sua totalidade, em rochas terrígenas, portanto, as características das águas são distintas do sistema cárstico. Com maior transporte de sedimentos em suspensão, reduz-se a translucidez das águas, o que, porém, não necessariamente prejudica seu enquadramento, visto que, o enquadramento das águas vai além dos valores de turbidez somente.

O córrego São João se caracteriza por uma turbidez mais elevada, que chega a 42,50 NTU (verão) e 21,51 NTU (inverno), sobretudo pelo contato com rochas pelíticas do grupo Cuiabá, além de sua nascente estar situada nos arenitos da formação Aquidauana. Além dos fatores que elevam a turbidez das águas, essa sub-bacia é predominantemente aplainada, mas ocupada por pastagens que auxiliam na elevação do transporte de sedimentos em suspensão, ou seja, elevam a turbidez conforme o escoamento superficial.

Isso traz consigo uma dinâmica diferenciada acerca da implantação das atividades turísticas, não se tratando de um córrego utilizado para esse fim, mas ainda assim, essencial para a manutenção do equilíbrio do rio Formoso, pois seu enquadramento ficou na classe I e classe Especial nos períodos do verão e inverno, respectivamente, considerado bom para o uso e consumo desde que haja um tratamento convencional (CONAMA, 2005).

É necessário ressaltar nesse ponto, a redução expressiva nos valores de CE, sobretudo por não possuir contato com rochas carbonatadas, chegando a 63,67 µS/cm e, posteriormente a 23,00 µS/cm. Outro fator que propiciou tal redução é a temperatura das águas, que se apresentou alta, e águas quentes favorecem a menor capacidade de retenção de gases e minerais dissolvidos. Isso

auxiliou, pois trouxue consequências positivas para o TDS, que amortizou seus valores para 39,33 mg/L e 15,00 mg/L, os menores encontrados na BHRF. A diminuição de sólidos totais atrelada à temperatura amortiza a capacidade do sistema fluvial de transmitir eletricidade. Contudo, devido às suas características de CE, TDS e turbidez, ocorreu a elevação dos valores de ORP, que está relacionado, principalmente, à turbidez e temperatura das águas, pois determina a capacidade de ocorrer reações de oxido-redução.

A jusante da foz do córrego São João, no rio Formoso, este último percorre cerca de 8,10 km de extensão até o ponto 24 de monitoramento das águas, o que foi suficiente para ocorrer uma diluição das águas turvas do córrego São João, até pelo volume de água do rio Formoso.

Por meio disso, as características pouco se alteraram dos pontos anteriores ao córrego São João. A CE volta a ficar elevada, com 465,50 µS/cm e 165 µS/cm, pois mesmo com o contato das rochas terrígenas, não é o suficiente para diminuir os valores de CE, já que a presença de grandes volumes de água que advém de sistemas cársticos como o próprio rio Formoso, rio Sucuri e córrego Formosinho, mantêm as propriedades das águas superficiais de zonas cársticas.

Somente ocorrem alterações nos parâmetros da qualidade das águas de forma reduzida e gradual até a foz do rio Formoso, sobretudo a elevação da turbidez e TDS, principalmente pela entrada de outros afluentes de grande volume de água e contato maior com rochas terrígenas, uso e cobertura das terras do baixo curso da BHRF (predominantemente de pastagens) e somados ao neossolo das proximidades (baixo curso). Esse ponto 24 está localizado em rochas psamíticas do grupo Cuiabá, cercado de uma densa vegetação ciliar, mas também com setores predominantemente ocupados por pastagens. Essa proteção da vegetação auxiliou na redução da turbidez e deixou o OD equilibrado (6,70 mg/L e 9,19 mg/L), com isso foi possível enquadrar suas águas na classe I.

O ponto 25 inicia a análise do rio Mimoso, importante manancial, afluente mais extenso e com maior volume de água do rio Formoso, que possui características únicas que diferenciam dos demais tributários analisados. Como pode ser observado, cada afluente possui distinções, especialmente pela composição do meio físico da BHRF com as rochas, relevo, solos e uso das terras, e exercem influência direta sobre os parâmetros físicos e químicos.

O rio Mimoso tem seu relevo aplainado a suave ondulado no alto e baixo cursos e um relevo fortemente acidentado no médio curso. Em seu transecto, perpassa rochas carbonatadas no alto e médio curso e rochas terrígenas no baixo curso, contrastes setoriais que trazem alterações nos parâmetros físicos e químicos das águas.

O ponto 25 manifesta uma superfície cárstica, com relevo plano a suavemente ondulado, até por isso, a velocidade de suas águas é pequena e trouxe consigo uma baixa oxigenação da água, contudo, ainda não há problemas de enquadramento, pois não existem indícios de contaminação ou alteração drástica da qualidade das águas, somente a presença próxima de culturas no alto curso que, em alguns casos, adentra à faixa de proteção especial. Seus índices de OD alcançaram 6,45 mg/L (verão) e 5,09 mg/L (inverno), este último merece atenção, pois já foi enquadrado na classe II, sobretudo devido à redução no volume das águas, aumento da matéria orgânica existente no local e pouco turbilhonamento das águas.

Sua turbidez apresentou melhora de um período para outro, mas ambos permaneceram na classe Especial, porém sua CE foi elevada devido às rochas das formações Cerradinho e Bocaina, que a fez alcançar 615,00 µS/cm (verão) e 234,00 µS/cm (inverno). Suas águas ainda percorrem rochas pelíticas do grupo Cuiabá, mas em pequenas porções, não o suficiente para causar alterações nos parâmetros físicos e químicos das águas.

Uma característica que foi destacada, é o pH, que se mostrou elevado em todos os pontos do rio Mimoso. Segundo Esteves (2011), as influências sobre o pH são de difícil compreensão, pois são inúmeros os fatores que podem alterá-lo. Contudo, segundo a resolução do CONAMA, deve encontrar-se dentro dos limites de 6,0 a 9,0 e tal ponto de coleta, revelou níveis ainda nestes limites (8,50 no verão e 8,03 no inverno). Essa característica alcalina (mais elevada que os demais recursos hídricos da BHRF) provoca diversas feições nas águas superficiais, como as tufas calcárias.

Esse ponto 25 está situado sob a ponte da MS-178, sentido Bodoquena, com uma grande quantidade de culturas em seu entorno, porém, em um relevo aplainado a suave ondulado que suaviza o escoamento superficial em precipitações moderadas, com apenas um adendo no que diz respeito à quantidade de veículos e caminhões que trafegam na rodovia e que podem provocar ligeiras alterações pontuais nos parâmetros da qualidade das águas, como o aumento dos sedimentos em suspensão (turbidez).

No médio curso do rio Mimoso existem grandes cachoeiras, onde atrativos turísticos incentivam uma preservação e conservação das matas ciliares. Em três destas inúmeras cachoeiras

estão localizados os pontos 26 (Cachoeira do Mutum), 27 (Cachoeira do Sol) e 28 (Cachoeira do Sinhozinho) (Figura 45).

Iniciou-se a análise do ponto 26 ressaltando que as características da Cachoeira do Mutum trazem parâmetros diferenciados para as águas, como a baixa velocidade de fluxo. Apesar de se encontrar próximo à cachoeira, o ponto de monitoramento da qualidade das águas está localizado a sua jusante, portanto, ocorre um aumento da velocidade próximo à cachoeira, mas, depois desta, um represamento das águas sobressai. Todavia, esse represamento não foi suficiente para reduzir o OD, devido ao elevado e constante turbilhonamento originado pela cachoeira, que o fez alcançar 8,50 mg/L no verão e 7,92 mg/L no inverno.

Como será possível identificar durante todos os pontos no rio Mimoso, a CE tem um elevado índice, e seus valores alcançaram 620,00 µS/cm e estão relacionados com as rochas carbonáticas calcíticas e dolomíticas das formações Cerradinho, Bocaina e Tamengo. Já no inverno, ocorreu a redução da CE que chegou a 229,00 µS/cm.

O pH, como em todos os outros pontos no rio Mimoso, é elevado devido à alcalinidade de suas águas, provocado por seu sistema cárstico. Apesar dos solos manifestarem variações, seu relevo acidentado revela solos pouco profundos com rochas que afloram em vários pontos em um relevo mais escarpado, com declives que alcançam acima dos 75%, em alguns locais nas proximidades dessas cachoeiras (pontos 26, 27 e 28).

Com sua baixa turbidez (2,11 NTU e 1,66 NTU), as concentrações de cálcio dissolvido marcaram o leito fluvial e tornou possível identificar os afloramentos de rochas metamórficas calcíticas no leito que, ao passar do tempo e do contato com as águas alcalinas, se consolidam, ficam mais resistentes e formam tufas calcárias, que podem, futuramente, se transformar em outras quedas d'água.

O ponto 27 (Cachoeira do Sol) têm aspectos muito próximos do ponto 26, contudo, se difere pelos componentes físicos que estão sob as águas, como as rochas terrígenas da formação Puga. A sua composição de diamictito, associada com paraconglomerados de arenitos, siltitos e folhelho, está situada em um relevo extremamente acidentado, porém, o caminho percorrido pelo rio Mimoso em suas unidades não é suficiente para alterar a composição física e química das águas superficiais.

Por meio disso, ocorreu uma alteração pontual em alguns parâmetros: a turbidez se mostrou reduzida, com 0,81 NTU (verão) e 2,88 NTU (inverno) e já se assemelha ao rio Sucuri. Porém, devido à profundidade do local, não é possível identificar o leito fluvial, e trazem uma percepção diferenciada na comparação com o rio supracitado, dando a ideia de uma água mais turva e com menor translucidez.

Outro fator de destaque foi a baixa velocidade de fluxo pelos mesmos motivos citados no ponto 26, sobre o represamento das águas a jusante da cachoeira. Logo, a constante queda d'água com maior vazão trouxe um turbilhonamento das águas e uma oxigenação considerável que alcançou 9,41 mg/L e 7,63 mg/L de OD. O pH permaneceu elevado, com 8,17 e 8,01, o que mostrau uma tendência do rio Mimoso às águas alcalinas. Isso ficou evidente também no ponto 28 (Cachoeira do Sinhozinho), em que o pH alcançou níveis ainda maiores, com 8,24, porém, no inverno esse valor caiu para 7,99, nada muito significativo e sem motivo aparente.

Outro destaque deste ponto 28 é que a turbidez permaneceu baixa, além de ocorrer uma alta oxigenação das águas devido à cachoeira e fez com que o OD alcançasse 8,90 mg/L e 6,82 mg/L. As rochas interferem expressivamente na qualidade das águas superficiais e o uso e cobertura das terras, predominantemente formado por vegetações florestais e alto porte, auxiliam na manutenção do equilíbrio do sistema fluvial e da boa qualidade das águas.

É necessário destacar algumas situações no rio Mimoso, sobretudo nos pontos 26, 27 e 28 e nos atrativos do rio Formoso, em que se constatou uma grande quantidade de óleos que advêm de cosméticos, como bronzeador e afins, nas águas superficiais. Estes resíduos não são considerados impactantes ainda, pois os volumes das águas de ambos os rios são consideráveis. Entretanto, é um fator que os atrativos devem considerar, proporcionando

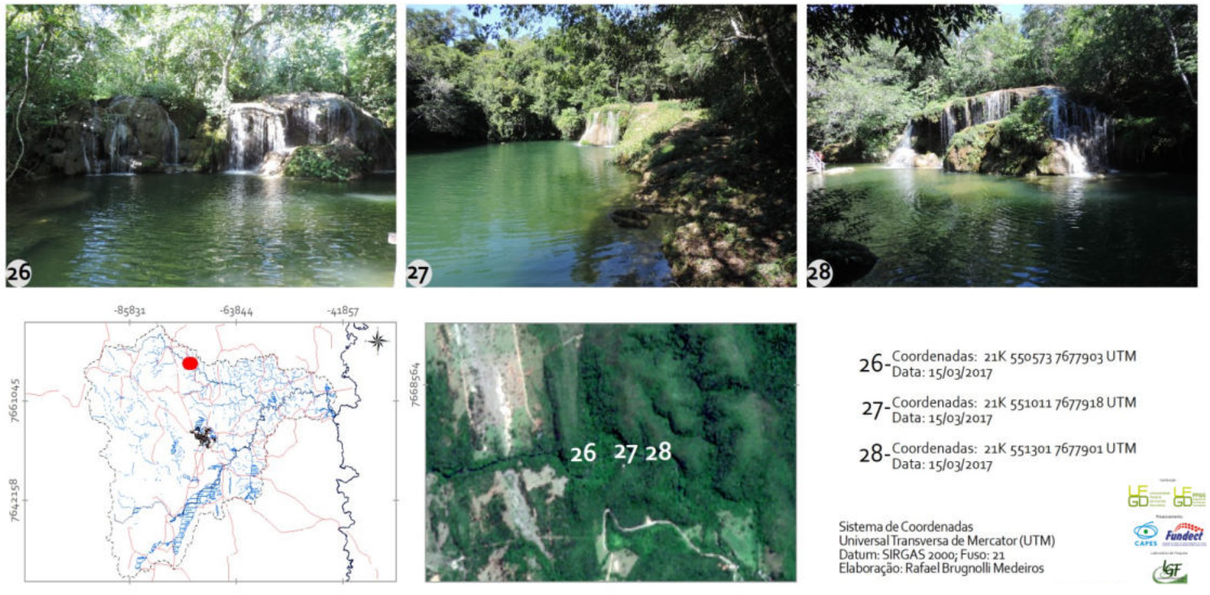


Figura 45: Cachoeiras no médio curso do rio Mimoso, onde estão localizados os pontos 26, 27 e 28 de monitoramento da qualidade das águas.

assim, uma limpeza gradual das proximidades das encostas, locais em que ficam acumulados tais resíduos. Assim, sobre a queda do OD no inverno no ponto 28 (6,82 mg/L) não é possível afirmar que foi devido a esses resíduos, entretanto, existia uma camada oleosa nas margens desse ponto, o que pode ser um fator de arrefecimento do OD.

Após essas grandes cachoeiras e os maiores declives do médio curso da BHRF, está localizado o ponto 29, que exibe boa vegetação ciliar, porém, com pequenas plantações de soja próximas, que podem ser um elemento impactante negativamente nos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais. Esse ponto possui uma boa velocidade das águas devido à pequenas quedas d'água e corredeiras que oxigenam e causam um turbilhonamento das águas, o que elevou para 8,92 mg/L e 9,30 mg/L o OD. Nessas corredeiras foi possível notar a presença de tufas calcárias resultantes do pH elevado (8,35 e 8,12), como já explicado anteriormente.

A CE, apesar de se manter elevada, mostrou uma queda que, se observarmos, vem em uma gradual redução desde o ponto 26, tanto no verão como no inverno, pois o rio Mimoso possui contato, ao longo de seu curso fluvial, com rochas terrígenas que reduzem sua CE. Alcançando assim, 553,00 µS/cm e 194,50 µS/cm, o que evidenciou uma relação com o arrefecimento gradual do TDS.

Após este ponto, ocorre a confluência do principal afluente do rio Mimoso em volume de água: o córrego Espírito Santo (ponto 30), que exibiu, como principal característica, uma elevada CE, explicada não apenas pela influência do sistema cárstico, mas também pelas evidências de contaminação das águas. Estas revelam uma grande quantidade de matéria orgânica, além dos sinais de eutrofização existentes devido à influência do cultivo de soja que, em alguns casos, desprotege o solo e traz sedimentos aos mananciais, o que alterou o OD, CE, TDS e ORP das águas.

As estradas que cortam sua sub-bacia necessitam de uma melhor manutenção e controle de processos erosivos lineares existentes. Tais processos auxiliam no constante carreamento de sedimentos e devido a essas estradas não manejadas e declive acentuado, ocorrem impactos negativos às águas superficiais, que alteram também as águas a jusante, no rio Mimoso.

Por meio dessas prováveis interferências, a CE desse córrego apontou para 702,00 µS/cm e 251,50 µS/cm, com elevadas taxas de TDS (449,50 mg/L e 163,50 mg/L) e de ORP (450,00 mV e 155,50 mV). Essa alta concentração de sólidos dissolvidos favoreceu a elevada condutividade elétrica, o que deve ser um alerta para uma análise de qualidade química mais detalhada destes compostos. Estes parâmetros evidenciaram alterações no equilíbrio desse manancial, elevando a preocupação com a manutenção de sua qualidade em níveis aceitáveis.

No ponto 30 ainda, o pH permaneceu elevado, em que foi possível notar a presença de tufas calcárias no leito fluvial, porém, sua sub-bacia possui rochas terrígenas como o diamictito da formação Puga (médio curso) e as rochas pelíticas e psamíticas do grupo Cuiabá (baixo curso), que alteram as características dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais, como a elevação de sua turbidez.

Cerca de 2 km após o córrego Espírito Santo desaguar no rio Mimoso, está localizado o ponto 31, a alta TDS (404,50 mg/L e 140,00 mg/L) do córrego Espírito Santo fez com que ocorresse uma elevação também da CE do rio Mimoso em ambos os períodos de análise e a fez atingir a 632,50 µS/cm e 215,50 µS/cm. Além disso, ocorreu uma ligeira elevação da turbidez, mostrando que o volume das águas (córrego Espírito Santo) que adentram no rio Mimoso foi suficiente para alterar seus parâmetros, o que eleva a necessidade do alerta levantado com relação aos cultivos de soja e manejos das estradas no alto e médio curso da sub-bacia do córrego supracitado.

O OD desse ponto obteve uma redução, com 7,52 mg/L (verão) para 7,30 mg/L (inverno), o que ainda não é preocupante no tocante ao enquadramento das águas, especialmente pela pequena queda d'água existente a poucos metros a montante, que realiza uma oxigenação constante das águas superficiais. Nesse ponto foi possível identificar grandes tufas calcárias em meio aos afloramentos de rochas metamórficas como os mármores calcíticos e dolomíticos da subunidade carbonática do grupo Cuiabá, que pode influenciar no pH alcalino e alcançou 8,27 (verão) e 7,92 (inverno).

É possível identificar marcas do intemperismo nessas rochas e essas marcas são resultado de diversos fatores, tanto pela ação antrópica como a construção da ponte da rodovia MS-345, a poucos metros a montante, ou a entrada constante de pessoas no local para recreação, como observado durante as saídas de campo, bem como de forma natural, seja pela ação pluvial ou fluvial. Isso traduziu alguns questionamentos acerca de sua proteção, já que o local possui uma mata ciliar bem composta, entretanto, suas margens exibem alguns resíduos domésticos de procedência indefinida.

Ainda na mesma rodovia MS-345, sentido à sede municipal de Bonito, está o córrego Barranco (ponto 32), que tem um volume de água menos significativo, porém, é o maior afluente em extensão do rio Mimoso. Suas águas correm sob rochas carbonáticas das formações Bocaina e Tamengo, no alto e médio curso, sobre mármores da subunidade carbonática do grupo Cuiabá e de

rochas terrígenas da subunidade do grupo Cuiabá, no médio e baixo curso. Devido ao fato da nascente e todo seu alto curso perpassar rochas carbonatadas, sua CE permaneceu elevada com 512,00 µS/cm no verão e 244,50 µS/cm no inverno.

O OD teve uma queda considerável em seus valores (6,39 mg/L no verão e 5,01 mg/L no inverno), principalmente pela baixa oxigenação causada pela pouca velocidade de suas águas, existente nos dois períodos de análise. Essa velocidade do fluxo fez com que exista uma grande quantidade de matéria orgânica devido às folhas que não são levadas pelo curso fluvial, se acumulam neste ponto e absorvem oxigênio.

Convém dizer que sua vegetação ciliar possui elevado porte, todavia, em todo o alto curso da sub-bacia, as plantações de soja estão próximas às nascentes e APPs, sem contar que existem diversos açudes de fazendas que barram o fluxo natural do curso, o que diminui a velocidade das águas e causa alterações na quantidade e qualidade das águas superficiais, sobretudo o OD, TDS e CE.

Com essa redução no volume das águas, o ponto 33, localizado a jusante de sua foz no rio Mimoso, não apresentou grandes alterações, porém nota-se nesse ponto a influência do relevo sobre a qualidade das águas. Os terrenos aplainados das planícies aluviais que variam de 0% a 8% de declividade, muito próximos ao início da depressão do rio Miranda, reduzem a velocidade das águas superficiais e, por meio dessa redução, o OD foi alterado para 6,40 mg/L com uma pequena elevação para 7,18 mg/L no inverno, o que ainda não é preocupante com relação ao enquadramento das águas.

Outro elemento impactante no arcabouço físico-químico águas são as rochas psamíticas do grupo Cuiabá que elevam a turbidez das águas. Essa elevação também ocorre pela predominância de pastagens ao redor do manancial. Com isso, o TDS também é elevado, pois mesmo com essas rochas terrígenas, todo o alto e grande parte do médio curso estão sobrepostos em terrenos cársticos, o que não é suficiente para diminuir a CE e TDS das águas.

Após a confluência do rio Mimoso com o rio Formoso, não foi possível realizar a coleta das águas, devido à falta de estradas e vias de acesso ao rio Formoso. O ponto seguinte de análise foi no córrego Retiro, que é o córrego mais impactado negativamente e de pior enquadramento dentre todos os pontos de análise. Isso ocorre por diversos fatores que foram analisados nos parágrafos seguintes.

O córrego Retiro possui uma sub-bacia hidrográfica assentada em rochas terrígenas das subunidades Pelítica, Psamítica e Conglomerática do grupo Cuiabá. Portanto, só por este fator, a característica de suas águas já indicaria parâmetros diferenciados, mas ao ter como base tal fator, percebe-se que em seus terrenos planos a suavemente ondulados com rampas estreitas, há uma grande quantidade de mananciais temporários, e grande parte deles não exibem APP's bem compostas e respeitadas pelas fazendas ao entorno, ou seja, as pastagens adentram até as nascentes e são locais com desenvolvimento de processos erosivos.

Além disso, seus solos favorecem ao aumento da fragilidade desta bacia hidrográfica, pois sua elevada energia do relevo, somada aos neossolos regolítico distrófico que existem no alto e médio curso da sub-bacia, trazem uma considerável sedimentação e elevação na turbidez das águas, por ser um solo pedregoso, raso e com grande capacidade de perda de seu horizonte superficial. Além disso, o fato de estarem em pastagens com a presença de gado eleva ainda mais a fragilidade desses setores.

Essa turbidez, mesmo que "elevada", ostenta 43,65 NTU (verão) e 21,13 NTU (inverno), é necessário contextualizar que esta é elevada para os padrões da BHRF. Então, a turbidez desse ponto tem uma característica que pode ser explicada pela quantidade de sedimentos em suspensão e da grande quantidade de matéria orgânica existente, seja pela decomposição de folhas e galhos que caem nas águas, bem como pela presença de fatores contaminantes, como animais mortos e sinais de eutrofização, fatores que foram constatados em todas as saídas de campo. Além disso, outro fator que se torna impactante na qualidade das águas é a retirada da vegetação ciliar, fato que ocorre ao longo de toda a sub-bacia do córrego Retiro.

Essa turbidez provoca reações que alteraram o ORP e o elevaram à 442,00 mV, o que implicou também na temperatura das águas. Contudo, no inverno, o ORP permaneceu dentro dos padrões aceitáveis diante da queda da temperatura, CE e TDS, chegando a 146,50 mV. Outro elemento de destaque foi a CE no verão (327,50 µS/cm). As rochas não possuem a característica cárstica (uma das explicações para o CE elevado em quase todos os pontos), mas a grande quantidade de matéria orgânica e sinais claros de contaminação do manancial provocaram essa elevação e transformaram todos os demais parâmetros de análise.

No inverno, devido à redução do escoamento superficial na sub-bacia e à chegada menor de águas carreadas ao manancial pela ação pluvial, a CE diminuiu seus valores a 124,50 µS/cm, o que se relacionou, logicamente, com a queda nos valores do TDS para 81 mg/L. Já o OD, por exemplo, foi o único dentre todos os parâmetros de análise que possui seu enquadramento na classe IV no verão.

Logo, houve uma piora em seus índices no inverno, com 3,78 mg/L, devido à baixa velocidade de fluxo e à grande quantidade de matéria orgânica existente no manancial.

A alteração expressiva da qualidade das águas deste manancial, em relação aos demais analisados nessa pesquisa, vai além dos componentes físicos, como rochas e solos. O uso antrópico dessa bacia hidrográfica provoca influência sobre os parâmetros, tais como as pastagens, em que o manejo é ausente ou deficitário que, na maioria dos casos, provocam o carreamento de sedimentos e maior instabilidade do terreno, pois caso ocorram eventos de chuvas concentradas ou mesmo uma elevação dos níveis de precipitação, haverá um agravamento dos parâmetros.

Notadamente, a inquietação é latente ao notar que mais de 30% da sub-bacia são terrenos frágeis e que o arraste de sedimentos que impactam na qualidade das águas do córrego Retiro advém dessas vertentes, sobretudo por considerar que a sub-bacia do córrego Retiro é a maior concentração de processos erosivos da BHRF, com quatorze erosões lineares como ravinamentos e sulcos, além de erosões laminares em um território de 61,38 km².

Após o córrego Retiro desaguar no rio Formoso, este percorre cerca de 5 km até o ponto 35. Há sinais, nesse percurso, de autodepuração, pois mesmo com a entrada do grande volume de água do córrego Retiro, o rio Formoso consegue se autodepurar, sobretudo pela grande massa hídrica do rio Formoso e, com o passar de corredeiras e cachoeiras em que o OD se elevou a 8,11 mg/L e 8,67 mg/L, houve também uma ascensão da velocidade de fluxo das águas, com índices de 10,19 m/s no verão e 16,39 m/s no inverno, fatores estes que explicam a capacidade resiliente do rio Formoso nesse trecho.

Neste local é possível identificar o afloramento de arenitos da formação Aquidauana, porém, ainda é notória a influência das rochas carbonatadas, o que deixa as águas com pH alcalino e alta CE e resulta na formação das recorrentes tufas calcárias no leito fluvial. Essas tufas elevam a velocidade das águas mesmo em meio a um relevo plano a suave ondulado, pois causam pequenas corredeiras que auxiliam na elevação do OD e oxigenação das águas, que voltam a ter um enquadramento melhor.

A turbidez das águas voltou a ser reduzida, assim, é possível constatar o arrefecimento dos sedimentos suspensos nas águas, em um local que o rio Formoso se torna mais amplo e com grande quantidade de meandros. Logo, identificou-se a presença de várias áreas úmidas próximas às suas margens. Esses setores úmidos, pertencentes à planície aluvial terrígena do rio Formoso, seguem até a sua foz e é ainda mais notório no ponto 36, em que grandes veredas existem em meio à vegetação florestal na planície do rio Formoso, pois são locais em que há a presença marcante de arenitos da formação Aquidauana com extensos afloramentos nas margens do rio Formoso.

Todavia, os sedimentos inconsolidados dos Depósitos Aluvionares são mais presentes, o que causa o transporte de areia, cascalho, silte e argila pelo manancial e que, por sua vez, originou esta interferência na turbidez, sobretudo em épocas chuvosas como na primeira mensuração da qualidade das águas, apresentando-se com o valor de 6,42 NTU. Já no inverno, a redução considerável do volume das águas do rio Formoso amortizou o transporte de sedimentos em suspensão e, consequentemente, a turbidez foi alterada positivamente, visto que alcança 3,32 NTU. Ante a este arraste de sedimentos inconsolidados, é visualmente clara a grande quantidade de bancos de areias que se formam nas margens do manancial e que são mais evidentes em épocas mais secas.

Essa turbidez elevada ficou atrelado ao TDS extremamente elevado no verão, com 582,50 mg/L, o que tornou este o único, dentre todos os pontos, a ser enquadrado na classe IV para o TDS. Houve uma melhora considerável deste parâmetro no inverno, já que seus valores ficaram abaixo da média, com 102,00 mg/L. Entretanto, mesmo com o TDS elevado e com o processo de difusão do oxigênio das águas de modo vagaroso, o turbilhonamento e agitação ocasionado pela velocidade de fluxo elevou a oxigenação, que alcançou a 9,69 mg/L (verão) e 8,29 mg/L (inverno).

As áreas preservadas desse setor do rio Formoso fazem com que seu enquadramento fique na classe II, o que proporciona uma boa qualidade, porém, por ser uma água salobra, necessita de cuidados quando o assunto é a ingestão da população, pois águas com essa característica têm propriedades laxativas. Por mais que essa bacia não apresente grande porcentagem de abastecimento público, sua ingestão pode causar problemas de saúde à população devido as suas águas alcalinas, além de sua elevada condutividade e TDS.

Nesta análise foi possível identificar as influências do meio físico sobre a qualidade das águas, o que não necessariamente altera todos parâmetros físico-químicos, mas pode ser que modifique um destes e isso, por sua vez, acarretará em alterações nos demais, o que modificaria o equilíbrio do manancial, bem como o enquadramento das águas superficiais.

Logo, partiu-se para a necessidade de se entender as relações existentes entre os próprios parâmetros de análise das águas superficiais. A correlação de Pearson analisa os parâmetros de forma geral e determina correlações em que o índice de 1,00 significa maior correlação e o -1,0, a menor correlação (Tabela 5).

Tabela 5: Matriz de correlação de Pearson, que identifica as relações existentes entre os parâmetros de análise das águas superficiais da BHRF.

Matriz de Correlação de Pearson	OD	CE	pH	Turbi-dez	Veloci-dade	Temp. do Ar	Temp. da Água	ORP	TDS	Salini-dade
OD	--	-0,07	-0,17	-0,3	0,64	-0,12	-0,14	-0,22	0,03	0
CE	-0,26	--	0,21	-0,61	0,05	-0,17	-0,01	-0,13	0,75	0,84
pH	-0,17	-0,31	--	0,2	-0,35	0,43	0,58	0,41	0,22	0,11
Turbidez	-0,26	-0,44	0,4	--	-0,29	0,45	0,41	0,63	-0,52	-0,61
Velocidade	0,52	-0,39	0,03	-0,24	--	-0,26	-0,26	-0,43	0,13	0,08
Temp. do Ar	-0,02	-0,53	0,11	0,43	0,16	--	0,52	0,31	-0,1	-0,17
Temp. da Água	-0,19	-0,45	0,21	0,57	0,01	0,81	--	0,47	0,16	-0,2
ORP	0,21	0,28	-0,46	-0,24	-0,06	0,23	0,28	--	-0,17	-0,31
TDS	-0,22	0,69	0,12	-0,26	-0,28	-0,38	-0,4	0,17	--	0,68
Salinidade	-0,16	0,71	-0,37	-0,04	-0,27	-0,43	-0,25	0,17	0,24	--

Verão
Inverno

Org.: Elaborado pelo autor.

A correlação mostrou um OD altamente correlacionado com a velocidade das águas, sobretudo por meio da agitação, turbilhonamento e consequente oxigenação das águas superficiais, o que faz com que, quanto maior a velocidade, mais elevado será o OD, sempre se levando em conta que esta análise é de forma geral, mas que pode dar a entender algumas tendências acerca da qualidade das águas.

Por outro lado, a turbidez não possuiu influência, necessariamente, na oxigenação das águas, pois foi dependente de outros fatores. No caso dessa bacia hidrográfica, as rochas e o uso e cobertura das terras são os que mais a alteram, mas que não definem o OD das águas, ou seja, uma água com índices elevados de turbidez pode ter um enquadramento melhor do que águas extremamente translúcidas, já que esse fator é dependente de outros parâmetros e componentes do meio físico.

A maior influência que a turbidez ofereceu na BHRF é sobre o pH, ORP e temperatura (água), tais influências podem ser explicadas pelo fato de que quanto menor a translucidez, maior vão ser os feixes de luz solar que transpassam a água, o que eleva temperatura do manancial e causa influências no pH. Já com o ORP, não foram encontradas nas literaturas sua relação com a turbidez, o que pode ser algo circunstancial. É necessário destacar apenas uma hipótese de que altos índices de turbidez limitam as reações químicas devido à pouca entrada dos raios solares na massa hídrica. Portanto, a maior influência que a turbidez exerceu é sobre o potencial de óxido-redução das águas no verão e na temperatura durante o inverno.

Já a CE possuiu dois parâmetros que a influenciaram e que ficaram notáveis com a análise da qualidade das águas superficiais, tanto o TDS como a salinidade. Assim, seja pelas rochas carbonatadas ou quando a contaminação do manancial é alta, há uma elevação também na salinidade das águas, bem como do TDS. Em praticamente todos os pontos essa relação ficou notável, especialmente com a salinidade, que atingiu um nível de 0,84 no verão e 0,71 no inverno. Tal correlação é a maior dentre todos os parâmetros analisados. Em contrapartida, a CE não foi relacionada com a turbidez das águas dos períodos de análise, por isso não teve relação com a capacidade de transmissão na luz solar pelo recurso hídrico.

Já o pH apresentou, nos períodos de análise, uma característica muito dependente da temperatura, seja do ar ou da água, até por este motivo que as análises de maior veracidade devem ser realizadas na própria saída de campo, pois a retirada das águas para análise laboratorial já pode alterar a temperatura e, consequentemente modificar o pH das águas. Sendo este, um dos parâmetros menos alterados em comparação com outras regiões. Nos sistemas cársticos, este é mais elevado do que em sistemas terrígenos, devido às águas ricas em $CaCO_3$ (alcalinas).

Em comparação com outras bacias hidrográficas, Lelis et al. (2015) apontaram valores próximos a 8 de pH nos rios Formoso e Mimoso. Já Oliveira (2014) e Brugnolli, Pinto e Miguel (2017) trouxeram valores perto de 6 em sub-bacias hidrográficas predominantemente terrígenas. Por fim, a salinidade das águas apresentou diversos fatores de influência, seja por uma possível contaminação, mas também por influência dos níveis de TDS e CE. Essa alteração não comprometeu o enquadramento das águas, visto que os valores observados ainda são amortizados, com 0,05%.

Durante este ano de 2017 as águas da BHRF obtiveram influências das rochas (principalmente), uso e cobertura das terras e precipitação. Porém, os demais componentes do meio físico e antrópico, provocaram alterações menos nítidas, seja por solos ácidos ou básicos, seja por uma elevada energia potencial do relevo, terrenos acidentados, dentre outros fatores que, se correlacionados, podem causar ações prejudiciais à qualidade das águas e modificar a característica de seus parâmetros físicos e químicos.

As águas se mostraram de boa qualidade, com alterações ao longo dos parâmetros e dos pontos de monitoramento. De maneira geral, observou-se que a qualidade das águas predominantemente sobressaiu-se às altas condutividades, com exceção feita aos pontos de monitoramento que tem sua bacia hidrográfica sobreposta em terrenos terrígenos, o que fez com que a condutividade se reduza em condições normais e sem contaminação.

Outro elemento a se destacar foi o pH alcalino da BHRF, pois em quase todos os pontos analisados foi possível identificar elevados índices, principalmente devido ao carbonato de cálcio das rochas que influenciam as águas da BHRF. Com exceção feita a alguns pontos, como a ressurgência (ponto 4) e o ponto 22 (balneário do sol), que exibiram em um de seus períodos, inverno e verão, respectivamente, valores baixos de pH.

O oxigênio dissolvido foi o principal indicador do enquadramento das águas, pois sua redução, em alguns pontos, como os próximos à sede municipal de Bonito, indicou possíveis contaminações. Outros pontos de destaque foram aqueles que possuíram reduzida velocidade (pontos 4, 25, 32 e 34), o que atenuou o turbilhonamento das águas.

A turbidez se mostrou um diferencial desta bacia hidrográfica, pois sua translucidez ficou nítida com os dados encontrados, com exceção feita aos pontos em que suas bacias hidrográficas estão localizadas em rochas terrígenas (pontos 23 e 34), mas, mesmo assim, encontram-se valores de turbidez aceitáveis. A ênfase tem que ser dada ao rio Sucuri, com uma turbidez que alcançou os menores índices encontrados nesta análise, tanto no período do inverno como no verão, com índices abaixo de 1 NTU.

Já o ponto 20 apresentou alta turbidez no verão e está localizado em terrenos calcíticos, o que acarretou essa elevação é a proximidade com a ETE da SANESUL que, com a elevação das precipitações nesse período, a periodicidade do lançamento do esgoto tratado ao manancial hídrico é mais elevada. Mostra-se que a qualidade das águas apresentou valores importantes, sobretudo no que diz respeito ao OD, pH e turbidez. Contudo, alguns destaques precisam ser feitos, como a alta condutividade e TDS, que prejudicam o enquadramento das águas, porém, não limitam a balneabilidade, apenas restringem o consumo humano.

O enquadramento das águas superficiais, ao longo dos 36 pontos de coleta das águas nos dois períodos de análise em 2017, seguiu as normas e preceitos da resolução 357/2005 do CONAMA (Tabela 6).

Tabela 6: Enquadramento médio da BHRF durante o ano de 2017.

Pontos	Curso Fluvial	Enquadramento Verão de 2017	Enquadramento Inverno de 2017	Enquadramento Médio de 2017
1	Rio Formoso – Alto Curso	I	I	I
2	Rio Formoso – Montante do Rio Sucuri***	I	I	I
3	Rio Sucuri - Nascente***	I	I	I
4	Rio Sucuri - Resurgência***	II	II	II
5	Rio Sucuri – Alto Curso***	I	I	I
6	Rio Sucuri – Médio Curso***	I	I	I
7	Rio Sucuri - Foz***	I	I	I
8	Rio Formoso – Jusante do Rio Sucuri***	I	I	I
9	Rio Formoso – Alto Curso***	I	Especial	I
10	Rio Formoso – Balneário Municipal***	I	I	I
11	Córrego Taquaral – Médio Curso	*	II	II
12	Córrego Serradinho – Médio Curso	I	I	I
13	Córrego Serradinho - Médio Curso	*	I	I
14	Córrego Anhuma – Médio Curso	*	I	I
15	Córrego Formosinho – Médio Curso	I	I	I
16	Córrego Formosinho – Baixo Curso	I	I	I
17	Córrego Bonito – Montante do Córrego Restinga**	II	II	II
18	Córrego Restinga – Médio Curso**	II	II	II
19	Córrego Saladeiro - Médio Curso	I	I	I
20	Córrego Saladeiro - Foz**	II	II	II
21	Córrego Bonito – Jusante do Córrego Saladeiro**	II	II	II
22	Rio Formoso – Balneário do Sol***	I	I	I
23	Córrego São João – Médio Curso	I	Especial	I
24	Rio Formoso – Médio Curso	I	I	I
25	Rio Mimoso – Médio Curso	I	I	I
26	Rio Mimoso – Cachoeira do Mutum***	II	I	II
27	Rio Mimoso – Cachoeira do Sol***	II	I	II
28	Rio Mimoso – Cachoeira do Sinhozinho***	II	I	II
29	Rio Mimoso – Médio Curso	I	I	I
30	Córrego Espírito Santo – Baixo Curso	II	I	II
31	Rio Mimoso – Jusante do Córrego Espírito Santo	II	I	II
32	Córrego Barranco – Médio Curso	I	I	I
33	Rio Mimoso – Baixo Curso	II	I	II
34	Córrego Retiro – Baixo Curso	III	II	III
35	Rio Formoso – Baixo Curso	I	I	I
36	Rio Formoso – próximo à foz	II	I	II
Média		I	I	I

Sistema cárstico
Sistema terrígeno
* Canal Fluvial Seco.
** Área Urbana
*** Atividade Turística
Org.: Elaborado pelo autor.

Ao longo de seus pontos, a BHRF foi enquadrada desde a classe Especial até a classe III, todavia, alguns parâmetros individuais ficaram na classe IV, mas, no enquadramento geral de cada ponto, não foi possível seu enquadramento nesta classe. Portanto, demonstrou-se que a BHRF possui uma boa qualidade de suas águas e é necessário destacar alguns pontos específicos. O ponto 9 e o ponto 23 no inverno foram os que possuíram os melhores enquadramentos da bacia hidrográfica, sobretudo pela alta oxigenação das águas e ORP dentro dos padrões de exigência do CONAMA, sendo assim, preconizadas para consumo humano com desinfecção, preservação de equilíbrio natural das comunidades aquáticas e preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral (CONAMA, 2005).

Já a classe I de monitoramento das águas foi encontrada na maioria dos pontos de análise, seja no verão e/ou inverno, com exceção feita aos pontos 4, 11, 17, 18, 20, 21 e 34. Todos os demais foram enquadrados na classe supracitada, inclusive o enquadramento médio da BHRF, que preconiza seu uso para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação e mergulho); irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de películas e para a proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas (CONAMA, 2005).

Alguns pontos necessitam de cuidados e uma certa preocupação, como o caso do ponto 4 que, por ser uma ressurgência, possuiu alterações de OD, pH e CE, que chegam à classe II nos dois períodos de análise ante a intensa influência hidrogeológica. Os pontos 17, 18, 20 e 21, possivelmente, possuem algum tipo de contaminação, seja sentido pelo forte odor, bem como pela presença de lixo em sua proximidade, com problemas nesses mesmos parâmetros, nos dois períodos de análise.

Os pontos 26, 27, 28, 30, 31, 33 e 36 tiveram aspectos de qualidade piores no verão, principalmente pela alta CE, ORP e TDS. Já os pontos 11 e 34 ficaram com problemas no inverno, sobretudo pelo OD e CE, que foram os principais parâmetros para o seu enquadramento na classe II, o que limita seu uso ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca (CONAMA, 2005).

A classe III surgiu em apenas um ponto de coleta das águas, o córrego Retiro, que é o principal problema ambiental relacionado às águas superficiais nos dois períodos de análise, pois no verão apresentou problemas relacionados ao OD, CE, turbidez, ORP e TDS, e foi preconizado para abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e dessedentação de animais (CONAMA, 2005).

É possível constatar que na BHRF suas águas foram enquadradas (média) na classe I, porém suas alterações são pontuais e, em alguns casos, preocupantes, relacionadas a elementos físicos (como as rochas carbonatadas), ou ainda pela ação antrópica (contaminação pelas propriedades rurais, arraste de sedimentos que provocam erosões, sede municipal, ETE, dentre outros fatores que foram analisados como potenciais causadores de alterações físicas e químicas nas águas superficiais).

Em face do exposto no tocante à qualidade das águas, tem-se a água como o elo entre o meio físico e as alterações antrópicas, visto que sempre indicará que qualquer modificação no recurso hídrico significa possíveis influências físicas e antrópicas como as já citadas no parágrafo anterior. Foi possível constatar que no município de Bonito, o avanço das atividades econômicas vem causando impactos negativos aos recursos hídricos. Com este cenário tendencial, os rios translúcidos e de boa qualidade da água dão lugar a um sistema fluvial completamente comprometido pela quantidade de sedimentos transportados, conforme pode ser vista nos inúmeros e recorrentes episódios na BHRF (Figura 46), que afetam seus principais mananciais, seja por sua extensa porção de drenagem com culturas de soja.

Portanto, por mais que essas porções apresentem manejo de suas terras, o grande e principal problema ambiental enfrentado por esses mananciais diz respeito às entressafras, ou seja, no momento em que grande parte das terras permanecem alguns meses com o solo inteiramente desprotegido e a ação pluvial arrasta esses sedimentos até os níveis menos elevados da bacia hidrográfica.

Esse turvamento não atinge apenas o arcabouço ambiental, mas também social (na eliminação de empregos diretos e indiretos) e econômico (prejuízo financeiro em milhões de reais), sobretudo porque, quando este fenômeno ocorre regionalmente, as principais atrações turísticas da região são fechadas até que a água retorne aos níveis qualitativos aceitáveis para as práticas turísticas de alto nível. Essa demora na resiliência do manancial está cada vez maior, com reportagem e relatos de residentes que afirmaram que essas condições estão cada vez mais preocupantes, pois seus atrativos

permanecem fechados até a água voltar às suas condições translúcidas ou minimamente turva, e isso vem ocorrendo de forma mais lenta com o passar dos anos.

Logo, o “barreamento das águas” trouxe impactos significativos a esse sistema cárstico, seja na redução de sua capacidade resiliente ou pela alteração de seu equilíbrio ambiental, social e econômico. As chuvas ocorridas desde o período desta pesquisa (2016 a 2020) trouxeram diversos episódios de turvamento das águas. Essas reportagens citadas anteriormente são só algumas das inúmeras encontradas sobre essa temática nos últimos anos, inclusive anteriormente a 2016, pois são acontecimentos que atingem Bonito desde o início deste século.

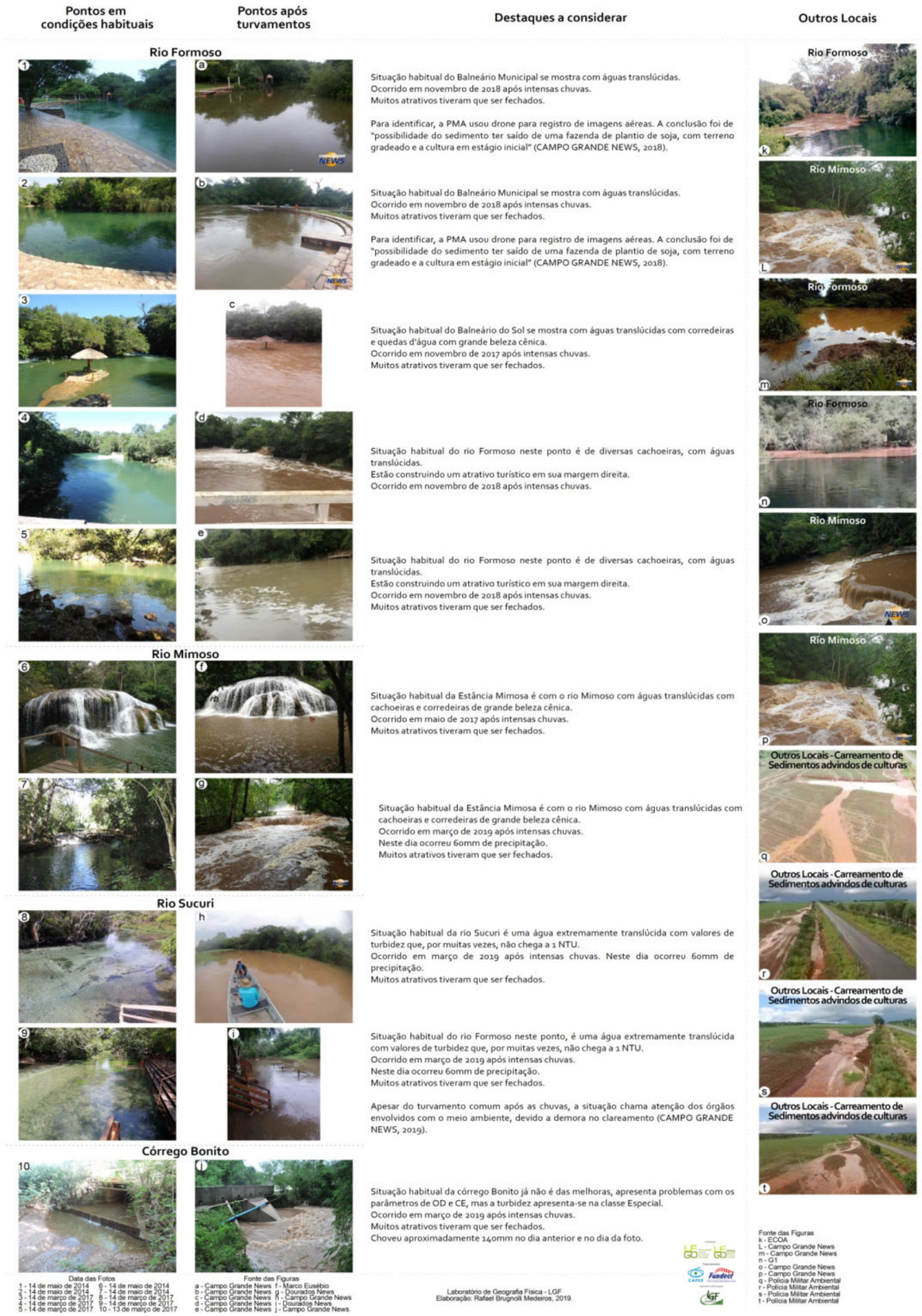
Deste modo, somado ao lado ambiental, o turismo na BHRF, assim como em toda a região da Serra da Bodoquena (que está diretamente vinculado à questão da qualidade hídrica e da presença especial das rochas carbonatadas), encontra-se em risco devido ao próprio avanço da atividade de *commodities* que impactam e suprimem as vegetações nativas e fatidicamente irão inferir na qualidade hídrica mundialmente reconhecida dessa área.

Tais fatos são os principais embates entre ambientalistas, agropecuários e o setor turístico, entretanto, Ribeiro (2017) traz uma importante discussão acerca deste embate, pois argumentos existem de ambos os lados, com ruralistas defendendo que “não são os agricultores que provocam tal situação” e, por outro lado, essa ideia “é rebatida pelos ambientalistas que se utilizam, por sua vez, de argumentos para mostrar que as lavouras vêm causando o turvamento dos rios no município” (RIBEIRO, 2017, p. 146).

Essa discussão parece infindável ante ao avanço das lavouras e do recorrente turvamento dos rios, pois a partir do momento em que se interfere em questões econômicas, isenta-se os ruralistas de culpa. Não cabe a esse Atlas culpar “A” ou “B”, entretanto, buscou-se definir de que forma isso pode ser minimizado e como melhorar para fins de conservação de seus padrões aceitáveis, tanto da qualidade de seus recursos hídricos, das gradativas perdas da vegetação nativa e do avanço da agricultura.

Enquanto isso, há uma massiva alteração e redefinição das paisagens da BHRF, que comprometem o sistema bacia hidrográfica e o tornam ainda mais frágil. Logo, necessita-se de uma alteração nos seus usos atuais, bem como, aperfeiçoamento das atuais formas de manejo das terras, que incidem diretamente na capacidade resiliente dos recursos hídricos e da BHRF como um todo.

Figura 46: Turvamento das águas dos principais recursos hídricos da BHRF, Bonito/MS.



IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

"Se for conhecer Bonito
Vai ter grandes emoções
As paisagens naturais
São as principais atrações,
E os órgãos governamentais
Lutam por preservações"
(ALENCAR, 2014, p. 39)

IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

Esse item compreendeu a identificação e classificação das UP's da BHRF e pautou-se nos componentes físicos e antrópicos analisados anteriormente. A classificação dessas paisagens foi compreendida como uma forma de síntese de todas as informações coletadas, desde suas rochas, precipitação, hipsometria, declividade, dissecação horizontal, dissecação vertical, energia potencial erosiva do relevo, solos, uso e cobertura das terras, fragilidade ambiental e qualidade das águas superficiais.

Tais fatores auxiliaram na definição de UP's, que foram determinadas como uma forma de interpretar e classificar a bacia hidrográfica. Tais componentes transmitiram uma heterogeneidade na paisagem. Logo, compartimentou-se a BHRF ao longo de seis níveis escalares, que seguiram uma proposta inicial de Salinas Chávez e Ribeiro (2017) com adaptações, pois buscou-se uma aplicabilidade perante as características da BHRF.

As unidades de paisagem apresentam uma complexa delimitação, principalmente por denotar um espectro taxonômico variado, que se alastra por um determinado local em que sua existência dependerá do funcionamento de seus componentes, sendo um ponto norteador para esse Atlas, já que indica as unidades a serem utilizadas no zoneamento ambiental e pode até definir propostas e prognósticos para cada unidade. A delimitação dessas, não deve ser identificada como uma divisão territorial, e sim como um sistema que vai oferecer e receber influências de outras unidades, o que proporciona uma dinâmica efetiva.

Por conseguinte, a paisagem foi considerada como um sistema em que ocorrem constantes, complexas e abundantes interações entre seus componentes físicos (rochas, precipitação, relevo, solos e água) e antrópicos (uso e cobertura das terras). Fica claro, portanto, que os agentes antrópicos são definidores da paisagem e sua análise deve ser integrada e sistêmica, já que se trata de um mosaico heterogêneo de componentes, o que determina um visual a essa paisagem. Na BHRF, o fator "cárstico" exerce uma particularidade em todos os componentes da paisagem, sobretudo nos recursos hídricos que a compõe.

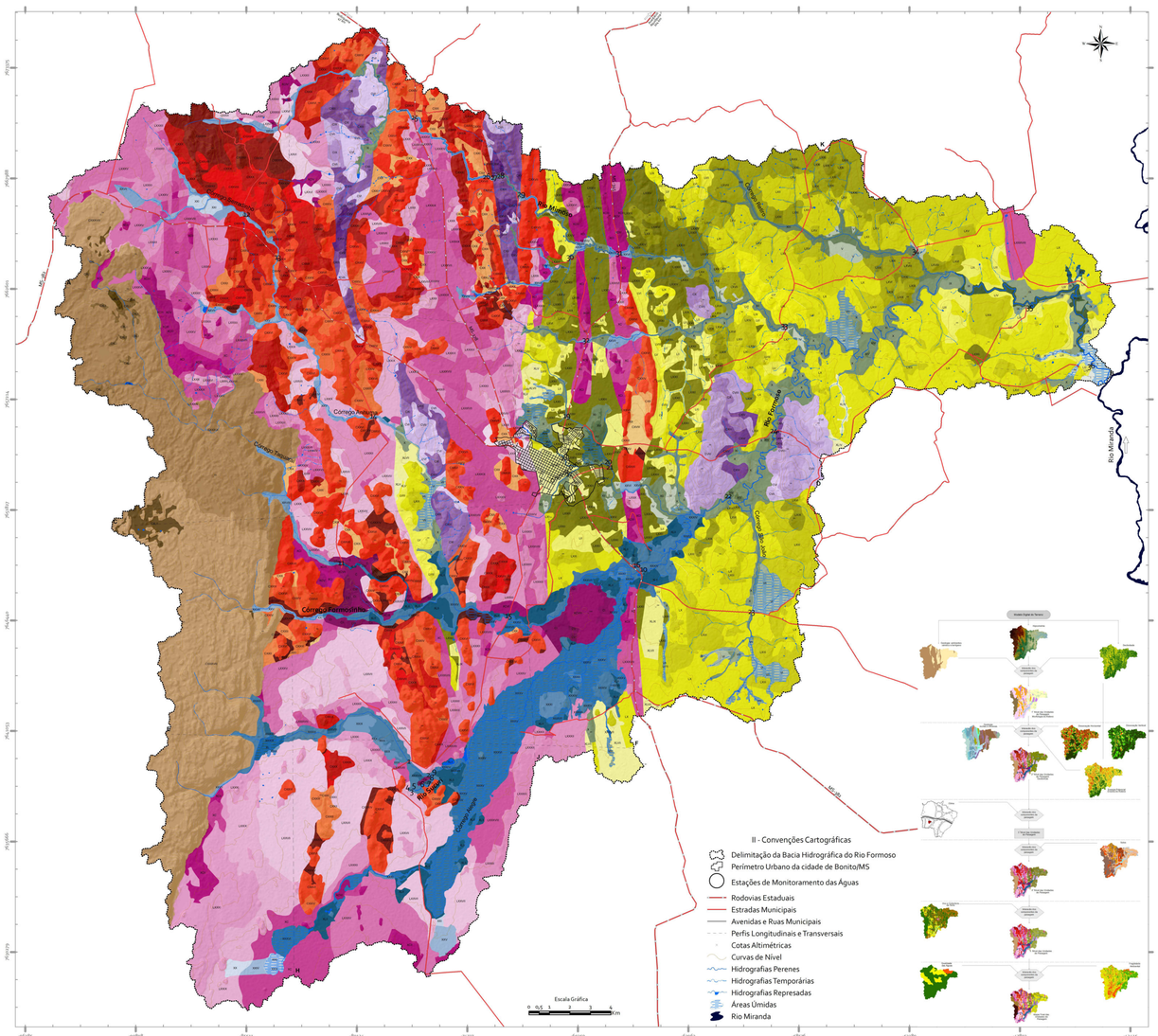
Definiu-se assim, como unidades de paisagem, as zonas homólogas que compreenderam componentes e dinâmicas similares, desde seu substrato rochoso até a zona climática pertencente. Dessa forma, foi necessário estabelecer uma escala de trabalho e análise com seus táxons bem definidos para poder compreender de que forma os componentes se alteram e em que escala isso pode ser analisado, para auxiliar na compreensão da paisagem da bacia hidrográfica.

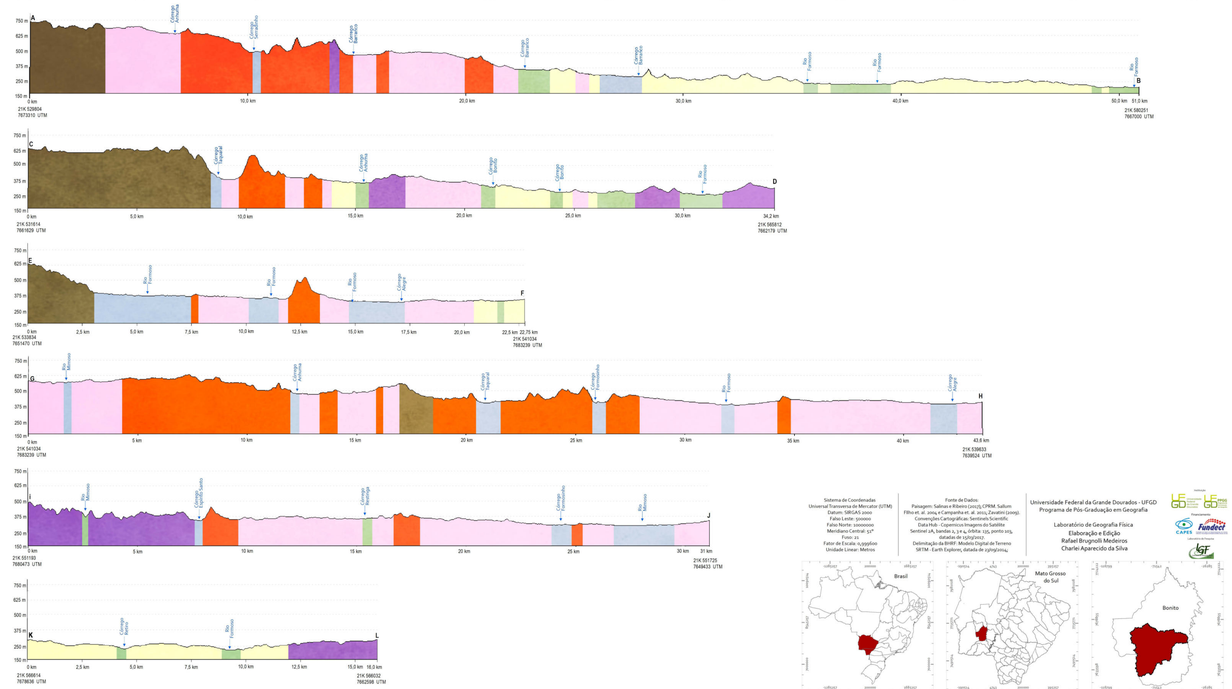
O primeiro nível escalar (tipos morfométricos do relevo), compreendeu a declividade, hipsometria e a diferenciação dos sistemas da BHRF (cárstico e terrígeno). O segundo nível das UP's (Geoformas), abarcou a energia potencial erosiva do relevo e as rochas que estão no substrato. De tal modo, iniciou-se, de forma mais efetiva, a compartimentação da BHRF em unidades homólogas e com dinâmicas próprias.

O terceiro nível das UP's (unidades superiores de paisagem) foi a abordagem da precipitação sobre a paisagem. Contudo, por se tratar de uma área relativamente pequena, em comparação com as zonas climáticas, suas características não ofereceram diferenciações substanciais na configuração paisagística. O quarto nível das UP's, por sua vez, abrangeu as particularidades supracitadas juntamente com os solos e, no quinto nível das UP's, adicionou-se também o uso e cobertura das terras. Por fim, o último nível e o mapa final de unidades de paisagens da BHRF (Figura 47), compreendeu, com mais ênfase, as adaptações na metodologia citada, pois adotou-se uma compartimentação das paisagens utilizando como fatores limitantes, a fragilidade ambiental e qualidade das águas superficiais.

Essas variáveis se inseriram como fatores que trazem à paisagem da BHRF uma distinção, seja pelas altas fragilidades que determinam uma paisagem degradada e com processos erosivos, bem como pela classe III de enquadramento, que trouxe consigo uma área de drenagem única e que se diferencia das demais paisagens da BHRF. Assim, por estes motivos determinou-se suas utilizações como formas de compartimentar a bacia hidrográfica em UP's.

FIGURA 47: UNIDADES DE PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL




A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
Córrego Formosinho
Rio Formoso
Rio Miranda
Córrego Retiro
Córrego Formosinho
Córrego Bonito
Rio Miranda
Rio Formoso
Córrego Formosinho
Rio Formoso
Córrego Formosinho
Rio Formoso
Córrego Formosinho

A primeira grande unidade compreende as **Planícies Aluviais Terrígenas**, que são caracterizadas por estarem associadas às planícies aluviais, lacustres e terraços fluviais, característicos de fundos de vale, de propriedade receptora com acumulação de sedimentos e rochas terrígenas.

Essas regiões ficaram dispostas ao longo de 74,78 km² e com 19 zonas homólogas (UP's), próximos aos principais recursos hídricos e em alguns de seus afluentes que possuem uma planície extensa. Suas rochas são predominantemente formadas por depósitos aluvionares quaternários (areia e cascalho) e grupos de arenito (formação Aquidauana), folhelho (formação Puga) e diamictito, filito, quartzito, metagrauvaca (grupo Cuiabá, subunidades Pelítica, Psamítica e Conglomerática).

Essas paisagens são singulares devido ao seu relevo aplainado a suave ondulado, que não ultrapassam 8% de declividade, com vegetações florestais, áreas úmidas e solos frágeis (gleissolo). Com isso, suas fragilidades apontaram para a classe média, pois mesmo com solos frágeis, a vegetação florestal protege o solo contra a ação das águas pluviais.

Há de se destacar que nessas áreas ocorrem as três classes de enquadramento das águas superficiais (classes I, II e III). As planícies da sub-bacia do córrego Retiro são as áreas mais preocupantes, pois já restringem o uso das águas, além de apresentarem gleissolos, que são frágeis e limitam o uso dessas terras, ainda mais pelas pastagens característica dessas unidades. Com isso, pode-se indicar a necessidade de sua possível recomposição da vegetação florestal em locais já degradados.

De modo geral, as unidades de PAt expõem diversas restrições ao uso de suas terras, por alguns motivos principais: **a)** maioria de suas terras exibem solo extremamente frágil como o gleissolo, sendo estes, periodicamente ou permanentemente (áreas úmidas) saturados em água; **b)** boa parte de suas terras estão situadas em áreas de preservação permanente, o que restringe, no aspecto legal, seu uso para todas as funções; **c)** algumas áreas possuem fragilidade ambiental alta; **d)** algumas de suas águas são enquadradas na classe III.

Todas as unidades encontradas exibem algumas dessas restrições e, consequentemente, estão aptas parcialmente ao uso das terras, com ênfase dada apenas à unidade IX, que se destaca por não ter nenhuma restrição quanto aos aspectos ambientais. Entretanto, cerca de 10% de suas terras então sobre APP's, o que limita seu uso legalmente, já o restante é recomendado para todos os usos. O que se destaca dessa unidade é que esta exibe uma energia potencial erosiva do relevo muito suave a suave, com rochas resistentes frente ao intemperismo, em que predominam a pastagem em plintossolos. Os plintossolos (característico dessa unidade) mostram uma fragilidade baixa e média, além de apontarem para os recursos hídricos em sua zona de influência na classe I de enquadramento.

A segunda grande unidade de paisagem, as **Planícies Aluviais Cársticas,** são unidades relacionadas às planícies aluviais, lacustres e terraços fluviais, característicos de fundos de vale, de propriedades receptoras com acumulação de sedimentos e rochas carbonáticas com formação de tufas calcárias e travertino. Esse carste proporciona feições completamente distintas da primeira unidade (aspectos que advêm das rochas carbonatadas), o que se faz necessária a separação dos calcários e mármores calcíticos e dolomíticos das formações Bocaina, Cerradinho, Tamengo e da subunidade Carbonática do grupo Cuiabá; com os calcários puros, tufas calcárias e travertino da formação Serra da Bodoquena.

Com sua compartimentação, foi possível constatar 24 unidades de paisagem que abrangeram um total de 92,64 km². Esse carste exibe, em sua maioria, solos frágeis como o gleissolo, sobretudo nas margens dos recursos hídricos, além de estarem localizadas nos fundos de vale, que traduzem em um relevo aplainado a suave ondulado, com comprimentos de rampas estreitas, mas com uma amplitude baixa, o que reduz a energia potencial erosiva do relevo.

Já em outras áreas mais distantes dos mananciais, mas ainda na planície aluvial, o chernossolo é maioria, solo este que é extremamente fértil, porém frágil. Com isso, devido à fragilidade deste solo, há diversas limitações de uso, sobretudo o gleissolo. Já o chernossolo depende das demais variáveis, como a declividade da região e rochas sobrepostas, além disso, a vegetação florestal e pastagens são predominantes nessas áreas de PAc.

Outro fator de destaque nessas unidades é que as rochas carbonatadas são mais frágeis em relação às terrígenas, menos resistentes ao intemperismo e com menos estabilidade de seus minerais. Sobretudo as unidades que estão sobrepostas em terrenos da formação Serra da Bodoquena, que possui uma textura pulverulente, em que uma de suas feições existentes na paisagem, que é a formação de tufas, é mais permeável e favorece a percolação das águas, além de elevar sua restrição.

As unidades da planície aluvial cárstica possuem grandes distinções, dentro da própria grande unidade, sobretudo por essas características cársticas, também pelos solos saturados de água e relevo aplainado que não ultrapassam 8% de declividade e desenvolvem extensas porções de descarga hídrica, a maior delas é o banhado do rio Formoso (Figura 48).

De modo geral, as PAc exibem diversas limitações de uso, bem como a primeira grande unidade, em que se destacam os seguintes aspectos: **a)** a maioria de suas terras têm um solo extremamente frágil como o gleissolo e chernossolo; **b)** boa parte de suas terras estão situadas em áreas de preservação permanente; **c)** muitas áreas com fragilidade ambiental alta e muito alta; **d)** a fragilidade é advinda do calcário, o que torna necessário maior atenção aos demais componentes da paisagem.

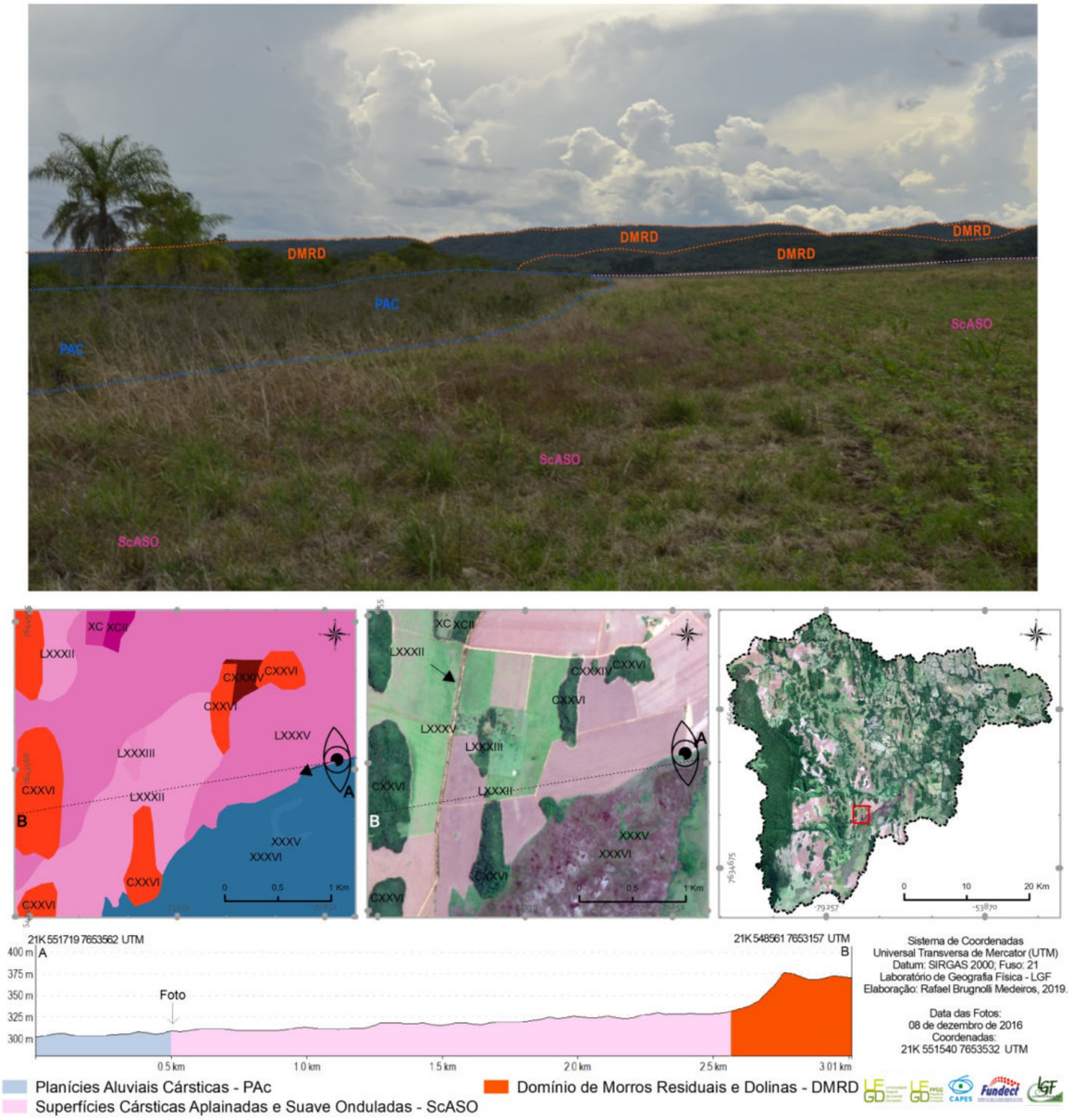


Figura 48: Paisagem típica da PAc, envolvida pelas ScASO.
Fonte: Associação O Eco; Campo Grande News.

Logo, destaca-se que todas as unidades da PAc apresentam alguma restrição que impede um uso total e irrestrito de suas terras, com ênfase apenas a uma unidade, que é a XXIV, pois esta exibe a menor restrição, apenas com relação ao carste. Localizada no alto curso da BHRF, exibe um relevo aplainado a suave ondulado, sobreposta em terrenos de calcários calcíticos das formações Bocaina, Cerradinho e Tamengo, em que a pastagem é predominante, além dos nitossolos, que são mais resistentes perante as ações do intemperismo e possui uma energia potencial erosiva do relevo muito suave a suave.

Das demais unidades, entre aquelas que denotam maiores restrições, destacam-se as UP's com os chernossolos e gleissolos, somados aos calcários calcíticos da formação Serra da Bodoquena, pois possuem níveis de fragilidade mais relevantes que devem ser ponderadas e ter um uso restrito de suas terras. Por outro lado, um destaque importante dessas UP's da PAc é a melhora nas águas superficiais dessas unidades, sobretudo devido à redução da turbidez e aumento do OD das águas, que traz uma beleza cênica que individualiza essas UP's.

A terceira grande unidade a ser analisada foi a **Superfícies Terrígenas Aplainadas e Suave Onduladas,** qualificadas por estarem associadas a terrenos de rochas terrígenas e por possuírem um relevo aplainado a suave ondulado, submetidas ao desenvolvimento erosicional e com processos de denudação com formas isoladas de morros residuais de vertentes pouco íngremes.

Essa grande unidade está compartimentada em 31 unidades de paisagem, que totalizaram 328,86 km², caracterizadas por sua diversidade de rochas terrígenas, como os arenitos, diamictitos, siltitos e folhelhos da formação Aquidauana, os diamictitos paraconglomerados, arenito, siltito e folhelho da formação Puga, os filitos com quartzitos subordinados e conglomerados, além de xistos, metarenitos, mármores das subunidades Pelítica, Psamítica e Conglomerática do grupo Cuiabá e, por fim, os xistos grafitosos da formação Rio Bacuri.

Sua principal característica, além das rochas supracitadas, é o relevo que alcança um máximo de 20% de declividade e com altitudes que variam de 200 a 380 metros acima do nível do mar. Contudo, essas unidades não possuem uma característica pedológica definida, já que compreendem solos profundos como o latossolo, rasos como o neossolo, mas que não abrangem solos hidromórficos como o gleissolo, por não estarem situadas em áreas de descargas e zonas receptoras.

Os recursos hídricos dessas regiões merecem destaque, pois existe um grande número de mananciais perenes, temporários e intermitentes. Outra característica dessa unidade de paisagem é

que seu relevo aplainado possui, em suas cercanias, e quase que em sua totalidade, morros residuais, que compreendem tanto a unidade DMR (Domínio de Morros Residuais), como a DMRD (Domínio de Morros Residuais e Dolinas), caso da Figura 49.

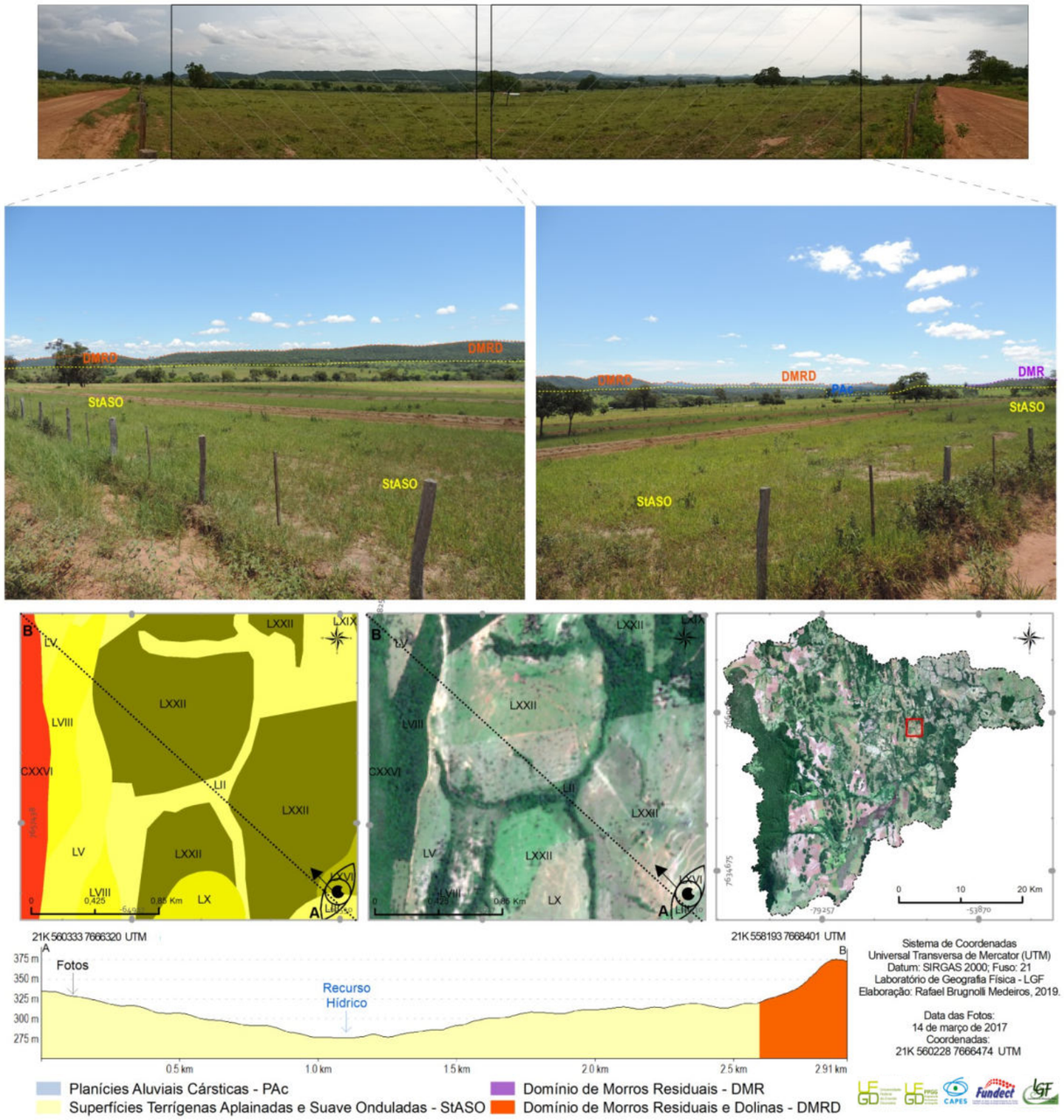


Figura 49: Superfícies da unidade StASO, cercada por DMRD e DMR.

De forma geral, as StASO apresentam características que limitam o uso das águas em algumas áreas, pois: **a)** possuem muitas paisagens, em que seus recursos hídricos são enquadrados nas classes II e III; **b)** há paisagens em que o predomínio de solos rasos, como o neossolo, limita o uso, além de elevar a fragilidade dessas áreas; **c)** ainda com relação ao solo, as áreas de chernossolo também são encontradas e estas podem sofrer processos erosicionais dependendo das demais subclasses de rochas, declividade, potencial do relevo, entre outros; **d)** muitas áreas oferecem uma fragilidade ambiental alta, sobretudo aquelas que estão localizadas em áreas de pastagem e que necessitam de manejo de suas terras, a fim de minimizar os possíveis impactos ambientais.

Existem algumas unidades de paisagem que são preconizadas para determinados usos perante os seus componentes físicos. Destaca-se a unidade XLVII, que está sobreposta em rochas pelíticas do grupo Cuiabá, além dos latossolos, que reduzem a fragilidade e proporcionam maior aptidão ao uso das terras. Com isso, o cultivo de soja é marcante, sobretudo pela baixa declividade, que alcança até 8%, ou seja, seu relevo aplainado com rampas alongadas e de pouca amplitude reduz a energia potencial do relevo.

Outra unidade que mereceu destaque, sobretudo por ser a unidade com maior abrangência na BHRF, é a unidade LX (Figura 50), que exibe declives de 3,01% a 8,00% com rampas que alcançam um máximo de 1.000 metros e amplitudes variadas, sobreposta em rochas pelíticas, psamíticas e conglomeráticas do grupo Cuiabá, arenitos da formação Aquidauana e xistos grafitosos da formaçao Rio Bacuri.

Essas características, somadas ao latossolo, favorecem a baixa fragilidade de suas terras, o que torna necessário elencar que os recursos hídricos que foram analisados e que estão situados nessa unidade, estão enquadrados na classe I. Além disso, um dos componentes mais visuais da paisagem, que é o uso das terras, é caracterizado pelas pastagens.

A grande unidade de paisagem **Superfícies Cársticas Aplainadas e Suave Onduladas** tem, por característica, estar associada a terrenos de rochas carbonáticas com aplainamento e suave ondulação, submetidas ao desenvolvimento erosicional e de dissolução química do modelado cárstico, o que resulta em áreas de poljes e com processos de denudação com formas isoladas de morros residuais de vertentes pouco íngremes.

Essa unidade foi compartimentada em 31 UP's de último nível, em que já está definida a interação entre todos os componentes da paisagem. Logo, foi a unidade com a maior área de

abrangência, alcançando 386,26 km² com aspectos singulares e que diferem expressivamente da grande unidade citada anteriormente.

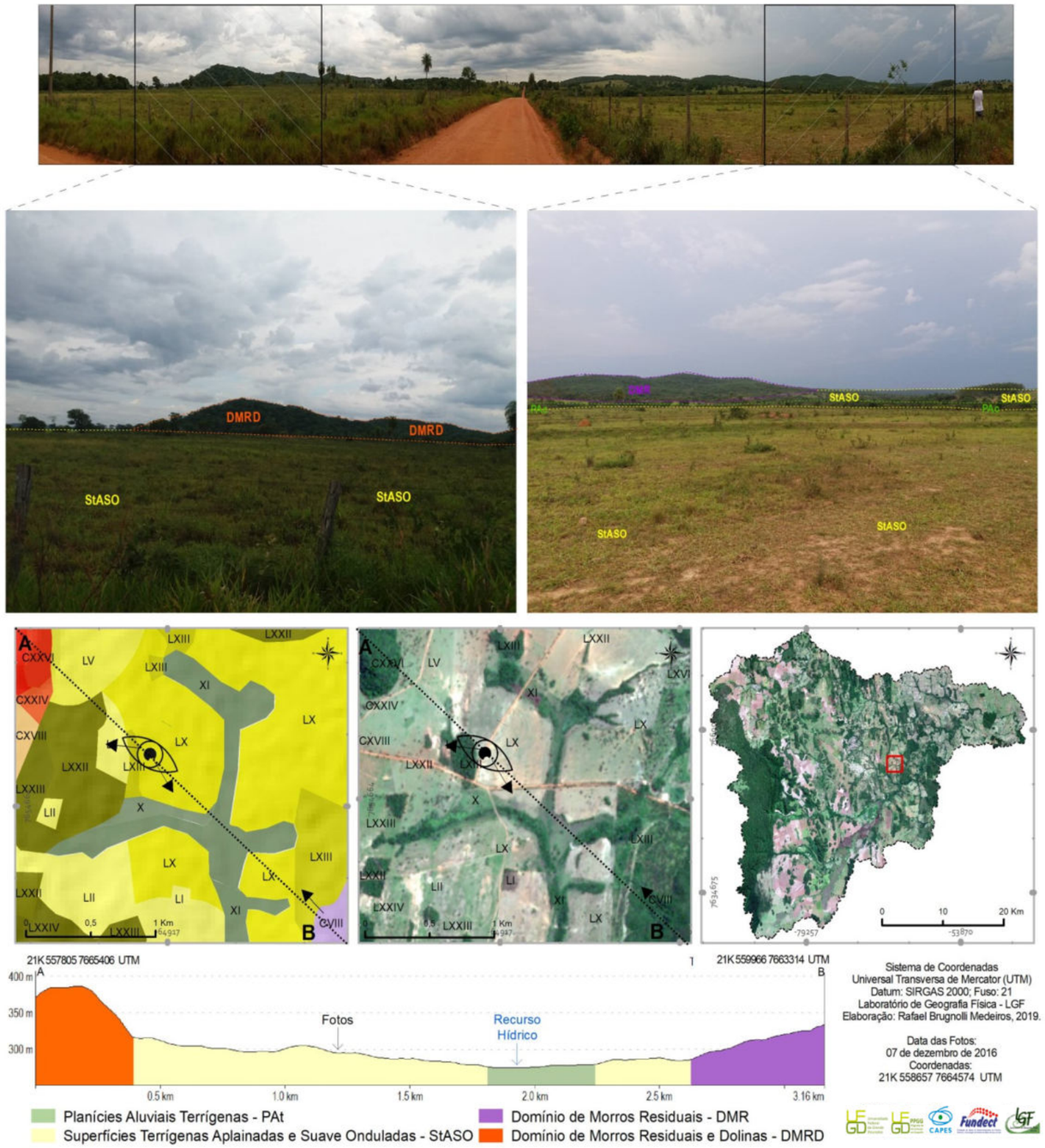


Figura 50: Em primeiro plano, a unidade CXXI, maior unidade de paisagem da BHRF.

Segundo Stevanović (2015), as rochas cársticas reduzem a quantidade das águas superficiais. Trata-se de um sistema frágil em que são necessários diversos tipos de preocupações acerca dos impactos ambientais e que também carece de intervenções para adaptar esse sistema às necessidades humanas.

Uma dessas afirmações é notável, tanto no campo como na análise das imagens de satélite e dos componentes da paisagem, que é uma característica marcante das paisagens cársticas. Assim, a rede de drenagem se faz em maior quantidade, de forma vertical e subterrânea, pois o calcário calcítico e dolomítico, mediante suas fissuras, caminhos e galerias, faz com que ocorra uma ausência ou redução considerável de segmentos fluviais superficiais. Fato este, que pôde ser comprovado com as análises morfométricas da rede de drenagem.

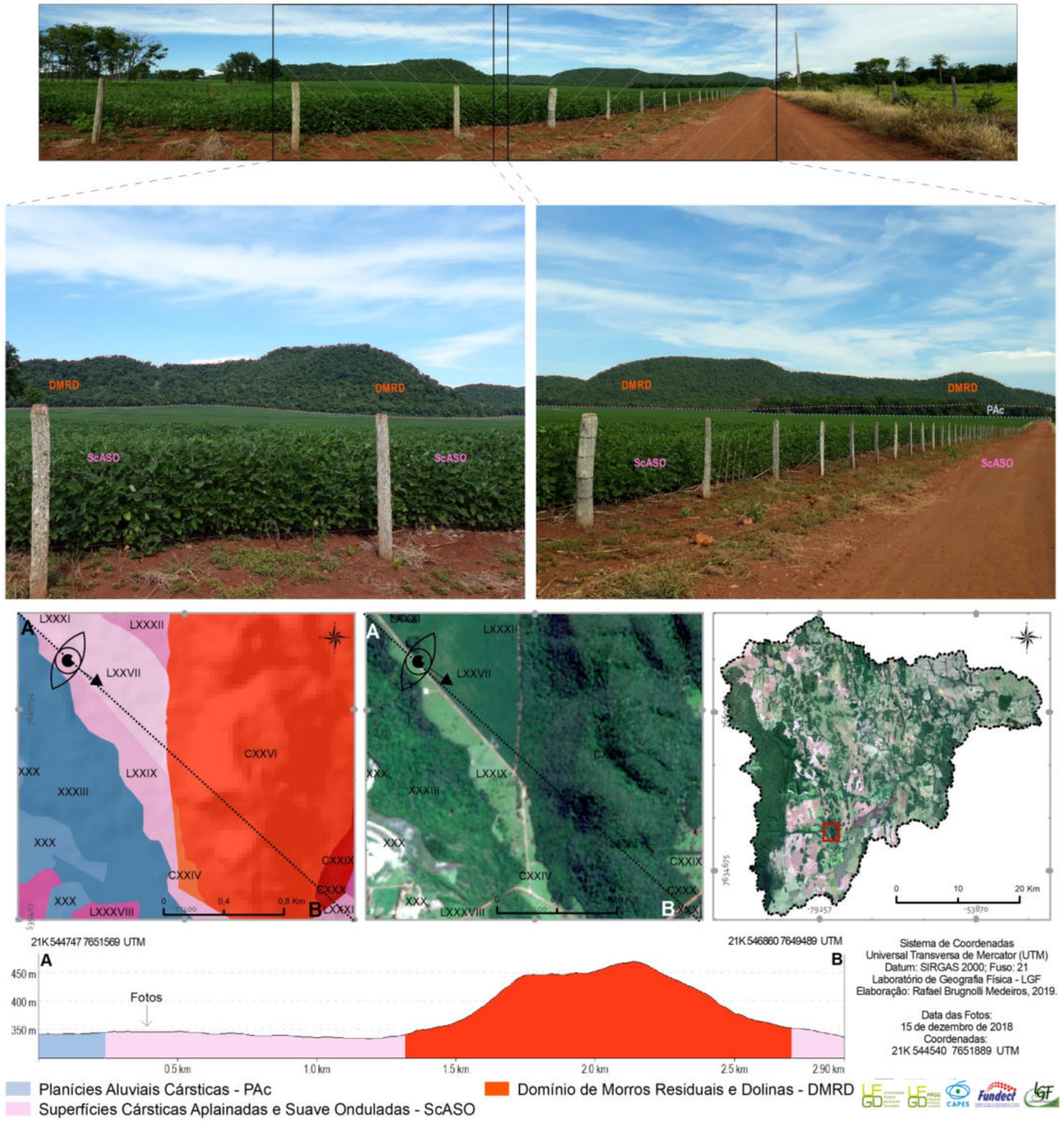
Com o destaque atribuído às características intrínsecas na paisagem, esses setores possuem calcários calcíticos das formações Bocaina, Cerradinho e Tamengo, os calcários e mármores dolomíticos da subunidade Carbonática do grupo Cuiabá e formações Cerradinho e Bocaina e as tufas calcárias e travertino da formação Serra da Bodoquena. Sua compartimentação se iniciou por essas rochas que estão sob o terreno e que determinam as feições de uma paisagem cárstica.

O relevo também se apresentou com predominância de declives suaves e pouco ondulados, que originam rampas mais alongadas, de menor amplitude e com pouca energia de seu relevo. Porém, devido ao calcário, sua fragilidade se torna mais elevada, especialmente ao ser correlacionada com os demais componentes da paisagem.

Com isso, a superfície possui uma erosão vertical que, em sua maioria, se evolui nas diaclases que, caso constatadas, devem ser monitoradas, pois suas rochas solúveis e permeáveis causam, em alguns casos, solapamentos. Esses terrenos têm, como principal característica, extensas áreas aplainadas cercadas quase que em sua totalidade pelo desenvolvimento de domínio de morros residuais, sejam cársticos, como a unidade DMRD, como também terrígenos (DMR).

Essas porções, que em muitos casos se associam às áreas de poljes e depressões cársticas, que são caracterizaidas pelas terras férteis, seja pela fertilidade advinda do calcário calcítico e dolomítico, bem como pelas grandes áreas de chernossolos, que apresentam um alto teor de matéria orgânica. Portanto, a fertilidade, somada ao relevo aplainado que não ultrapassa 20% de declividade, favorecem a mecanização agrícola e elevam a produção e lucros das empresas que a utilizam. Logo, existem extensas áreas de culturas de soja (Figura 51).

Esses setores determinam toda a paisagem da borda oriental da serra da Bodoquena. Essa forma de uso das terras adentra cada vez com mais intensidade e alcança até o tálus da serra e dos morros residuais que a cercam. Devido à fragilidade já discutida, é extremamente necessário o monitoramento das ScASO, sobretudo nas unidades que enfrentam o avanço dessas culturas, tanto no sentido norte quanto sul da BHRF, que são as direções em que as culturas tendem a expandir.



Fi gura 51: Superfícies cársticas, em sua maioria, está tomada por lavouras em áreas extremamente planas que circundam morros residuais.

Em sentido oeste, ocorre uma barreira natural que é a serra da Bodoquena. No sentido leste, ocorrem obstáculos em que se destacam os solos rasos e pedregosos (como o neossolo) e solos profundos, porém inférteis (como o latossolo). Na região leste da BHRF, já estão estabelecidas as propriedades rurais voltadas à criação de gado de corte.

De forma geral, as ScASO caracterizam-se por componentes que, quando correlacionados, preconizam o uso das terras para determinados fins, o que estabelece os conflitos entre o potencial de uso e sua real utilização. Como principais limitações, pode-se citar que possuem: **a)** extensas áreas com fragilidade alta devido, sobretudo, devido ao calcário e chernossolos; **b)** muitos recursos hídricos na classe II de enquadramento; **c)** alguns solos frágeis (neossolos) mesmo que em pouca abrangência e outros solos férteis, porém frágeis como o chernossolo; **d)** apesar de aptos a determinados usos, os chernossolos têm restrições devido à sua baixa porosidade e alta fragilidade perante as ações das águas pluviais.

A unidade LXXXII foi destacada, pois está sobreposta em calcários calcíticos e dolomíticos das formações Bocaina, Cerradinho e Tamengo e mármores dolomíticos da subunidade Carbonática do grupo Cuiabá, além dos latossolos que reduzem a fragilidade e proporcionam maior aptidão ao uso das terras. Sua baixa declividade (3,01% a 8,00%), ou seja, seu relevo suave ondulado, com rampas alongadas e de pouca amplitude, reduz a energia potencial do relevo (muito suave a fraca) e favorece a entrada de culturas.

Por outro lado, a maior unidade da ScASO (unidade LXXVII) ostenta diversas restrições quanto ao uso das terras e é utilizada para culturas de soja. Suas restrições se iniciam com os calcários calcíticos e dolomíticos das formações Cerradinho e Bocaina, somado ao chernossolo rêndzico órtico, a junção destes dois componentes favorece o arraste da camada superficial do solo, sobretudo pelas culturas de soja, que em épocas de colheita deixam o solo exposto durante períodos chuvosos, o que pode turvar recursos hídricos próximos.

Esse setor específico é recomendado para a pastagem desde que práticas conservacionistas sejam realizadas e que estas atuem tanto na redução do escoamento superficial como na melhoria e manutenção da fertilidade do solo. Para as culturas, tais características possuem uma série de outras limitações, e necessitam, além das práticas citadas, a rotação e intercalamento das colheitas, além

de outras formas de contenção como curvas de nível, bacias de contenção, terraceamento (em alguns casos) entre outras maneiras de se conter, minimizar e dissipar o arraste de sedimentos.

A grande unidade de paisagem denominada de **Domínio de Morros Residuais** está associada a um conjunto de morros residuais ou morros residuais isolados, que proporcionam vertentes íngremes com rochas terrígenas, de característica transmissora de energia e matéria.

Para a diferenciação desses setores com as demais unidades terrígenas, utilizou-se a irregularidade da topografia, em que a vegetação florestal é destaque, bem como os altos declives que alcançam até 75%, com rampas estreitas e de alta amplitude. Seu relevo é dissecado com vales encaixados.

Essa área encontra-se compartimentada em 12 UP's, dispostas ao longo de todas as regiões do alto e médio curso da BHRF, que abrangeram um total de 65,87 km². Essas unidades apresentam grupos de arenito, diamictito, filito, folhelho, quartzito e metagrauvaca das subunidades Pelítica, Psamítica e Conglomerática do grupo Cuiabá e formações Aquidauana e Puga. Estas possuem baixa fragilidade, o que contrasta com as vertentes íngremes e estreitas.

O que se define como principal fator de destaque na fragilidade e também nestas UP's, é o uso e cobertura das terras formados, predominantemente, por vegetações florestais. Contudo, algumas áreas de culturas e, principalmente, pastagens, já influenciam na gênese de outra paisagem para o DMR.

Essas paisagens, em alguns casos, são resultado do desmatamento das vertentes dos morros residuais, sobretudo no médio curso da BHRF, nas proximidades do córrego Espírito Santo. Essa região e sua cercania possuem uma grande diversidade de unidades de paisagem, principalmente pela heterogeneidade das rochas (especialmente), declives e solos (Figura 52).

O DMR, apesar de possuir pouca abrangência, exibe uma paisagem única, pois suas rochas terrígenas modelaram em um relevo acidentado, que aponta para os chernossolos e latossolos como predominantes, recortado por grandes recursos hídricos, como o rio Mimoso, córregos Espírito Santo e Taquaral e o próprio rio Formoso e, em todos eles, sua planície é restrita.

De forma geral, os componentes físicos da DMR trazem consigo limitações ao uso de suas terras e, assim como todas as grandes unidades, destacam-se alguns aspectos como: **a)** áreas urbanizadas em uma das unidades (CXVII), que trazem preocupações com relação a possíveis casos de contaminação de seus mananciais, bem como da alta fragilidade constatada nessa unidade; **b)** recursos hídricos na classe II de enquadramento; **c)** as áreas de pastagens encontradas, em sua maioria, são resultado do desmatamento das vertentes e topo de alguns morros residuais; **d)** o neossolo em algumas unidades, além do que já foi citado, com relação ao chernossolo; **e)** declives elevados e, em vários locais, acima de 45%, o que resulta em áreas de preservação permanente.

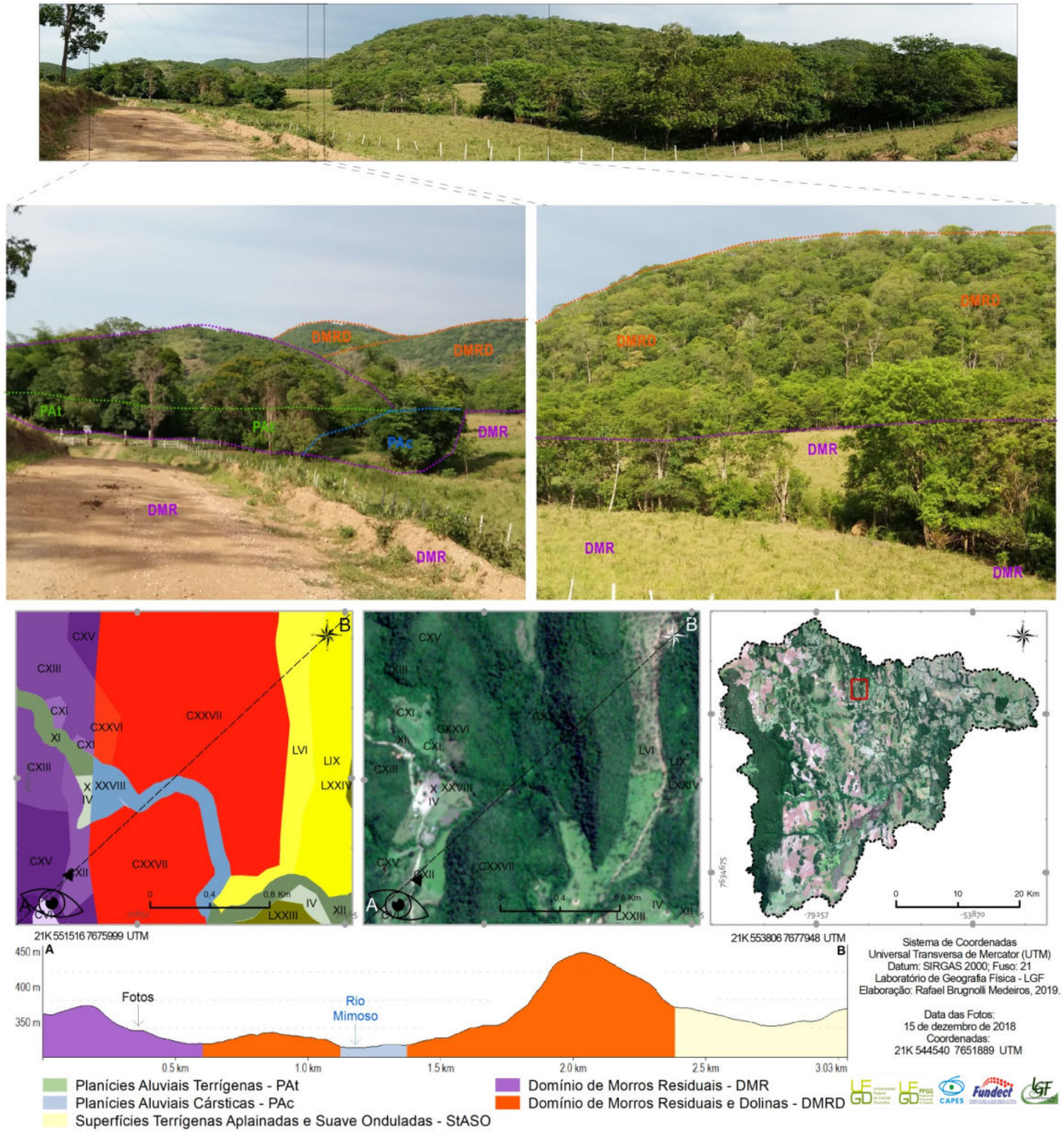


Figura 52: Área da BHRF com grande heterogeneidade de UP's.

A grande unidade de paisagem **Domínio de Morros Residuais e Dolinas** está associada a um conjunto de morros residuais ou morros residuais isolados, que proporciona vertentes íngremes com rochas carbonatadas de característica transmissora de matéria e energia e que resultam em feições cársticas como dolinas, abismos, cavernas, galerias, entre outras.

A grande unidade abrangeu um total de 226,36 km² e é compartimentada em 20 UP's. Essa quantidade se deve ao fato de apresentar, como já foi dito anteriormente, uma diversidade de rochas, desde os calcários calcíticos das formações Bocaina, Cerradinho e Tamengo, os calcários e mármores dolomíticos da subunidade Carbonática do grupo Cuiabá e formações Cerradinho e Bocaina e as tufas calcárias e travertino da formação Serra da Bodoquena, além da grande variedade de declives, sobretudo por algumas áreas planas estarem cercadas por morros com vertentes íngremes.

As regiões com morros residuais, que é a predominância nessa grande unidade de paisagem, ostentam vales encaixados, principalmente nas proximidades com unidades de paisagem dotadas de Pavimentos Cársticos ou a própria Serra da Bodoquena, com diversas feições cársticas na paisagem, sobretudo a presença de inúmeras grutas e abismos, como o abismo Anhumas e a Gruta do Lago Azul, mais conhecidos da região (Figura 53).

Destaca-se essas duas feições cársticas em meio às várias outras existentes na BHRF. A Gruta do Lago Azul possui um amplo salão na abertura da caverna, que expõe águas translúcidas e de coloração azulada, em meio aos calcários dolomíticos das formações Bocaina e Cerradinho. A paisagem, no local e em seu entorno, é caracterizada por áreas de vertentes íngremes com vegetação florestal bem composta, o que reduz sua energia do relevo. Porém, o calcário, somado ao chernossolo, elevam a fragilidade dessas áreas, que torna necessário um monitoramento, tanto no arcabouço geológico/espeleológico quanto pedológico e antrópico devido a sua fragilidade perante aos processos destas áreas.

O mesmo ocorre ao Abismo Anhumas, que pertence a mesma unidade de paisagem, ou seja, tem as mesmas características em todos os componentes da paisagem e, não menos importante, também deve ser monitorado, pois ambos são atrativos turísticos com visitação constante. Esse abismo se desenvolveu de forma vertical devido à fragilidade advinda do calcário; sua dissolução química e percolação das águas pelas diaclases da rocha maciça ocasionou o solapamento de

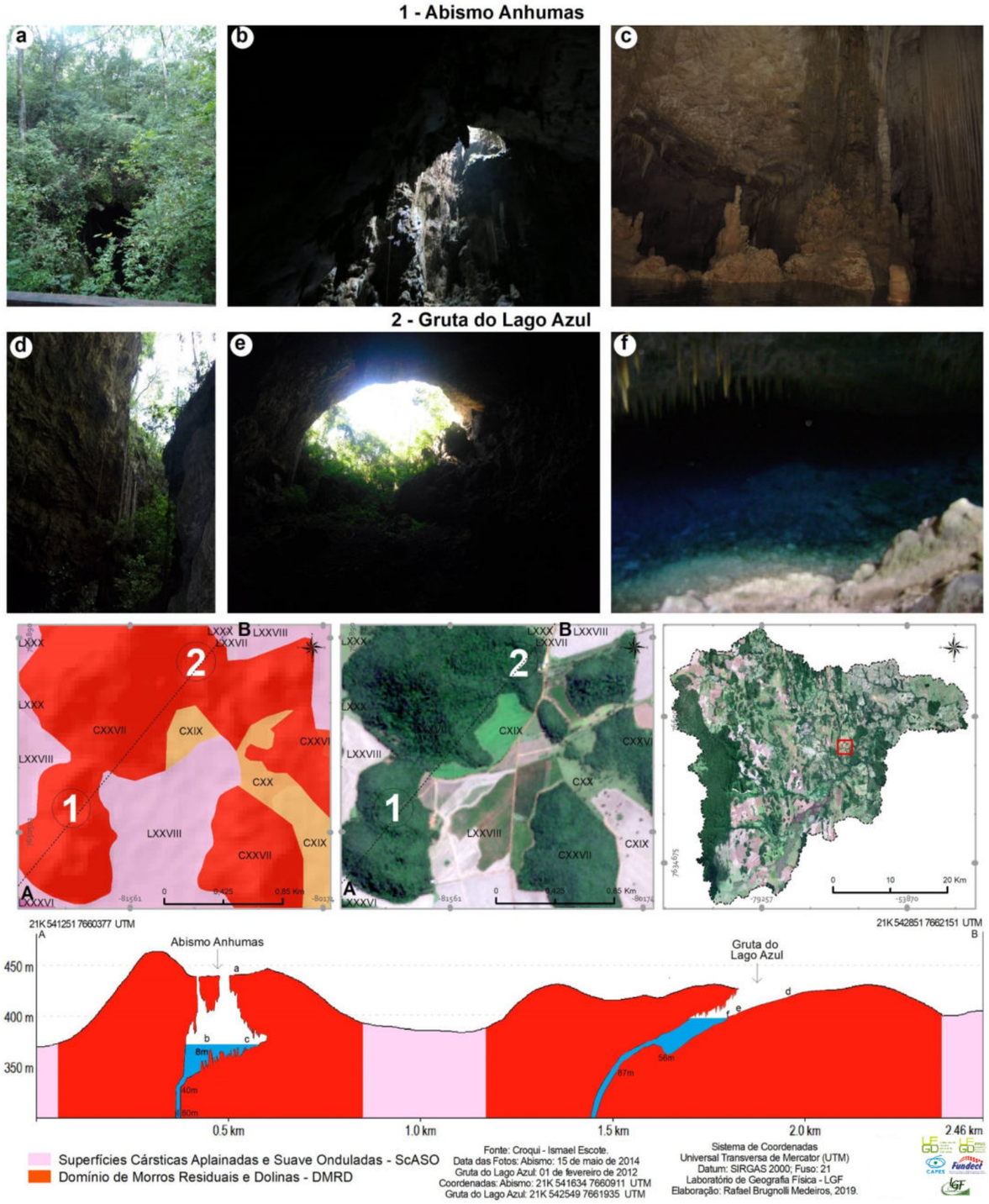


Figura 53: Duas feições características de regiões cársticas como a BHRF.

dolinas, que resultou em uma cavidade que, somada à profundidade do lago existente, alcança 152 metros de profundidade.

Essas paisagens, por mais que abranjam o substrato, oferecem uma estreita relação com as características geológicas da região, exibindo os principais aspectos de uma paisagem cárstica, tais como dolinas, abismos, cavernas, uvalas, lapiás, entre outras. Nessas áreas cársticas, a paisagem possui mais compartimentações diante da diversidade de componentes físicos e aspectos da paisagem.

A grande unidade de paisagem DMRD tem pequenos setores aplainados, resultantes da dissolução do calcário calcítico e dolomítico, porém, que são envoltos a essas UP's com características de morros residuais com vertentes fortemente elevadas e, em alguns casos, com vertentes classificadas como montanhosas e escarpadas. Nestes setores aplainados há a tônica de culturas de soja e milho em solos férteis como o chernossolo, argissolo e o latossolo (eutrófico), até pela facilidade na mecanização e redução de custos com a manutenção das terras devido a fertilidade natural.

Já nas UP's que exibem vertentes fortemente onduladas, se desenvolvem as pastagens (em algumas unidades de paisagem), mas, predominantemente, são formadas por vegetações florestais, sobretudo nas proximidades dos maiores recursos hídricos que cortam essa grande unidade de paisagem, como o rio Mimoso e Formoso, córrego Formosinho, Espírito Santo, Anhuma, Taquaral e Serradinho.

De maneira geral, as paisagens da DMRD apontaram algumas unidades que as limitações de uso merecem destaque, levando-se em conta seus componentes físicos e suas interações. Estas unidades possuem: **a)** extensas áreas com fragilidade alta devida, sobretudo, ao calcário e declive; **b)** muitos recursos hídricos na classe II de enquadramento; **c)** muitas porções com solos frágeis (chernossolo) e esses solos necessitam de uma análise detalhada dos demais componentes físicos, pois apesar de serem aptos a determinados usos, os chernossolos oferecem restrições; **d)** as pastagens, em sua maioria, são resultado do desmatamento das vertentes e topo de alguns morros residuais; **e)** setores com declives fortemente ondulados, montanhosos e escarpados, que eleva o escoamento superficial, sobretudo em áreas com vegetação de menor porte; **f)** muitas UP's com vertentes acima de 45% de declividade, ou seja, áreas identificadas como de preservação permanente.

A grande unidade de paisagem denominada de **Pavimentos Cársticos** são unidades associadas a superfícies com rochas carbonatadas, em que prevalecem os planos de estratificação horizontal com relevo montanhoso e em patamares altimétricos mais elevados. O que difere das unidades de DMRD é a extensa área da serra da Bodoquena que denotam de uma dinâmica própria, com declives muito mais acentuados, que alcançam índices acima de 75%.

Encontram-se muitas feições cársticas como dolinas, uvalas, lapiás, sumidouros, (re) surgências, cavernas, galerias, dentre outras. Somado a isto, é recortado por vales encaixados, dissecados e corredores retilíneos, além de intercalações com áreas com cones clásticos e depressões. Ocorre uma grande quantidade de afloramentos rochosos e existem reservas relevantes de calcário e mármore.

Por se tratar da serra da Bodoquena, é a unidade com maior homogeneidade dos componentes da paisagem, devido à preponderância de vegetação florestal, os calcários calcíticos e dolomíticos das formações Bocaina e Cerradinho e o solo com predominância do chernossolo rêndzico órtico.

Por esses motivos, essa grande unidade de paisagem, que abrangeu um total de 149,90 km², foi compartimentada em apenas 6 UP's, em que a preservação e/ou conservação da vegetação natural primitiva é notável, sobretudo por se tratar de uma unidade de conservação. Ou seja, a ausência de intervenção antrópica traz consigo uma dinâmica harmônica entre os subsistemas e componentes dessa unidade de paisagem, com exceção feita à pastagem na borda oeste da BHRF.

De maneira geral, as paisagens dos PVs têm limitações de uso de ordem legal e pelos próprios componentes da paisagem, visto que: **a)** essas UP's, por si só, já expõem limitações legais, por se tratar de uma unidade de conservação; **b)** exibem rochas frágeis diante de seus pavimentos cársticos e de seus declives fortemente ondulados, montanhosos e escarpados; **c)** o chernossolo proporciona uma fragilidade destacada, sobretudo em áreas declivosas como a serra da Bodoquena; **d)** abrangem a maioria das nascentes dos recursos hídricos da BHRF, como o rio Formoso e córregos Formosinho, Anhuma e Taquaral; **e)** possuem altas fragilidades em determinados pontos da grande unidade, sobretudo nas pastagem na borda ocidental da unidade.

Dentre todas as UP's dessa grande unidade, destacam-se, de forma veemente, as unidades CXL e CXLII, que possuem uma degradação ambiental e desmatamento considerável, nestas, é predominante a pastagem com declives aplainados a ondulados. Essas unidades exibem problemas ambientais para a serra da Bodoquena, devido ao seu avanço na região oeste.

O ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

Para muitos, as paisagens são apenas formações geomorfológicas, mas seguramente não se restringem à forma física e à estética que assume um cenário espacial sobre o qual lançamos o olhar. A mera contemplação de uma paisagem não permite ao leigo perceber que nela está plasmado o encontro entre o tempo e o espaço e, sobretudo, que o que se vê é a síntese das mudanças de forma, estrutura e função que moldaram o modo de ser das paisagens, dando-lhe um sentido, uma identidade.

(VERDUM et al., 2012)

O ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

De acordo com o que foi exposto, sobretudo no que diz respeito ao inventário e análises, recursos hídricos e unidades de paisagem, se iniciou com uma análise minuciosa sobre a capacidade de uso das terras e seu uso atual, identificando conflitos (uso potencial *versus* uso real), embasado nos componentes físicos e o uso e cobertura das terras, aspectos estes, trabalhados no inventário. Essa interpretação dos conflitos existentes auxiliou na compreensão de alguns possíveis riscos e problemas ambientais que existem na BHRF, com base em saídas de campo, análises realizadas em imagens de satélite e conhecimento da área de estudo.

Diante de tais análises, foi possível trabalhar com o zoneamento ambiental, em que este aborda todas as informações adquiridas nessa pesquisa, o que resultou em um documento síntese com a espacialização das zonas em que estão revelados os levantamentos das etapas de organização, inventário e análises, seja do meio físico, ocupação antrópica, qualidade das águas, aspectos legais, entre outras interpretações realizadas nesta pesquisa.

Conflitos entre a Capacidade de Uso das Terras e o Uso Atual da BHRF

Trabalhar com a relação entre o uso potencial (capacidade de uso mediante seus componentes físicos) e real das terras (uso antrópico atual) trouxe uma análise de conflitos existentes e de possíveis estratégias de adequação. Existem diversas pesquisas relacionadas à identificação da capacidade de uso, como Lepsch et al. (1991), Fernandes et al., (2010), Silveira et al., (2013), Silva et al., (2013), entre outros. Autores que trabalharam com a determinação das subclasses de capacidade de uso das terras ao buscar um planejamento desse uso e práticas conservacionistas do solo. Já Dibieso (2013) trabalhou com a intensidade de uso das terras, buscando efetuar um paralelo entre o meio físico e seu uso atual, identificar conflitos e utilizar níveis para tais conflitos.

Do mesmo modo, esta pesquisa procurou efetuar pesos quantificativos ao meio físico inicialmente e, posteriormente, trabalhou com qualificações para cada um dos conflitos, como apontado na metodologia, para ordenar o uso, delinear futuras ações de adaptações e manutenções a fim de minimizar possíveis impactos ambientais negativos.

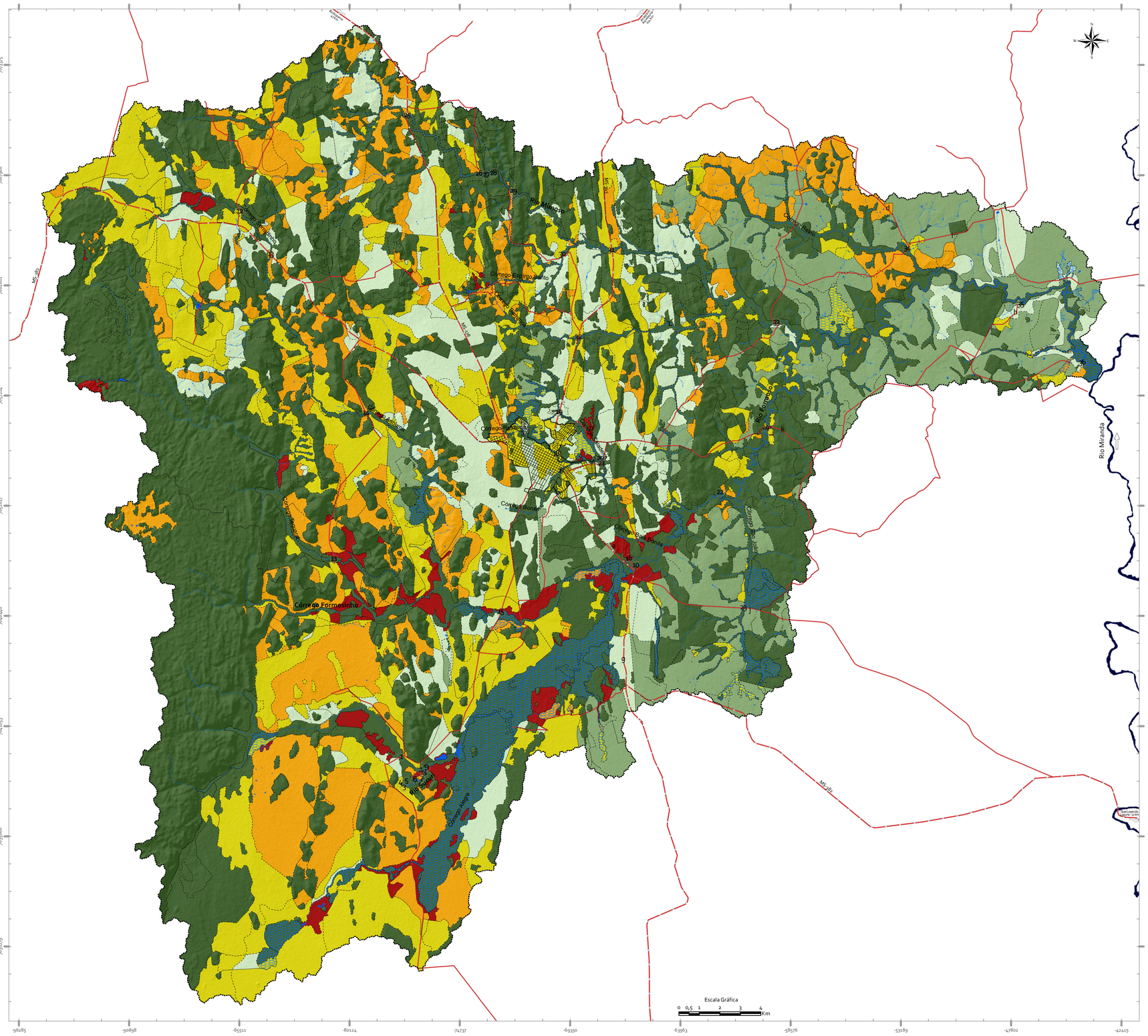
Assim, as adequações entre o uso atual e à dinâmica da unidade de estudo foram caracterizadas como compatíveis ou congruentes, como chamado nesta pesquisa, isto é, dizem respeito a uma conformidade entre as fragilidades e potencialidades dos componentes (rocha, clima, relevo e solos) e o uso atual. Logo, a partir desses conflitos, sugestões e recomendações foram tratadas no zoneamento ambiental.

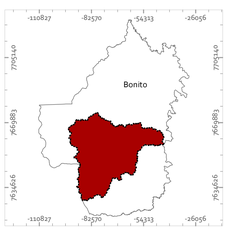
Segundo Dibieso (2013, p. 230), a capacidade é expressa pela “suscetibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos e “poluição” das águas”; devendo assim, fundamentar tomadas de decisão, ordenar o uso das terras de acordo com sua capacidade e, com isso, reduzir o desenvolvimento de erosões, elevar a produtividade e mitigar problemas ambientais.

Diante de tal explanação, existe uma relação íntima entre as incongruências identificadas no uso das terras com os problemas ambientais em bacias hidrográficas, mesmo que estes não sejam visíveis atualmente, todavia, a médio e longo prazo, a suscetibilidade à ocorrência de problemas ambientais será inegável. Diante das incongruências identificadas no processo de análise, devem-se adotar práticas conservacionistas que dependem diretamente dos níveis dessas incongruências.

Esses níveis de incongruência foram constatados a partir das especificidades dos níveis de fragilidade ambiental, fragilidade das rochas, dos solos, clima, relevo e uso das terras. Assim, mediante a metodologia utilizada, foram obtidas variações nos níveis de incongruência na relação da capacidade com o uso atual. Esses níveis variam conforme seu potencial e a intensidade do uso atual das terras, desde uma relação congruente (quando o uso está dentro do que é compatível), até elevar para os níveis de mínima, baixa, média, alta e máxima incongruência (Figura 54).

FIGURA 54: CONFLITOS DE USO E COBERTURA DAS TERRAS (RELAÇÃO CAPACIDADE DE USO E USO ATUAL), DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL





Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51°
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados: Conflitos de Uso das Terras: CPRM (2006); Sallun Filho et al. (2004); Campana et al. (2011); SIBCS (2013); Ross (1994); Crepani et al. (2001); Zavatinni (2009); Spridonov (1981); Mendes (1993); IBGE (2013); Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016; Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

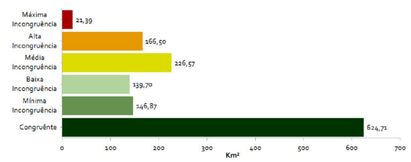
Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

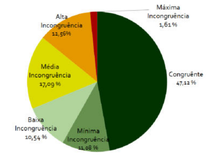
Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

Legenda

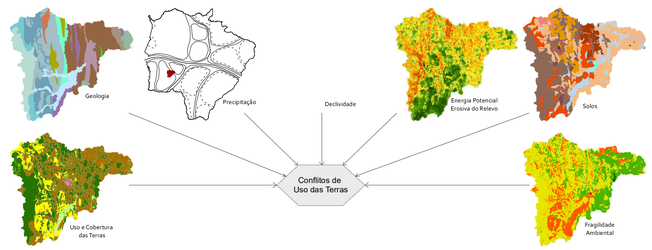
I - Conflitos de Uso e Cobertura das Terras	Descrição das classes	Pontos representativos
Maxima Incongruência Áreas de Abrangência Km² % 21,39 1,61	As áreas com Máxima Incongruência relacionam-se com fragilidades alta e muito alta expressas, em sua maioria, por rochas carbonatadas e solos frágeis como o gleissolos, chernossolos e neossolos. Seu uso é variado, sendo encontrados culturas, pastagem, áreas urbanizadas, solo exposto e mineração. Diante do intenso uso antrópico em áreas frágeis em virtude dos solos, rochas e/ou declividade, esta classe é apta para reflorestamento, não estando adequada a pastagem e culturas devido à sua incongruência.	a Coordenadas: 21K 585905 7659545 UTM Data: 13/12/2018 b Coordenadas: 21K 595400 7662513 UTM Data: 13/12/2018
Alta Incongruência Áreas de Abrangência Km² % 163,42 12,33	As áreas com Alta Incongruência estão relacionadas à fragilidades médias e altas, sendo a classe que mais apresentou variedades em suas características. Seja um relevo aplainado até o fortemente ondulado formado por neossolos, chernossolos, gleissolos ou nitossolos, sobrepostas em terrenos terrígenos e cársticos, com um uso voltado às pastagens, culturas e áreas urbanizadas. Logo, a classe apresenta severas restrições, porém são recomendadas com ressalvas ao uso de pastagens, desde que práticas conservacionistas sejam realizadas, atuando tanto na redução do escoamento superficial como na melhoria e manutenção da fertilidade do solo. Para as culturas apresentam uma série de outras limitações, necessitando além das práticas citadas, a rotação e intercalamento das colheitas.	c Coordenadas: 21K 551155 7671545 UTM Data: 14/12/2018 d Coordenadas: 21K 570137 7674489 UTM Data: 14/12/2018
Média Incongruência Áreas de Abrangência Km² % 229,23 17,29	As áreas com Média Incongruência estão relacionadas à fragilidades médias expressas por um relevo suave ondulado a ondulado, onde os solos e rochas são variados. O que destaca-se é a predominância de pastagens e culturas. Diante disso, esta classe é recomendada para vários usos, com limitações para cultivos, necessitando de práticas agrícolas intensivas e mecanização/modernização da agricultura.	e Coordenadas: 21K 547717 7667648 UTM Data: 14/12/2018 f Coordenadas: 21K 556869 7674175 UTM Data: 18/12/2018
Baixa Incongruência Áreas de Abrangência Km² % 140,20 10,57	As áreas com Baixa Incongruência estão relacionadas com uma fragilidade média, apresentando rochas e solos variados, mas com pastagens e culturas predominantes sobre terrenos aplainados a suave ondulados. Assim, esta unidade é recomendada para vários usos, utilizando práticas agrícolas extensivas, verificando a fragilidade dos	g Coordenadas: 21K 556539 7659598 UTM Data: 13/12/2018 h Coordenadas: 21K 585193 7670098 UTM Data: 14/12/2017
Mínima Incongruência Áreas de Abrangência Km² % 146,87 11,08	A classe com Mínima Incongruência é relacionada com baixa fragilidade, onde seus terrenos estão sobrepostos em rochas terrígenas, com predominância de latossolos. Seus usos ficaram definidos como cultivos (soja, milho e silvicultura) e pastagens, contudo, a baixa fragilidade favoreceu a alta capacidade de uso dessas terras. Dessa forma, estas unidades são recomendadas para todos os usos, como pastagem extensiva	i Coordenadas: 21K 571932 7679380 UTM Data: 14/12/2018 j Coordenadas: 21K 581813 7675610 UTM Data: 18/12/2018
Congruênte Áreas de Abrangência Km² % 624,63 47,12	A classe Congruênte está relacionada a todos os remanescentes florestais, mesmo que tenha uma elevada fragilidade e, consequentemente, baixa capacidade de uso. Portanto, na medida em que exista uma vegetação nativa (florestal ou campestre), a mesma se torna compatível, pois a vegetação nativa protege o solo, deixando-o recoberto contra a ação pluvial e antrópica. Logo, essa classe se torna apta apenas para preservação, sendo inadequada para uso antrópico.	k Coordenadas: 21K 564184, 7664303 UTM Data: 13/12/2018 l Coordenadas: 21K 559410 7670143 UTM Data: 13/12/2018





II - Convenções Cartográficas

- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Delimitação das Unidades de Paisagem
- Estações de Monitoramento das Águas
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Avenidas e Ruas Municipais
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Áreas Úmidas
- Rio Miranda



Trabalhar com a identificação de conflitos na relação capacidade de uso *versus* uso atual visou, essencialmente, promover a preservação, conservação e recuperação das áreas frágeis, de áreas de vegetação nativa ainda intacta, planícies aluviais, o banhado do rio Formoso (refúgio da biodiversidade e que atua como um filtro de sedimentos das águas do alto curso da BHRF), vertentes declivosas e com forte energia do relevo, entre outros setores que necessitam de conservação para manter o equilíbrio ecológico e dos recursos hídricos, o que reduziria a ocorrência de impactos ambientais negativos na BHRF.

Logo, existe uma relação entre os conflitos com suas (in) congruências e os problemas ambientais existentes em uma bacia hidrográfica, entretanto, isso não segue uma regra, pois Dibieso (2013) afirma que uma unidade pode ter uma alta incompatibilidade, porém, possuir técnicas de mitigação de possíveis problemas que favoreçam a manutenção do uso atual. Por outro lado, uma unidade pode ter baixa incompatibilidade, mas diante de características pontuais e ineficiência de práticas conservacionistas, pode apresentar sérios problemas ambientais.

Nessa ótica, a análise dos conflitos se iniciou com a classe de Máxima Incongruência, que se caracterizou pelas fragilidades alta e muito alta, com sua maioria formada por rochas carbonatadas e solos frágeis, como o gleissolos, chernossolos e neossolos. Essas regiões representaram 21,39 km² ou apenas 1,61% da bacia, números estes de pouca expressão se comparados com a abrangência da BHRF, mas que merecem destaque por serem setores nos quais associou-se um uso inadequado com uma fragilidade elevada. O uso nessas terras se mostrou variado com culturas, pastagens, áreas urbanizadas, solo exposto e mineração, ou seja, usos intensivos capazes de provocar problemas ambientais.

O que se mostra preocupante é sua localização, com a maioria em regiões de substrato rochoso formado pelas tufas calcárias e travertinos (formação Serra da Bodoquena), além de rochas carbonatadas (formações Cerradinho e Bocaina). No primeiro caso, a preocupação ocorre diante de serem depósitos fluviais recentes, naturalmente erodidos e extremamente frágeis, já no segundo caso, a fragilidade ocorre ante a capacidade de dissolução química que o calcário possui em relação à percolação das águas nas fendas da rocha, o que pode ocasionar abatimentos. Somado a isso, estão situadas próximas a matas nativas no alto curso do rio Mimoso, na planície aluvial do alto e médio curso do rio Formoso, sub-bacia do córrego Alegre (alto curso) e nas proximidades do banhado do rio Formoso. Este último, um dos setores que exibe grandes problemas ambientais relacionados ao uso intensivo em áreas de planícies aluviais cársticas e frágeis.

Outras áreas de risco constatadas nas análises estão relacionadas à declividade e ao tipo de uso das terras, como o caso da Figura 55/a, que representa uma área de solo exposto e o início de um declive acentuado. Juntamente a isso, os solos desse local favorecem sua fragilidade alta (raso e pedregoso). Frente a estas características, deve-se ressaltar a presença do aterro controlado de Bonito, o que reforça sua classificação e sua incongruência.

Já a Figura 55/b/c demonstrou a perda de solos em uma erosão linear de ravinamento, em uma área frágil por possuir alta declividade (varia em declives maiores que 45,00%, que por lei, são APP's) e falta de vegetação de maior porte para proteger o solo. Diante da caracterização destes setores e suas condições atuais, evidenciou-se sua máxima incongruência, principalmente por se tratar de áreas de morros residuais tomado por pastagens sem qualquer tipo de manejo das terras para conter ou eliminar erosões.

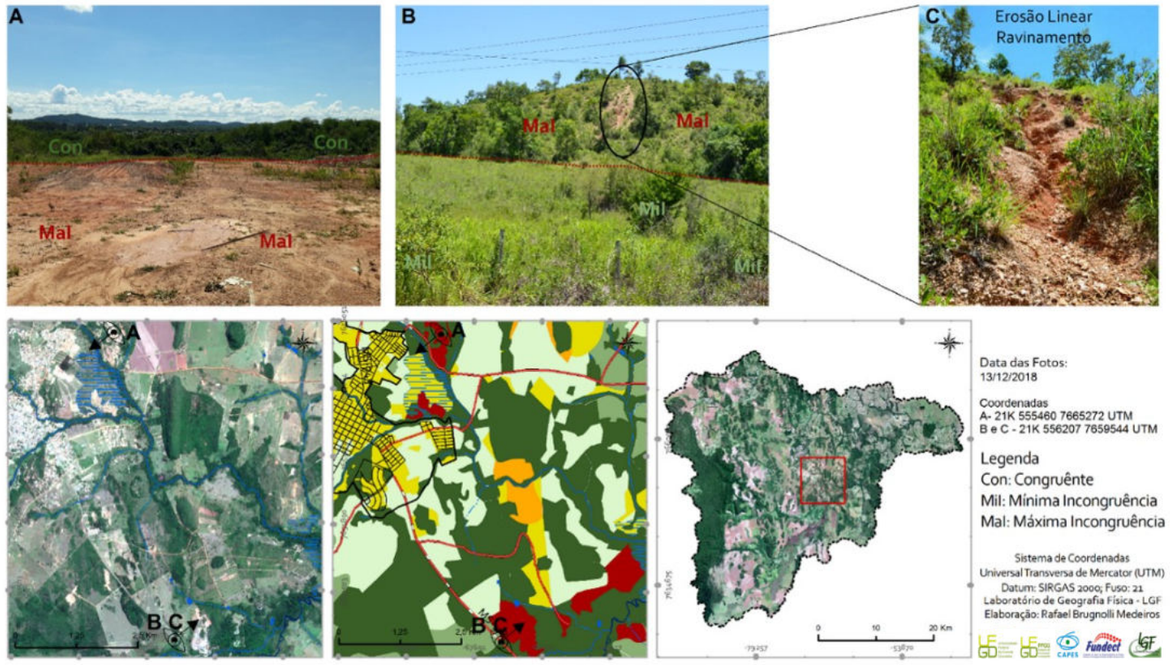


Figura 55: Aterro controlado em áreas de máxima incongruência (Foto A) e erosão linear desencadeada pelo mau uso das terras (Foto B e C), no médio curso da BHRF.

Frente ao exposto, todas essas regiões estão aptas apenas para o reestabelecimento de uma vegetação florestal, uma vez que não estão adequadas à pastagem e culturas devido à sua

fragilidade. Logo, o uso inadequado do solo, somado a sua maior exposição (solo exposto), sobretudo quando se trata de área com presença de culturas, torna esses locais passíveis de serem afetados por erosões, seja pelo arraste das partículas do solo pela ação pluvial, bem como pela textura grosseira de alguns solos (neossolo). Assim, indica-se a recomposição vegetal para a manutenção e proteção do solo, o que beneficiaria o desenvolvimento de espécies nativas da fauna e flora, sobretudo nas proximidades do banhado do rio Formoso. Com isso, busca-se elevar a capacidade de infiltração da água no solo e reduzir processos erosicionais e barreamento dos rios (efeito sentido de forma cada vez mais recorrente na BHRF).

Lepsch et al. (1991) ressalta essas questões quando afirmou que áreas como estas, estão sujeitas às limitações permanentes, impróprias para lavouras e com uso restrito à pastagem inicialmente. Posteriormente, é adequado que seja realizado a recomposição vegetal com cuidados especiais, pois estes podem ser suscetíveis de danificação e exigem práticas diferenciadas.

A definição das classes de incongruência que indicaram essas limitações, ao propor um zoneamento ambiental e reordenação do uso das terras, foi capaz de diagnosticar as frequentes alterações no meio e como estas se sustentam diante da capacidade de uso, o que por muitas vezes causa tais incongruências, que elevam a discussão a respeito da propensão em causar impactos ambientais negativos.

As UP's com alta incongruência ficaram dispostas ao longo de toda a BHRF, sobretudo no alto e médio curso, em que as rochas carbonatadas, isto é, os ambientes cársticos, são destaque. Frente a isso, foi preciso levar em consideração suas características e fragilidades, ponderar as pastagens e as culturas como principais usos para constatar, nas atividades de campo e nas imagens de satélite, a necessidade de práticas conservacionistas que auxiliem na redução do arraste de sedimentos, no controle das diversas erosões lineares e laminares, no manejo adequado, no preparo do solo, no plantio de forrageiras de vegetação em meio às pastagens, entre outras. Nota-se ainda, que grande parte das pastagens estão compactadas devido ao pisoteamento do gado e não se verifica qualquer tipo de manejo das terras.

A classe de alta incongruência abrangeu um total de 163,42 km² ou 12,33%, ou seja, já tem considerável extensão e é uma classe que denota desde relevos aplainados a fortemente ondulados, formado por neossolos, chernossolos, gleissolos ou nitossolos, sobrepostos em terrenos terrígenos e cársticos. Além destas fragilidades inerentes aos componentes físicos da BHRF, em alguns locais de alta incongruência, isto é, em áreas declivosas, encontrou-se a presença do gado, que as tornam propensas ao desenvolvimento dos processos erosivos. Diante de tal fator, são necessárias cercas que impeçam os animais de adentrarem essas regiões, como ilustrado na Figura 56.

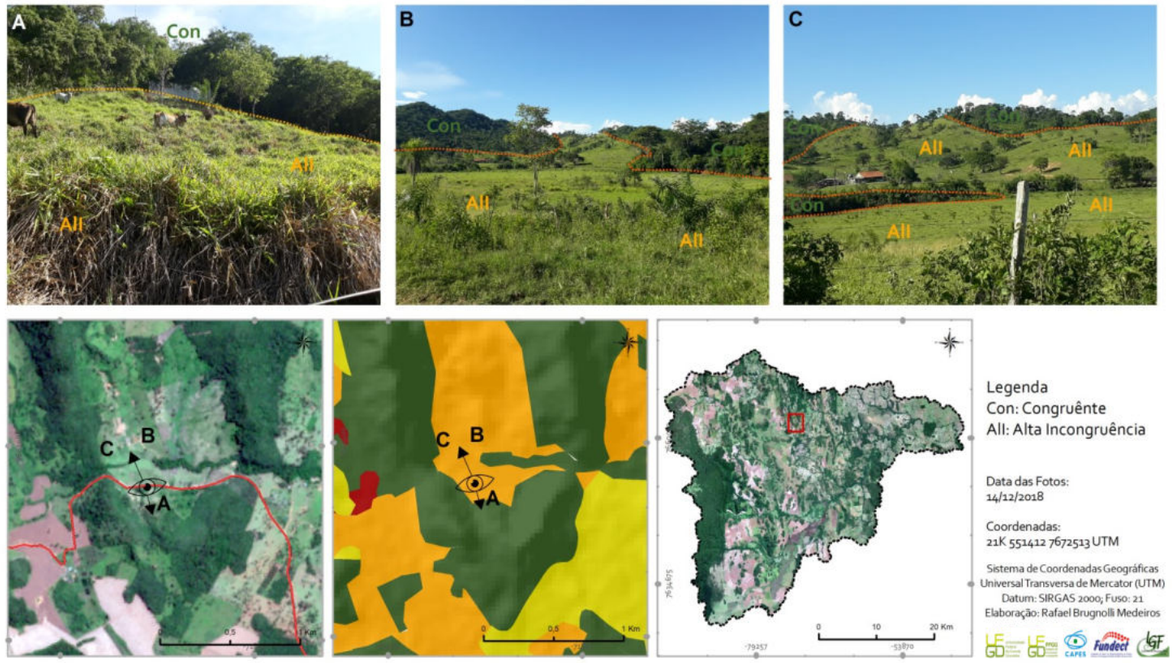


Figura 56: Gado pastando em áreas declivosas (A) com pastagens que adentram morros em locais que são constatados processos erosivos (B e C), no médio curso da BHRF.

A Figura 56/a, portanto, retrata um declive de 20,01% a 45,00%. Deste modo, essa declividade por si só não determina uma necessidade legal de recomposição vegetal ou preservação da vegetação, entretanto, os demais componentes elevam a fragilidade destas UP's, pois comprometem sua capacidade de uso (seja pelas rochas da formação Tamengo, que são calcários calcíticos que apresentam fragilidade alta, ou pela energia do relevo média e seus solos extremamente frágeis, como o chernossolo e gleissolo).

De modo geral, esses fatores determinam uma alta fragilidade nas referidas áreas da BHRF, que se utilizadas para pastagem, como o caso, trazem a alta incongruência, mas no momento em que é aplicado um conjunto de práticas conservacionistas intensivas, que atue tanto na redução do escoamento superficial como na melhoria e manutenção da fertilidade do solo, essas áreas se tornam

aptas para tais usos. Já para culturas, exibem uma série de outras restrições, necessitando assim, além das práticas citadas, a rotação das colheitas, sobretudo em solos frágeis e relevo declivoso, terraceamento, bacias de contenção, entre outras formas de dissipar o carreamento de sedimentos.

Já na Figura 56/b/c, o declive varia de 0,00% a 8,00% (primeiro plano) e pode alcançar até 45,00% (segundo plano). Esse setor mostra um processo erosivo decorrente da ação pluvial e falta de vegetação. Em decorrência destes processos erosivos, enxerga-se a necessidade de uma recomposição vegetal ou a contenção da erosão por meio da aplicação de técnicas, como por exemplo, a realização de curvas de nível e/ou bacias de contenção para conter o avanço da perda de solo, visto que nessa área não se indica qualquer tipo de manejo das terras. Como se pôde observar nas análises, tanto das áreas com máxima incongruência como alta incongruência, existe um risco elevado de erosões, devido à alta fragilidade de suas terras.

Em menores proporções, a classe de média incongruência retratou características variadas do meio físico, mas que unificadas trazem determinadas fragilidades ao sistema. Essas áreas ficaram dispostas ao longo de 229,23 km² ou 17,29% do total da área, identificadas em todas as regiões da BHRF, sobretudo no alto e médio curso, em locais suavemente ondulados a ondulados, com solos que possuem boa drenagem, tais como o latossolo e nitossolo. Então, a média incongruência expõe fatores que a tornam suscetíveis a erosões, principalmente por se tratar de usos, em sua predominância, voltados à pastagens e culturas em áreas cársticas, que necessitam de maiores cuidados e manutenção devido ao alto grau de dissolução e risco a abatimentos.

Essas unidades estão aptas para vários usos, mas com limitações para cultivos, pois necessitam de práticas agrícolas intensivas e mecanização/modernização da agricultura. Entretanto, por já retratar uma classe intermediária de incompatibilidade, são necessárias práticas de conservação como, por exemplo, o terraceamento em vertentes mais declivosas, curvas de nível em todas as culturas e pastagens, caixas de retenção nas estradas, sobretudo por se tratar de setores em que a energia potencial erosiva do relevo apontou, em algumas UP's, para classes médias a suavemente forte, a necessidade dessas práticas de conservação, sobretudo nas épocas de colheita da soja, que deixa o solo exposto a uma precipitação mais intensa, principal causa do "barreamento dos rios".

As áreas de baixa incongruência enfrentam conflitos de menor proporção, ou seja, regiões em que os usos das terras correspondem em parte a sua capacidade de uso. Essa classe está disposta ao longo de 140,20 km² ou 10,57% do total da bacia, com localização, predominantemente, no médio e baixo curso da BHRF. A classe de baixa incongruência retratou características variadas, que sempre apontam para fragilidades baixas e médias.

O que auxiliou na redução de possíveis casos de erosões são as realidades pedogenéticas, pois tal classe (baixa incongruência) está situada em terrenos de latossolos, nitossolos e plintossolos que possuem uma boa a média drenagem, profundos/evoluídos e com textura média a arenosa. Mesmo com essa possível melhoria da capacidade de uso advinda dos solos, é uma classe que merece uma preocupação, pois a maioria de seus usos são pastagens ou culturas e, apesar de serem unidades recomendadas para vários usos, necessitam de práticas agrícolas extensivas para verificar a fragilidade dos componentes ambientais.

Os setores com mínima incongruência, que totalizaram 146,87km² ou 11,08%, manifestaram características singulares. A primeira delas diz respeito a todos os usos estarem situados sobre um substrato de rochas terrígenas das formações Puga e grupo Cuiabá (Psamítica, Pelítica e Conglomerática), que retratam a baixa fragilidade. Somado a isso, os solos majoritariamente formados por nitossolos, plintossolos e latossolos, favorecem a melhoria na capacidade de uso das terras, bem como reduzem o deflúvio superficial, por serem de boa a média drenagem.

Então, estas unidades estão aptas para todos os usos, como pastagem extensiva e agricultura, desde que acompanhe a capacidade/restrições expressas nos componentes ambientais, sendo necessária alternância de piquetes para o gado, curvas de nível, entre outras práticas simples de conservação. Em comparação, áreas com características semelhantes, ou seja, aquelas que não possuem ou têm mínimas limitações de uso, de acordo com Lepsch et al. (1991), são terras passivas de serem utilizadas para culturas anuais, perenes, pastagens e/ou a recomposição vegetal, pois comportam poucos problemas ambientais e necessitam apenas de práticas comuns de melhoria e manutenção da fertilidade do solo e rotação de culturas.

Frente ao exposto, é necessário lembrar que, mesmo esses setores com mínima incongruência, estes não estarão isentos dos processos erosivos, já que dependem do modo de como for realizado o manejo das pastagens (137,87 km² ou 91,09% do total desta classe), culturas (8,93 km² ou 6,08%) e silvicultura (0,07 km² ou 0,05%). Logo, na BHRF, a classe de mínima incongruência não deixa de ter uma atenção especial, mas não voltada à capacidade de uso e sim ao manejo empregado, pois o que se percebe nesses setores de mínima incongruência é que muitas

das pastagens do baixo curso da BHRF, não exibem qualquer tipo de manejo das terras, o que se torna um diferencial motivador para o desenvolvimento de processos erosivos, bem como para a instalação de diversos outros problemas ambientais relacionados a açudes mal planejados, a situação atual das estradas vicinais, entre outros problemas.

Por fim, a classe congruente, ou seja, quando não existem conflitos na relação capacidade de uso *versus* uso atual, diz respeito a todos os remanescentes florestais, visto que, mesmo que a classe tenha uma elevada fragilidade e, consequentemente, baixa capacidade de uso, na medida em que exista uma vegetação nativa, seja ela florestal ou campestre, esta se torna congruente/compatível, pois protege o solo contra a ação pluvial e antrópica.

Logo, essa classe se torna apta apenas para preservação, proteção à fauna e flora silvestre e armazenamento de água (represas e açudes), sendo inadequada para uso antrópico, bem como, segundo Lepsch et al. (1991), não podem ser utilizadas para florestas comerciais, como a silvicultura, ou para produção de qualquer outra forma de vegetação permanente dotada de valor econômico.

A conservação da vegetação auxilia na manutenção do ciclo hidrológico, reduz processos erosivos, possibilita a infiltração das águas no solo e abastece o banhado do rio Formoso, sobretudo para sustentar épocas de estiagem. Assim, a classe congruente aponta para cerca de 624,63 km² da área, ou 47,12%. Esses altos valores mascaram algumas situações: a primeira delas diz respeito que desse total citado, 152,12km² (cerca de 25% de remanescentes de vegetação nativa) são englobados pelo PARNA da Serra da Bodoquena, que apenas permite, segundo Brasil (2000), preservar ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, o que possibilita apenas a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

Outras áreas também merecem destaque, como os MNE's e as RPPN's que englobam outros 8,57 km² (cerca de 1,84% de remanescentes de vegetação nativa). Portanto, levando-se em conta essas áreas, restam cerca de 452,06 km² de remanescentes florestais espalhados por todas as regiões da BHRF, sobretudo em áreas declivosas do alto e médio curso e nas planícies aluviais de toda a bacia hidrográfica.

Diante do que foi constatado acerca do inventário do meio físico e antrópico, qualidade das águas, definição e classificação das unidades de paisagem para se alcançar os conflitos existentes em cada uma dessas unidades, começam a ser respondidas algumas questões acerca da problemática e da hipótese levantada nesta pesquisa.

Destaca-se, portanto, que mesmo essa bacia considerada relativamente preservada e conservada, se comparada com outras bacias hidrográficas sul-mato-grossenses[13], deve ser levado em consideração que grande parte dos remanescentes florestais são áreas restritas legalmente e o seu declive acentuado não facilita o desmatamento, mesmo que em alguns casos isso já ocorra (médio curso do rio Mimoso).

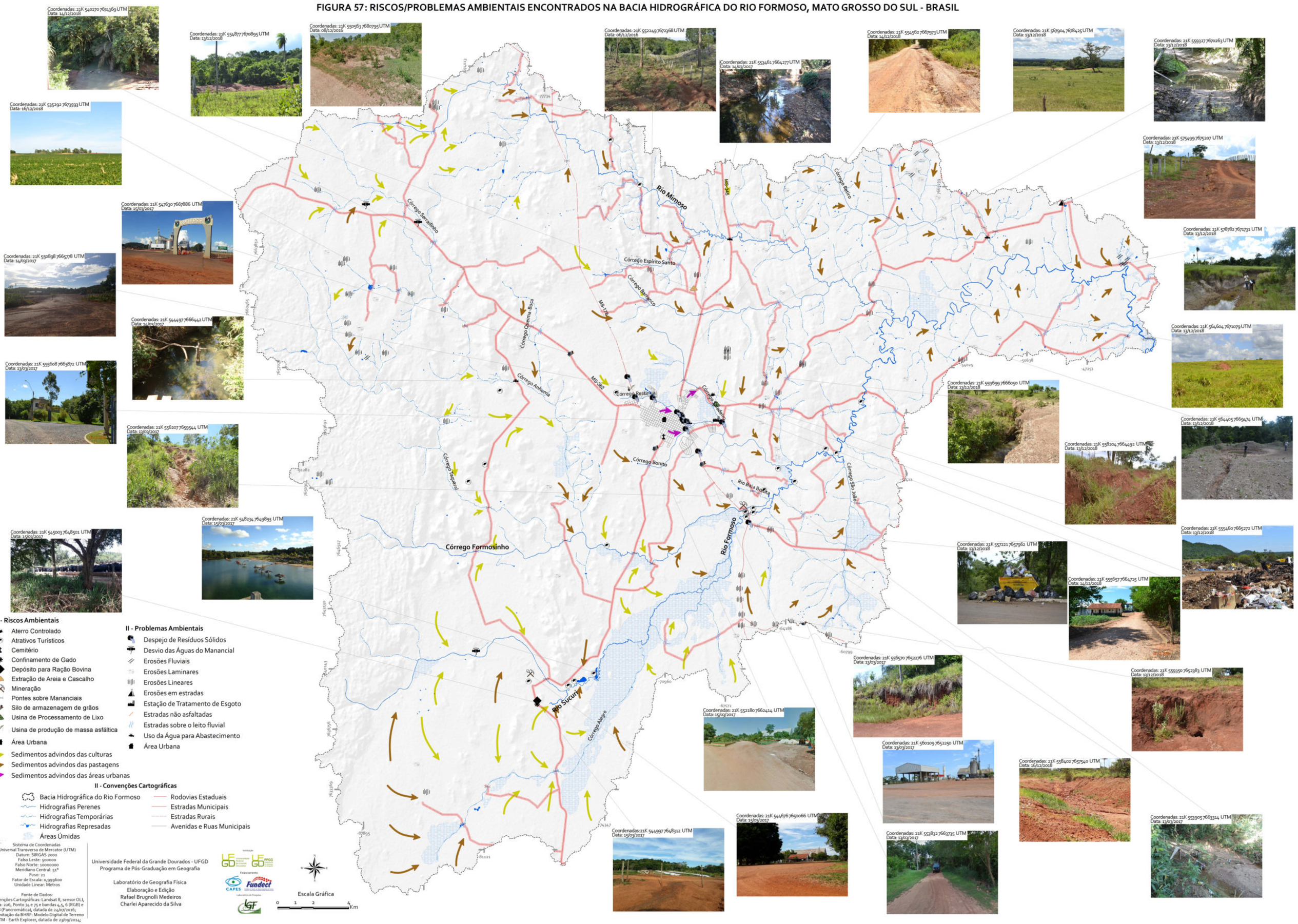
A definição de medidas que auxiliam na manutenção do uso, recuperação, conservação e preservação da vegetação nativa visa minimizar os impactos negativos existentes e garantir o respeito à legislação ambiental e às condições ambientais com suas potencialidades e fragilidades. Esse panorama vivenciado pela BHRF, referente à intensa alteração da paisagem, contradiz o que se prega em Bonito a respeito da conservação e preservação dos recursos naturais e incumbiu, a essa pesquisa, gerar propostas e sugestões para melhoria da qualidade ambiental, aumento da resiliência ambiental e propor ações de mitigação, não apenas mediante os conflitos e incongruências encontrados, mas também os problemas ambientais negativos já existentes na BHRF.

Identificação dos Riscos e Problemas Ambientais na BHRF

Os problemas ambientais encontrados na BHRF foram considerados aqueles que já retratam os impactos negativos, enquanto os riscos ambientais são aqueles em que podem vir a transmitir ao ambiente determinadas situações que alterem a dinâmica a médio e longo prazo na bacia hidrográfica. Logo, foram encontrados: aterro controlado; atrativos turísticos; aviário; cemitério; confinamento de gado; depósito para ração bovina; despejo de resíduos sólidos; usina de processamento de lixo; desvios das águas dos mananciais; erosões laminares; erosões lineares; erosões fluviais; estradas não pavimentadas e com erosões; estradas que perpassam sobre o leito fluvial; pontes sobre mananciais; estação de tratamento de efluentes; extração de areia e cascalho; mineração; silos para armazenamento de grãos; usina de produção de massa asfáltica; uso de água para abastecimento; área urbana (Figura 57).

[13] Oliveira (2014); Braz (2017); Brugnolli (2016);; Alves (2019), entre outros.

FIGURA 57: RISCOS/PROBLEMAS AMBIENTAIS ENCONTRADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL



Essa ação de identificar os locais que possam vir a oferecer riscos e problemas ambientais foi um processo moroso, dificultoso e complexo diante da falta de acesso a determinados locais da BHRF, seja por falta de estradas ou mesmo por proibição da entrada em determinadas propriedades rurais. Entretanto, é uma avaliação necessária para propõe medidas de mitigação para áreas impactadas, tornando-se um passo norteador para interligar os agentes e soluções para cada caso.

Frente ao exposto, observaram-se setores com potencial de riscos e problemas ambientais relacionados a possíveis desprendimentos, arraste e empobrecimento do solo, perda da biodiversidade, modificação da paisagem, desperenização, contaminação e poluição dos recursos hídricos, redução da quantidade dos recursos hídricos, entre outros.

Informações como essas revalam a forma como são utilizadas as UP's, se estas expõem conflitos e até que ponto estes conflitos, que foram destacados no subitem anterior, impactam na dinâmica da BHRF, intensificam os problemas ambientais expostos ou trazem novos riscos ao meio. Nota-se que apesar da BHRF possuir 41,89% de vegetação florestal, a maioria de seus riscos e problemas ambientais ocorrem em decorrência do mau uso das terras, sobretudo pastagens e culturas mal manejadas ou, no caso das pastagens, algumas com ausência total de manejo.

A análise dos riscos e problemas ambientais se iniciou com o aterro controlado da cidade de Bonito, localizado ao norte da sede municipal. Segundo informações obtidas junto à Prefeitura Municipal de Bonito (2019b), o aterro exibe um controle e separação dos tipos de resíduos em setores e/ou valas específicas e, posteriormente, recebem cobertura. Assim, não recebe uma impermeabilização do solo, dispersão de gases e nem tratamento do chorume.

Outros problemas provenientes desse aterro foram encontrados em saídas de campo, tais como sua localização, já que está situado no topo de uma vertente, em que o arraste de sedimentos, mau cheiro, animais sobrevoando a região e a existência de materiais que possibilitam o acúmulo de água, como pneus e garrafas e propiciam a proliferação dos mosquitos transmissores da dengue e outros, foram encontrados no local (Figura 58). Outro fator relacionado aos resíduos sólidos gerados no município é a usina de processamento de lixo, o que é considerado também um risco potencial aos mananciais. Tanto o aterro quanto a usina estão a poucos metros do córrego Saladeiro, que exibe sérios problemas relacionados à qualidade das águas, entretanto, não se pode afirmar que o aterro controlado exerce influência sobre o córrego.

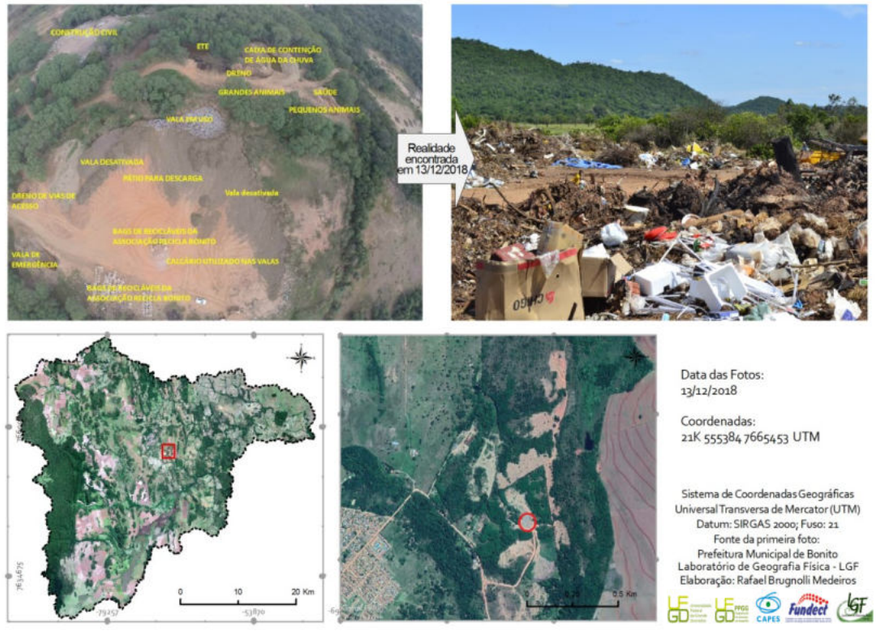


Figura 58: Situação atual do aterro controlado da cidade de Bonito/MS.

Observou-se, ao longo da pesquisa, que o córrego Saladeiro, em situação natural, retrata características das águas superficiais de ambientes cársticos, ou seja, uma água translúcida, pH alcalino e OD de mediano a bom, sobretudo por seu alto curso abranger rochas carbonatadas. Entretanto, foram notáveis as alterações de sua qualidade devido à presença da ETE, sob responsabilidade da SANESUL. A alteração da qualidade desse manancial tornou-se nitidamente visível em épocas chuvosas, já que sua vazão é maior e ocorre, com maior frequência, o despejo do esgoto tratado em seu leito.

Mesmo tratado, as características do efluente, no momento que são dispersados nos mananciais, dependem diretamente da vazão lançada, do volume de água deste manancial impactado e de sua capacidade de autodepuração. Com isso, atenta-se a minimizar, após seu lançamento, alterações expressivas nas características naturais do canal fluvial. Entretanto, o córrego Saladeiro tem pouca vazão e reduzida velocidade de fluxo, e com o lançamento do efluente, as águas ficam turvas e os sólidos impedem a penetração da luz, reduz-se a temperatura, eleva-se a turbidez e ocorre a redução do OD, o que resulta em modificações em suas características naturais a jusante da estação (Figura 59).

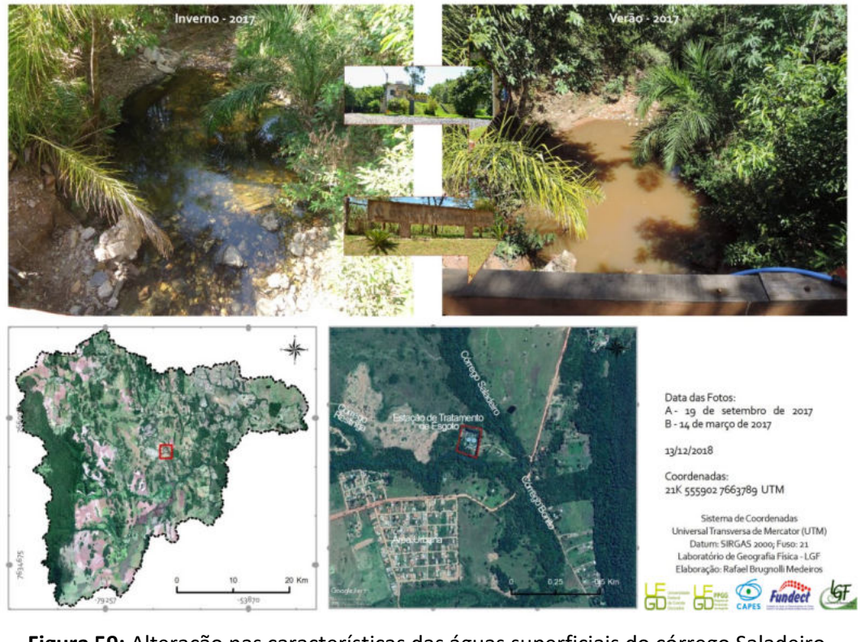


Figura 59: Alteração nas características das águas superficiais do córrego Saladeiro, sobretudo com o aumento das chuvas.

Portanto, alguns riscos e problemas ambientais já se refletem na BHRF e são sentidos atualmente, o que torna necessária maior atenção e monitoramento nos lançamentos de efluentes. Uma possível expansão da capacidade do tratamento do esgoto de Bonito não é necessária, pois, segundo a SANESUL (s.d.), as quatro estações elevatórias de esgoto existentes na ETE possuem uma capacidade para 57.500 moradores, e Bonito possui 19.587 habitantes segundo o IBGE (2010), com uma vazão de 80l/s, sendo a cidade servida pelo processo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), que é um reator anaeróbio de fluxo ascendente de alta eficiência para o tratamento de efluentes.

Um grande problema enfrentado pela ETE diz respeito aos períodos chuvosos e o despejo constante do esgoto tratado, visto que todo o baixo curso do córrego Saladeiro ficou comprometido diante de tais despejos, bem como a carência de caixas de retenção ao longo das estradas de sua sub-bacia. Outra ação responsável por depreciar a qualidade dos recursos hídricos e identificadas ao longo da área urbana de Bonito, foram os despejos de resíduos sólidos pela população nas margens dos mananciais, sobretudo nos córregos Bonito, Restinga e Saladeiro, despejos estes também encontrados nas estradas de acesso a Bonito.

Por muitas vezes e em diversos locais nas saídas de campo, foram constatadas caçambas para descarte do lixo esgotadas e seu entorno tomado por lixo e mau cheiro. Esses descartes inadequados não só são considerados problemas ambientais, mas também um risco à população, visto que, no momento em são decompostos, podem contaminar o solo e as águas subterrâneas, com a possibilidade do carreamento desses materiais aos mananciais, o que provocaria alterações em sua qualidade, entre outros problemas ambientais.

Convém também destacar que existem muitas pontes que cruzam o córrego Restinga, que é continuamente afetado pelo lançamento de resíduos até sua foz, que deságua no córrego Bonito. Este, por sua vez, é mais impactado por receber resíduos em seu alto curso e, posteriormente, pela confluência com o córrego Restinga (médio curso) e Saladeiro (baixo curso). Os pontos em que ocorreram a coleta das águas superficiais do córrego Bonito exibiram resultados piores que o enquadramento da BHRF (geral), mostrando que é um córrego impactado por esses despejos de resíduos sólidos, já que são encontrados problemas com relação ao oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos, decorrentes de vestígios de contaminações pela área urbana e pelos fatores relacionados aos afluentes citados.

Além disso, existem, ao longo da BHRF, diversos pontos com evidências de problemas ambientais. Em um deles, no ponto 31 de monitoramento das águas, foi identificada a retirada das águas do rio Mimoso por meio de canos em sua margem direta, para diversos fins, entre eles o abastecimento de fazendas e utilização para irrigação. Outro caso semelhante foi observado no ponto 34, em que se verificou um direcionamento das águas do córrego Retiro para abastecimento e irrigação de propriedade rural, localizada no médio curso da BHRF. Esta ação de retirada das águas superficiais para determinados fins também foi constatada no córrego Anhuma e no Serradinho. No córrego Anhuma, por sua vez, detectou-se a retirada das águas para o asfaltamento da rodovia MS-382, porém, esse córrego exibe uma característica temporária e, mesmo quando denota água em seu leito fluvial, não é elevada a quantidade de água. Frente a esta característica, considerou-se esse fato o mais preocupante, e torna necessária a alteração na forma de coleta ou mesmo suspensão total da retirada das águas deste manancial.

Já no córrego Serradinho levantou-se a possibilidade do desvio do manancial para o abastecimento de um açude, o que provocou uma mudança considerável no volume das águas. Esta hipótese foi formulada mediante a interpretação de imagens de satélite e notável redução no volume de suas águas entre os pontos 12 e 13, visto que estes são distantes apenas cerca de 3 km.

Outros desvios que impactaram negativamente a BHRF foram as constatações, segundo o Portal da Educativa (2017), de drenos (um deles, ilegal no córrego Taquaral, afluente do córrego Formosinho). Segundo essa reportagem, foi realizado um dreno até um açude da propriedade rural, entretanto, o preparo inadequado do solo para a agricultura acarretou no arraste de sedimento até o açude que, por consequência, levou sedimentos ao córrego Taquaral, impactando assim, nos atrativos turísticos no córrego Formosinho e rio Formoso devido ao “barreamento” dos mananciais.

Algumas técnicas podem ser utilizadas para minimizar tais questões, com à regularidade de drenos e desvios de mananciais, que devem ser realizados de forma legal. A outra questão é a construção de terraceamento e curvas de nível nas culturas, além da realização de melhorias das condições atuais dos açudes da BHRF, pois, segundo Mato Grosso do Sul (2001), os proprietários deverão instalar bebedouros apropriados em suas propriedades para o abastecimento de água dos seus animais.

O que se nota é que a maioria dos referidos açudes se romperam em chuvas elevadas e que não passaram por manutenção. Estes açudes são encontrados no médio e baixo curso da BHRF,

alguns em estágio avançado, com nítido pisoteio do gado, alguns com degraus de abatimento, sulcos e ravinamentos.

Primeiramente, há a ausência de vegetação a montante, o que eleva o carreamento de sedimentos e assoreamento do açude, posteriormente o pisoteamento de suas margens é notável, o que favorece a inserção de matéria orgânica na água e, devido à redução da quantidade das águas pelo assoreamento, diminui-se o solvente, isto é, a quantidade de água para a solução de determinadas substâncias, o que resulta assim, na redução do OD, eleva turbidez e traz diversos outros problemas ambientais relacionados a tal prática.

Com isso, diante do assoreamento e após uma chuva intensa, ocorrem rupturas das barragens dos açudes, causando impactos a jusante, como a retirada da camada superficial do solo. A Figura 60 é apenas um exemplo cronológico, entretanto, a BHRF denota diversos outros casos semelhantes, sobretudo em fazendas utilizadas para a criação de gado sem o respectivo manejo das terras.

O estado em que se encontram determinados açudes demonstra a falta de manejo de suas terras, bem como o descaso com possíveis erosões, mesmo que ainda em pequena proporção, mas que a médio prazo podem se tornar sulcos e ravinamentos e, a longo prazo, voçorocas. Portanto, seu monitoramento é essencial na redução do arraste de sedimentos para os fundos de vale da BHRF.

Outro risco ambiental que pode impactar diretamente na qualidade das águas é a atividade mineradora. É válido destacar que esta atividade não foi considerada um problema ambiental, pois na análise da qualidade das águas não se constataram alterações que embasassem uma possível afirmação de impacto nos mananciais. Entretanto, necessita de cuidados e um monitoramento constante, visto que pode gerar uma infinidade de contaminantes como ferro, calcário, areia e argila para os mananciais, solos e rochas.

Tanto na mineração da Calcário Xaraés (fazenda São Geraldo) quanto a Calcário Bonito (próximo ao ponto 16 de monitoramento das águas), o destaque fica por conta da modificação da paisagem e o arraste de sedimentos de forma eólica. Sugere-se que ambas devem ser monitoradas, pois, segundo Lima-Silva e Andrade (2017), podem alterar o equilíbrio ecológico, causar poluição das águas, do ar, sonora e subsidência do terreno. Já Fernandes, Alamino e Araujo (2014, p. 5) afirmam que a mineração altera de forma substancial a paisagem, provocando desmatamentos, erosão, contaminação dos recursos hídricos e dos solos e o aumento da dispersão de metais pesados (FERNANDES, ALAMINO e ARAUJO, 2014, p. 5). Portanto, tratar a mineração como um risco

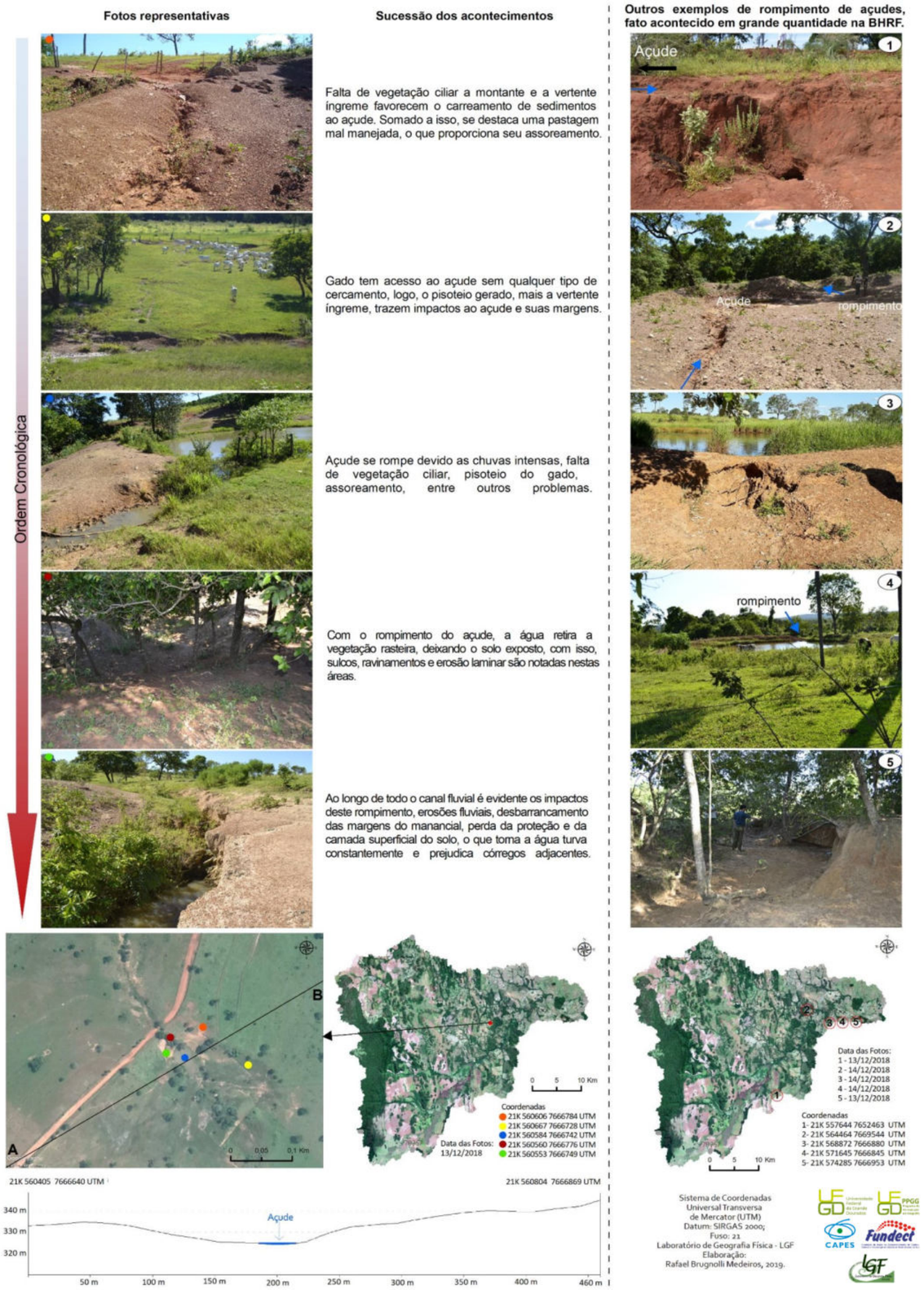


Figura 60: Diversos açudes com graves problemas relacionados à rompimentos.

ambiental é necessário, como também se faz imprescindível o monitoramento dessas áreas acerca de possíveis contaminações aos mananciais.

Outro risco ambiental identificado na BHRF são os silos de armazenamento de grãos, (soja em Bonito), pois as etapas do processamento de grãos, como a coleta, expurgação, secagem, expedição, entre outros, implicam na fabricação de grandes quantidades de poeira. Os silos estão localizados em áreas estratégicas e de fácil acesso, isto é, pelas rodovias MS-382 (duas unidades: Cooperativa Agroindustrial Lar; Curicaca Armazéns Gerais Ltda.), MS-178 (uma unidade: Agro Santo Antônio) e na estrada vicinal sentido sul (unidade com nome não identificado).

Essas estradas são essenciais para o escoamento da soja, entretanto, muitas delas expõem problemas devido à ausência de caixas de retenção, arraste de sedimentos, pontes antigas sem estrutura, entre outros. Segundo o Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina – CEPA (1999), diversos estudos[14] trazem consigo a ideia da importância da conservação das estradas vicinais, pois estas carream uma quantidade ilimitada de sedimentos aos mananciais, proporcionando a estes, uma redução na qualidade das águas.

Grande parte das estradas vicinais e estaduais não pavimentadas, localizadas no médio e baixo curso da BHRF, retratam problemas ambientais, como erosões lineares e laminares, além da constante perda de solo. Diante desses problemas observados, contatou-se a necessidade de identificar sua origem, levando em conta que a grande parcela destes, estão relacionados às erosões nessas estradas e ao seu mau sistema de drenagem. Essas infraestruturas de escoamento fazem parte dos componentes da paisagem e exercem influência sobre o fluxo de água superficialmente e até subterrâneo em solos porosos, como no baixo curso da BHRF, predominantemente formado por latossolos. Segundo Luce e Wemple (2001), as estradas rurais ou vicinais (como chamadas nesta pesquisa) são impactantes na produção e remoção de sedimentos para os recursos hídricos.

Estas erosões**,** consideradas como problemas ambientais, estão relacionadas diretamente ao turvamento de mananciais em épocas chuvosas. Muitas dessas erosões possuem características de sulcos na vertente, e causam um acúmulo de sedimentos nas regiões mais baixas. Com o intuito de dissipar a energia das águas pluviais e, consequentemente, minimizar o arraste de sedimentos, Mato Grosso do Sul (1998) por meio da Lei nº 1.871/1998, determina que as estradas inseridas na BHRF deverão ter obrigatoriamente caixas de retenção a serem executadas no prazo máximo de 2 (dois) anos, contados da publicação desta Lei.

Dado ao exposto, observou-se que as diversas estradas não pavimentadas, identificadas na BHRF, necessitam de melhorias e atenção dos órgãos públicos, diante da falta de planejamento e manutenção adequada em seus sistemas de drenagem, bem como é necessário monitorar periodicamente essas estradas, sobretudo diante da movimentação constante, seja sentido atrativos turísticos, ao acesso do PARNA da Serra da Bodoquena pela MS-382 e em direção a outras cidades, como Aquidauana pela MS-345 e para as propriedades rurais espalhadas pela BHRF. Esses monitoramentos devem levar em consideração a declividade e o solo do terreno, sua localização e proximidade de recursos hídricos, erosões já existentes e recomposição das margens que já estão afetadas pela ação das águas pluviais.

Foram constatados também, nestas estradas vicinais, e tratados como problemas ambientais, a travessia de automóveis sobre os leitos fluviais de pouca vazão e volume, na ausência de pontes, fato este que se torna um impactante significativo aos mananciais, pois leva uma quantidade relevante de sedimentos para o interior do leito, que pode modificá-lo e/ou causar represamentos, além de potencializar problemas que podem ser sentidos localmente e a jusante desses pontos. É encontrado tal problema no córrego Serradinho, Barranco, Bonito e Saladeiro e no alto curso do rio Mimoso, onde deveria ocorrer sua total preservação diante das proximidades de suas nascentes.

É claro que, tratar as estradas como potenciais carreadores de sedimentos é inevitável diante dos recorrentes “barreamentos” das águas dos recursos hídricos da BHRF, entretanto, observa-se a necessidade de compreender que existem muitas outras erosões laminares, lineares e fluviais na bacia, como nas áreas de pastagens, culturas, solos expostos e não apenas nas estradas. Muitas destas erosões estão relacionadas ao uso e manejo inadequado do solo e a retirada da vegetação florestal nas vertentes declivosas, sem uma contenção, conservação e preservação.

Portanto, entre as erosões encontradas, as que mais se destacam na BHRF são erosões laminares, ou seja, aquelas que “lavam” o solo, retiram sua camada superficial, deixam o solo exposto e, posteriormente podem ocasionar erosões lineares, tanto em áreas do médio, como do baixo curso da BHRF. Essas erosões laminares ocorrem, em sua maioria, em terrenos recobertos por pastagem seca e compacta, em que não há qualquer tipo de manejo no solo que, diante de precipitações elevadas, solos

[14] Griebeler et al. (2005); Thomaz e Peretto (2016); entre outros.

frágeis como o chernossolo e o neossolo (pedregoso) e, quando localizados em vertentes declivosas, se tornam áreas altamente frágeis perante os processos erosivos.

As erosões estão presentes por toda a BHRF, mas a sub-bacia do córrego Retiro é um grande exemplo da suscetibilidade dos neossolos que somado à falta de manejo em boa parte das pastagens dessa sub-bacia, acarretam movimentos de massa e impactam negativamente nos recursos hídricos, deixando-o túrbido e com grande quantidade de matéria orgânica. Essa sub-bacia ostenta a maior concentração de processos erosivos da BHRF, com predominância de processos laminares.

Já as culturas espalhadas pela BHRF apresentaram menores problemas com erosões no médio curso, diante do manejo das terras e da utilização da técnica do c. Contudo, alguns setores a noroeste e norte possuem problemas mais severos e, em alguns casos, já com sulcos e ravinamentos. Com o intuito de minimizar esses processos erosivos, dever-se-ia construir curvas de nível, terraceamento, entre outras formas de contenção dos movimentos de massa.

Portanto, os riscos e problemas ambientais passam necessariamente pelos componentes da paisagem, especialmente seus usos atuais. Tais constatações e diante do avanço do uso das terras nessa importante bacia hidrográfica, há uma necessidade de se compreender além das características dessas UP's, transformando-as em zonas, com sua análise, diagnóstico, recomendações e prognósticos, visando uma melhoria da qualidade ambiental da BHRF.

Zoneamento Ambiental da BHRF

O zoneamento ambiental da BHRF foi definido ante a necessidade de se compreender o sistema bacia hidrográfica e propor um (re)ordenamento de sua ocupação diante de suas potencialidades/fragilidades, provendo assim, um melhor aproveitamento da bacia hidrográfica, pois buscou-se conciliar, da melhor maneira possível, a ocupação antrópica diante do avanço das atividades econômicas ligadas a produção da soja e a conservação e preservação dos remanescentes florestais, recursos hídricos e da qualidade ambiental da BHRF como um todo.

Partiu-se então, da premissa de que o zoneamento ambiental aqui definido, enfatiza principalmente o arcabouço ambiental sem, no entanto, deixar de lado aspectos que atingiriam o viés econômico e social, que na BHRF, são descritos pelas atividades de mineração, produção da soja para *commodities* e as atratividades turísticas. Definiu-se assim, as zonas com características ambientais análogas, em que sua compartimentação transpassou pelas fragilidades e potencialidades de cada UP's da BHRF.

A priori, optou-se por esse viés ambiental diante da falta de estudos que abarquem tais aspectos em Bonito, não apenas limitados ao turismo. Até por esse motivo que o zoneamento aqui descrito buscou envolver os aspectos geológicos e, em seguida, os recursos hídricos em sua qualidade, como fatores limitantes nesse zoneamento, além de outros aspectos como as características da paisagem (expressas pelas rochas, solos, precipitação, relevo, uso e cobertura das terras) e compreensão dos conflitos relacionados ao uso das terras (segundo a relação capacidade de uso *versus* uso atual).

Por fim, adentrou-se ainda às questões legais: lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012; lei nº 1.871, de 15 de julho de 1998; lei no 2.223, de 11 de abril de 2001; decreto sem número de 21 de setembro de 2000; deliberação do CECA de 4 de 11 de julho de 2003; deliberação do CECA n° 003/1998; decreto 11.453 de 23 de outubro de 2003; decreto 10.394 de 11 de junho de 2001; todas estas definem as UC's, RPPN's, MNE's, APP's e a faixa de proteção especial.

Com isso, foi possível definir recomendações e/ou propostas voltadas à mitigação, aumento da resiliência ambiental e que visou corrigir possíveis impactos danosos à BHRF, efetivando que essas zonas e as recomendações sugeridas para elas, são aplicáveis, sobretudo, por exibirem conjunturas claras e distintas entre si, assim como Becker e Egler (1997) afirmaram, que as zonas devem possuir limites concretos até para que as recomendações sejam aceitas e cumpridas dentro de um contexto aplicável.

Com esses fatos descritos, definiu-se as classes de zoneamento ambiental em cinco grandes zonas e dez subzonas, de acordo com características específicas voltadas aos sistemas cárstico e terrígeno, conforme Figura 61. As cinco zonas definidas são: Zonas Prioritárias à Preservação Permanente; Zonas destinadas à Recuperação e Reabilitação; Zonas com Atenção Especial e Aperfeiçoamentos; Zonas destinadas à Exploração e/ou Manutenção; e as Zonas Urbanas.

Com esses fatores indicados, observou-se os riscos e problemas ambientais de cada UP's e como as classes de zoneamento ambiental ficaram espacializadas. Para tanto, buscou-se propor sugestões específicas e definir cenários tendenciais e desejados com a inserção dessas propostas para cada uma das 143 UP's definidas da BHRF.

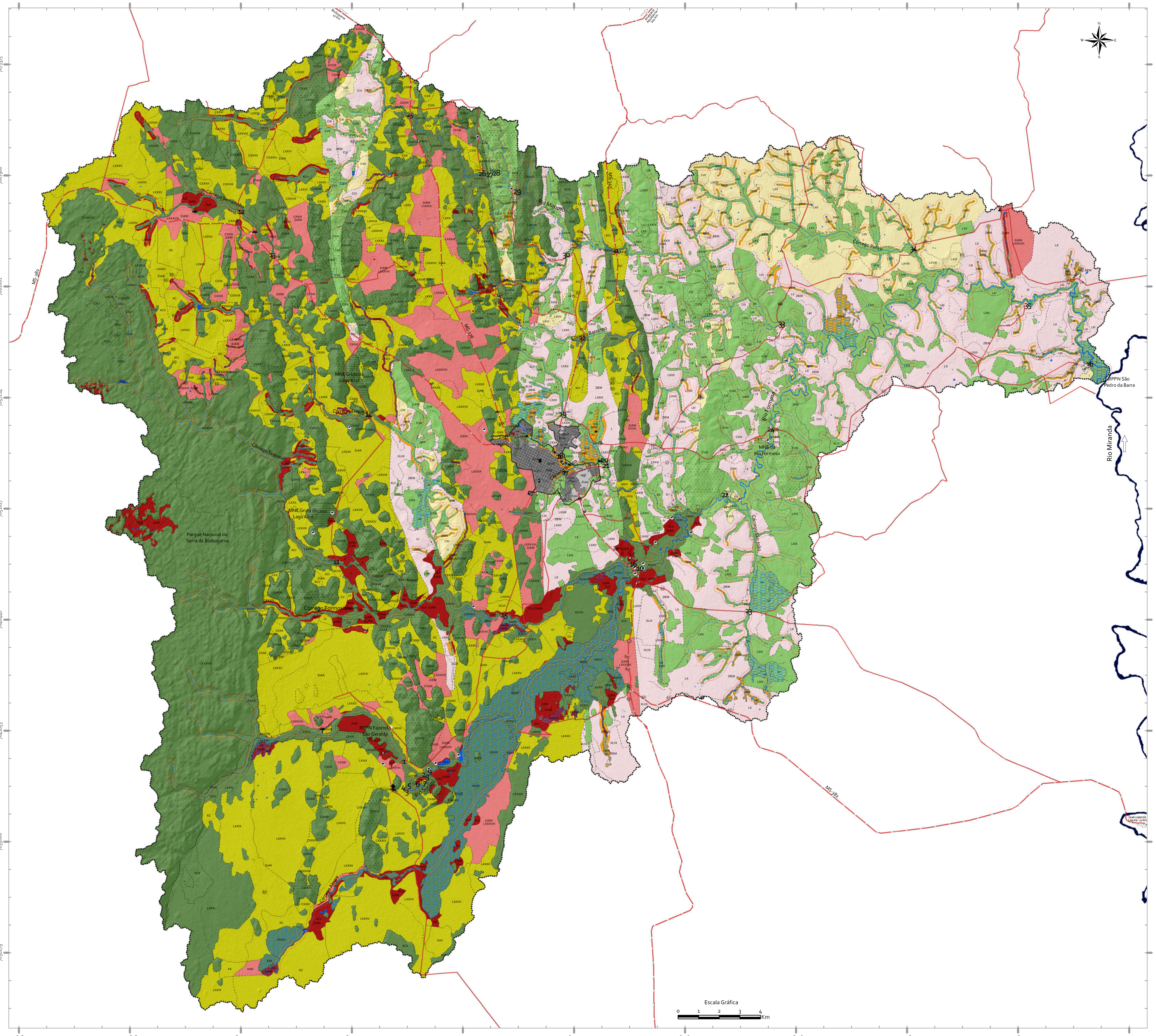


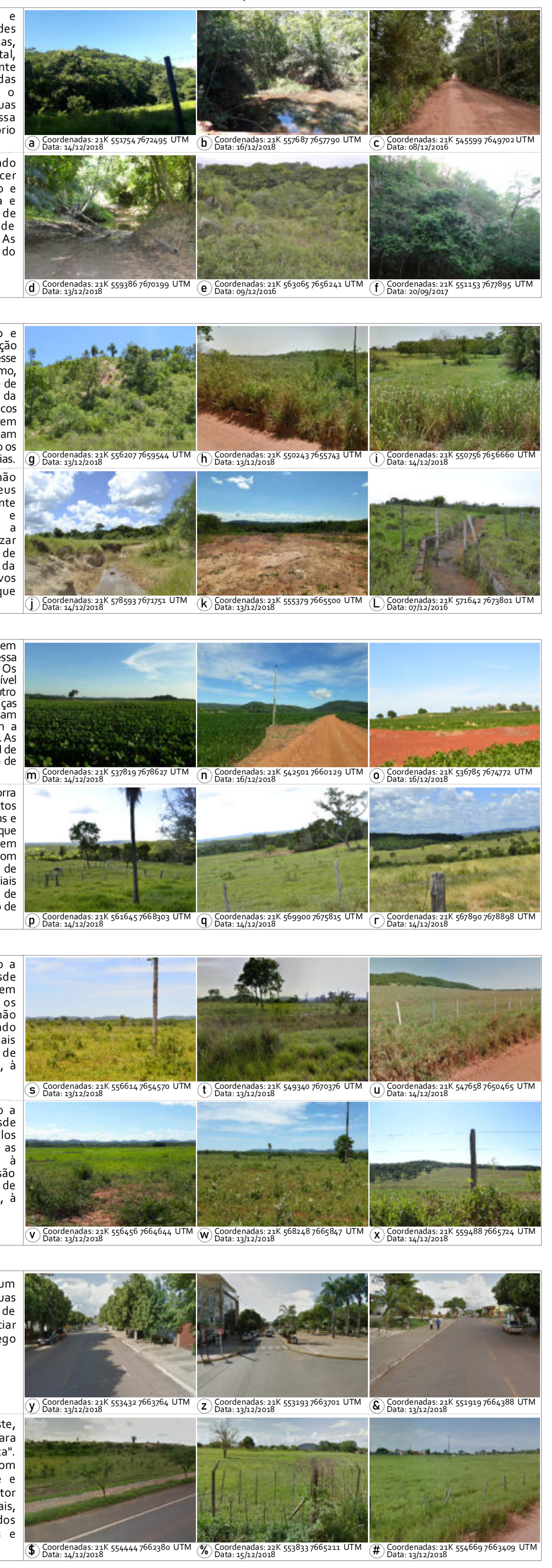
FIGURA 61: ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO, MATO GROSSO DO SUL - BRASIL

Legenda

I - Zoneamento Ambiental

Zonas	Áreas de Abrangência	Descrição das Classes de Zoneamento Ambiental	Recomendações
1 - Zonas Prioritárias à Preservação Permanente			
ZcPP – Zonas Cársticas Prioritárias à Preservação Permanente	Km²: 421,65; %: 31,80	Classe caracterizada, na BHRF, pelos remanescentes florestais e vegetações nativas inseridas nas APP's compostas pelas UCs, RPPN's, MNE's e Faixa de Proteção Especial, estando localizada em terrenos cársticos. Logo, está presente ao longo do alto e médio curso da BHRF, sobretudo nas proximidades dos recursos hídricos que ainda apresentam vegetação preservada, além das grandes porções de florestas nas áreas da Serra da Bodoquena e nos morros residuais do alto e médio curso.	Priorização à proteção da biodiversidade, das nascentes e afloramentos rochosos, efetivando ações contra as atividades antrópicas, somente podendo exercer pesquisas científicas, desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e atrativos turísticos mediante licenciamento ambiental, necessitando de um monitoramento das Unidades de Conservação, mata ciliar, áreas de várzeas como o banhado do rio Formoso, morros residuais e da qualidade das águas superficiais a fim de manutenção das tufas calcárias. As águas nessa zona devem ser utilizadas apenas para a preservação do equilíbrio natural do sistema aquático.
ZtPP – Zonas Terrígenas Prioritárias à Preservação Permanente	Km²: 170,20; %: 12,84	Classe caracterizada, na BHRF, pelos remanescentes florestais e vegetações nativas inseridas nas APP's compostas pelas UCs, RPPN's, MNE's e a Faixa de Proteção Especial, estando localizada em terrenos terrígenos. Logo, está presente ao longo de todas as regiões da BHRF, sobretudo nas proximidades dos recursos hídricos que ainda apresentam vegetação preservada, além das porções de florestas nas áreas dos morros residuais do médio e baixo curso.	Priorização à proteção da biodiversidade e das nascentes, efetivando ações contra as atividades antrópicas, somente podendo exercer pesquisas científicas, desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e atrativos turísticos mediante licenciamento ambiental, necessitando de um monitoramento das Unidades de Conservação, mata ciliar, áreas de várzeas, morros residuais e da qualidade das águas superficiais. As águas nessa zona devem ser utilizadas apenas para a preservação do equilíbrio natural do sistema aquático.
2 - Zonas destinadas à Recuperação e Reabilitação			
ZcRR – Zonas Cársticas destinadas à Recuperação e Reabilitação	Km²: 34,14; %: 2,58	Classe caracterizada por toda incongruência entre o uso das terras atuais com os usos permitidos pela legislação, que abarcam as APP's, Faixa de Proteção Especial, UC's, RPPN's e MNE's. Somado a isso, não apresentam aptidão agrícola, pois são áreas com máxima incongruência entre a capacidade de uso e seu uso atual. Nota-se que esta zona, sempre em terrenos cársticos, está próxima ao banhado do rio Formoso e outras áreas nas proximidades da Serra da Bodoquena e na própria serra, onde existem pastagens que adentraram áreas que deveriam ser	Recomenda-se a alteração total de seus usos atuais, restabelecendo e restaurando um alto valor ambiental mediante à recomposição da vegetação florestal. Denotam expressivos e preocupantes riscos ambientais e esse restabelecimento visa a manutenção do equilíbrio dessas áreas, bem como, minimizar impactos sobre os recursos hídricos, devendo ater-se ao arraste de sedimentos. A água deve ser destinada apenas para a manutenção da biodiversidade, harmonia paisagística e fins turísticos. Esses atrativos turísticos devem ser monitorados e de baixo impacto, desde que apresentem licenciamento ambiental. Em áreas onde os aspectos econômicos seriam afetados (mineração), deve-se adotar práticas de conservação, monitorando os rejeitos e a qualidade das águas dos mananciais, conservando as tufas calcárias.
ZtRR – Zonas Terrígenas destinadas à Recuperação e Reabilitação	Km²: 20,11; %: 1,52	Classe caracterizada por toda incongruência entre o uso das terras atuais com os usos permitidos pela legislação, que abarcam as APP's, Faixa de Proteção Especial, UC's, RPPN's e MNE's. Além disso, as áreas com máxima incongruência entre a capacidade de uso e seu uso atual também ficaram enquadradas nesta classe. É possível notar que esta zona, localizada em ambientes terrígenos, abrangem porções do médio e baixo curso, sobretudo nas incongruências de pastagens, culturas e áreas urbanizadas nas áreas que deveriam ser protegidas, segundo a legislação.	Diante de sua máxima incongruência, incompatibilidade legal e por não apresentarem aptidão agrícola, recomenda-se a alteração total de seus usos, restabelecendo e restaurando um alto valor ambiental mediante a recomposição da vegetação florestal. Denotam expressivos e preocupantes riscos ambientais e esse restabelecimento visa a manutenção do equilíbrio dessas áreas, bem como, minimizar impactos sobre os recursos hídricos, devendo ater-se ao arraste de sedimentos. A água deve ser destinada apenas para a manutenção da biodiversidade, harmonia paisagística e fins turísticos. Esses atrativos turísticos devem ser monitorados e de baixo impacto, desde que apresentem licenciamento ambiental.
3 - Zonas com atenção especial e aperfeiçoamentos			
ZcAp – Zonas Cársticas com atenção especial e aperfeiçoamentos	Km²: 320,35; %: 24,16	Zona definida, na BHRF, por terrenos cársticos que apresentam média e alta incongruência, sobretudo no alto e médio curso da bacia hidrográfica, onde estão localizadas as grandes lavouras de soja e pastagens. Essas áreas necessitam de aperfeiçoamentos devido ao intenso carreamento de sedimentos e a ineficiência no manejo das terras no que diz repeito ao turvamento dos mananciais. As pastagens, por estarem localizadas em terrenos mais declivosos, necessitam da inserção de curvas de nível e terraceamento, em alguns casos.	Podem ser utilizadas seguindo o atual potencial produtivo desde que ocorra em conjunto com práticas conservacionistas, abrangendo sua capacidade expressa pelas rochas e relevo, promovendo um monitoramento de solapamentos. Os aperfeiçoamentos necessários vão desde a obrigatoriedade de curvas de nível em pastagens e lavouras e o terraceamento em áreas mais declivosas. Outro fator é a necessidade de caixas de retenção em todas as estradas e mudanças em seus sistemas de drenagem pluvial, sobretudo em estradas que perpassam culturas e pastagens, com imposição de valas laterais que promovem a redução do arraste de sedimentos, viabilizando uma manutenção periódica. As águas necessitam de cuidados por apresentarem, em alguns locais, classe II de enquadramento, podendo ser destinada à irrigação de culturas, recreação de contato secundário e dessedentação de animais.
ZtAp – Zonas Terrígenas com atenção especial e aperfeiçoamentos	Km²: 68,14; %: 5,14	Zona definida, na BHRF, por terrenos terrígenos que apresentam alta incongruência, estando situadas também em sub-bacias de drenagem enquadradas na classe III, como o caso da sub-bacia do córrego Retiro. A característica dessa zona se dá pelas pastagens no médio e baixo curso sem qualquer tipo de manejo das terras. Existem pequenas áreas de culturas de soja que necessitam de manejo das terras e aperfeiçoamentos minimizando o carreamento de sedimentos.	Podem ser utilizadas seguindo o atual potencial produtivo desde que ocorra em conjunto com práticas conservacionistas. Os aperfeiçoamentos necessários vão desde a obrigatoriedade de curvas de nível em pastagens e lavouras à necessidade de caixas de retenção em todas as estradas que perpassam áreas declivosas e mudanças em seus sistemas de drenagem pluvial, sobretudo em estradas que margeiam culturas e pastagens, com imposição de valas laterais que promovem a redução do arraste de sedimentos, viabilizando uma manutenção periódica. As águas superficiais necessitam de cuidados por apresentarem, em alguns locais, classe III de enquadramento, podendo ser destinada à irrigação de culturas, recreação de contato secundário e a dessedentação de animais.
4 - Zonas destinadas à exploração ou manutenção			
ZcEM – Zonas Cársticas destinadas à exploração ou manutenção do uso das terras	Km²: 76,62; %: 5,78	Zona caracterizada pela mínima e baixa incongruência expressa pelos componentes físicos e sua relação com a predominância de pastagens em áreas cársticas, mas em solos pouco frágeis, além disso, essa zona abrange áreas das bacias de drenagem que foram enquadradas na classe I e II das águas superficiais. A conservação do uso atual e uma possível exploração de seus potenciais ocorre devido a pouca fragilidade dessas áreas, entretanto, sempre com práticas conservacionistas que minimizem possíveis impactos sobre as áreas cársticas. Essa zona está situada no alto e médio curso da BHRF.	Recomenda-se a manutenção de suas funções atuais, bem como a exploração de seu potencial, seja para culturas e/ou pastagens, desde que ocorra em conjunto com sua capacidade, ou seja, levando em conta as rochas e os aspectos ambientais em geral, respeitando os locais em que ocorrem afloramentos rochosos. Esses fatos não desobrigam que as pastagens e culturas sejam manejadas, devendo ater-se à eventualidade de processos erosionais. As águas superficiais são preconizadas à proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e à aquicultura.
ZtEM – Zonas Terrígenas destinadas à exploração ou manutenção do uso das terras	Km²: 205,82; %: 15,52	Zona caracterizada pela média, baixa e mínima incongruência, além de abranger áreas das bacias de drenagem que foram enquadradas na classe I e II das águas superficiais. Possui como característica, as pastagens e culturas em áreas terrígenas, com relativo aplainamento dos terrenos, além de estarem situadas em áreas potencialmente passíveis de serem exploradas ou que seja conservado seu uso atual. Observando a necessidade sempre de práticas de conservação que auxiliem na redução das erosões existentes.	Recomenda-se a manutenção de suas funções atuais, bem como a exploração de seu potencial, seja para culturas e/ou pastagens, desde que ocorra em conjunto com a capacidade expressa pelos componentes ambientais. Esses fatos não desobrigam que as pastagens e culturas sejam manejadas, devendo ater-se à eventualidade de processos erosionais. As águas superficiais são preconizadas à proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e à aquicultura.
5 - Zonas Urbanas			
ZUco – Zonas Urbanas já consolidadas	Km²: 6,15; %: 0,46	Zona caracterizada por áreas urbanizadas já consolidadas, estando situadas em terrenos passíveis de serem utilizados para tais fins, ou seja, sem estarem em áreas de APP's. Apresentam uma predominância de residências de baixo porte, visto que, Bonito apresenta apenas 19.587 habitantes. Sua infraestrutura (comércio e indústrias) é de pequeno a médio porte, se destacando os serviços ligados ao setor turístico.	Por já estar consolidada, recomendam-se ações para proporcionar um melhor descarte de resíduos sólidos e monitorar a qualidade das águas de mananciais hídricos próximos à sede municipal. Coibir a captação de água de manancial próximo para abastecer caminhões-pipa. Propiciar o asfaltamento de ruas próximas aos recursos hídricos, como o córrego Restinga e Bonito, reduzindo o possível arraste de sedimentos.
ZUex – Zonas Urbanas com capacidade para expansão	Km²: 2,56; %: 0,19	Zona caracterizada por serem áreas inseridas no perímetro urbano, estando em porções com mínima e baixa incongruência, se tornando assim, capazes para a expansão da área urbana. Além disso, é uma zona que não está situada em áreas protegidas pela legislação, estando apta para uma urbanização ou manutenção da vegetação atual, predominantemente de pastagens.	Recomenda-se a expansão das áreas urbanas no sentido leste, proporcionando-lhe áreas terrígenas e aplainadas, propícias para minimizar possíveis riscos ao sistema ambiental "bacia hidrográfica". Promover a abertura a novos loteamentos de forma ordenada, com infraestrutura adequada e residências de baixo a médio porte e indústrias que não ofereçam riscos à atividade residencial e ao setor ambiental. Evitar a ocupação de áreas próximas aos mananciais, sobretudo em APP`s, além de promover um melhor descarte dos possíveis resíduos sólidos, evitando problemas com enchentes e inundaçoes.

Fotos Representativas



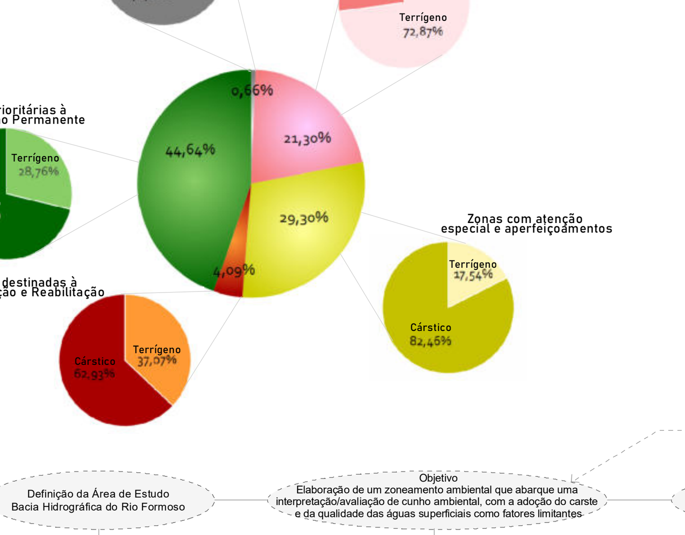
II- Riscos e Problemas Ambientais

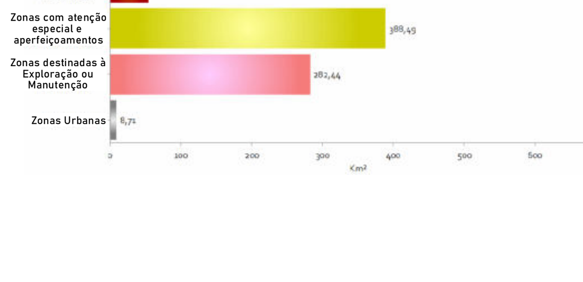
Riscos Ambientais
- Aterro Controlado
- Atrativos Turísticos
- Cemitério
- Confinamento de Gado
- Depósito para Ração Bovina
- Extração de Areia e Cascalho
- Mineração
- Pontes sobre Manànciais
- Silo de armazenagem de grãos
- Usina de Processamento de Lixo
- Usina de produção de massa asfáltica
- Área Urbana

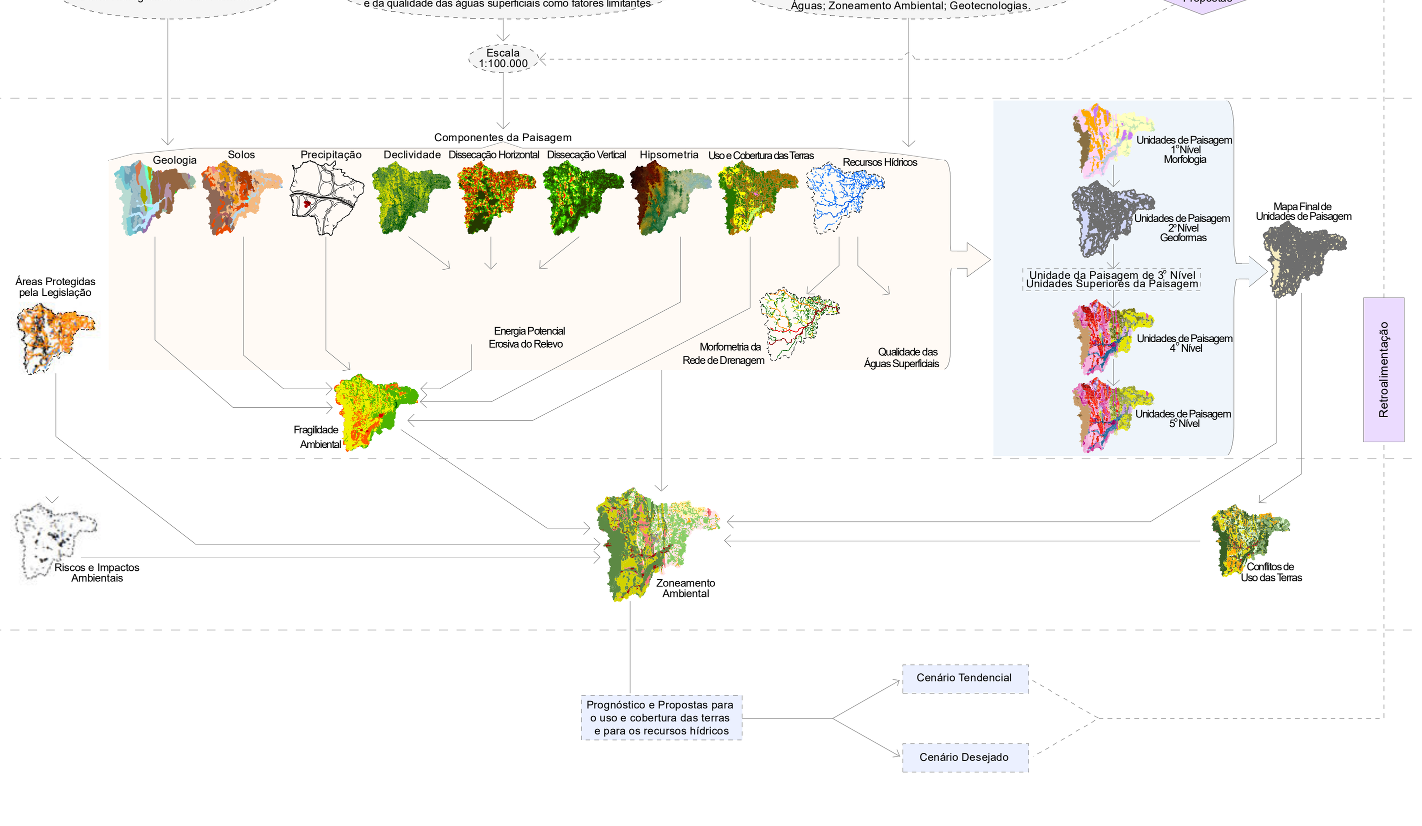
Problemas Ambientais
- Despejo de Resíduos Sólidos
- Desvio das Águas do Manancial
- Erosões Fluviais
- Erosões Laminares
- Erosões Lineares
- Erosões em estradas
- Estação de Tratamento de Esgoto
- Estradas não asfaltadas
- Estradas sobre o leito fluvial
- Uso da Água para Abastecimento
- Área Urbana

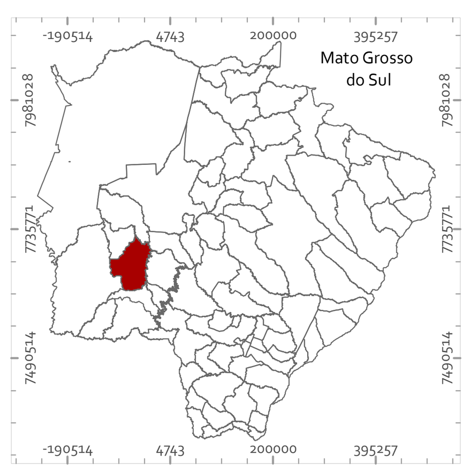
III - Convenções Cartográficas

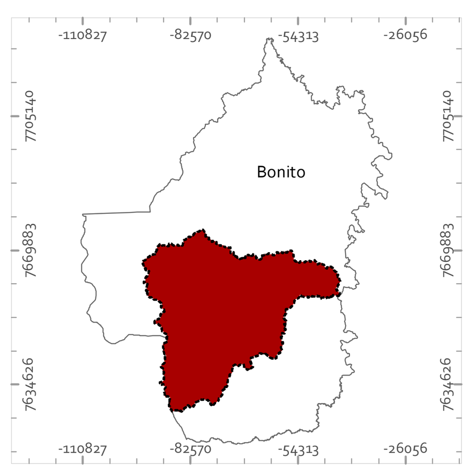
- Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
- Perímetro Urbano da cidade de Bonito/MS
- Estações de Monitoramento das Águas
- Delimitação das Unidades de Paisagem
- Áreas de Preservação Permanente
- Faixa de Proteção Especial
- Parque Nacional da Serra da Bodoquena
- Reserva Particular do Patrimônio Natural
- Monumento Natural Estadual
- Morros/Montanhas, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25º, que possuem encostas maiores que 45º
- Áreas Úmidas/ Veredas com mais de 50 metros de largura
- Avenidas e Ruas Municipais
- Rodovias Estaduais
- Estradas Municipais
- Hidrografias Perenes
- Hidrografias Temporárias
- Hidrografias Represadas
- Rio Miranda











Sistema de Coordenadas
Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS 2000
Falso Leste: 500000
Falso Norte: 10000000
Meridiano Central: 51º
Fuso: 21
Fator de Escala: 0,999600
Unidade Linear: Metros

Fonte de Dados: Zoneamento Ambiental: CPRM (2006); Sallun Filho et al. (2004); Campana et al. (2011); SIBCS (2013); Ross (1994); Crepani et al. (2001); Zavatinni (2009); Spridonov (1981); Mendes (1993); IBGE (2013); Convenções Cartográficas: Landsat 8, sensor OLI, órbita: 226, Ponto 74 e 75 e bandas 4,5, 6 (RGB) e 8 (Pancromática), datada de 24/07/2016; Delimitação da BHRF: Modelo Digital de Terreno SRTM - Earth Explorer, datada de 23/09/2014;

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geografia Física - LGF

Atlas Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito-Mato Grosso do Sul/Brasil

Elaboração e Organização:
Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva

Instituição
Financiamento
Laboratório de Pesquisa

De acordo com o ZEE/MS, a BHRF está inserida no Arco Sudoeste, que é uma área dirigida ao aumento da competitividade territorial mediante a instalação de processos de consolidação e associação de cadeias produtivas vinculadas à diversidade econômica. Trata-se de uma região propícia para expansão das atividades turísticas devido ao "Circuito das Águas" existentes entre Jardim, Bonito e Bodoquena. É marcante ainda, que este Arco é um indutor à expansão sustentável e associada ao turismo, mineração sustentável e agropecuária (MATO GROSSO DO SUL, 2009). No mais, segundo o ZEE/MS, a presença de jazidas de mármore (estimativas de 47,6 milhões de m^3 de textura fina e cores variadas) nas proximidades da cidade de Bonito, além das reservas de calcário e fosfato, revelam um grande potencial inexplorado de expressiva capacidade econômica (MATO GROSSO DO SUL, 2009).

Contudo, destaca-se aqui, que a exploração, seja das jazidas ou das terras ao entorno da sede municipal de Bonito e do PARNA da Serra da Bodoquena, trazem impactos nocivos à qualidade ambiental da BHRF, o que eleva a necessidade de um zoneamento que abarque as características cársticas, especialmente diante do ZEE/MS detalhar suas zonas em uma escala de menor detalhe, que busca uma exploração diante das potencialidades de suas zonas. Entretanto, coube a este zoneamento da BHRF, elencar, além de suas óbvias potencialidades, as fragilidades inerentes ao sistema cárstico e terrígeno, que são deixadas em segundo plano nos zoneamentos ambientais tradicionais.

Esta pesquisa contribuiu assim, com a preservação e/ou conservação dos remanescentes florestais e recursos hídricos, recuperação das áreas degradadas e com ocupações irregulares, além de identificar áreas com potencial para expansão, áreas que merecem atenção e aperfeiçoamentos, zonas urbanas, entre outras características expressas ao longo destas cinco grandes zonas descritas a seguir.

Zonas Prioritárias à Preservação Permanente – ZPP: É uma zona marcada pela preservação das vegetações nativas (florestal e campestre), sobretudo vestígios de mata atlântica, em sua maioria, caracterizada por florestas estacionais deciduais que abrangeram um total de 591,85 km^2 ou 44,64% da BHRF. Apresenta características variadas, com as formações geológicas predominantes de mármore e calcários calcítico e dolomítico, além das rochas do grupo Cuiabá, e englobam ainda, desde gleissolos nas planícies aluviais, solos rasos nos morros residuais como o neossolo, chernossolo no alto e médio curso e latossolos no baixo curso, ou seja, não denota uma característica definida de solos, pois essa classe corresponde aos remanescentes nativos da BHRF espalhados em todas as regiões.

Somado a isso, está situada em setores com declive mais acentuado como os morros residuais do alto e médio curso e em locais planos a suavemente ondulados como nas planícies aluviais, entre elas o banhado do rio Formoso. As áreas com vegetação nativa nas restrições legais ao longo da BHRF, seja o PARNA da Serra da Bodoquena, RPPN Fazenda São Geraldo, RPPN São Pedro da Barra, MNE do rio Formoso, MNE da Gruta do Lago Azul e outras áreas de APP's e de faixa de proteção especial também fazem parte da ZPP.

Sua extensa área trouxe consigo uma ideia clara a respeito de que essa bacia hidrográfica apresenta uma quantidade ainda expressiva de remanescentes nativos. Entretanto, a retirada dessa vegetação é constante, o que faz com que se recomende a manutenção destes remanescentes. A ZPP visa a proteção da biodiversidade, das nascentes e afloramentos rochosos, que trazem impactos positivos nos recursos hídricos e mantêm a qualidade das águas em níveis aceitáveis e com bom enquadramento. Contribuindo assim, sempre efetivar ações contra possíveis atividades antrópicas, seja inserida entre os remanescentes ou que causam a sua retirada para algumas atividades. Logo, indica-se que se pode exercer apenas pesquisas científicas, desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental e recreação em contato com a natureza.

Nessa prática de recreação incluem-se os atrativos turísticos, que na região da BHRF, apresentam a água, tufas calcárias e grandes áreas de vegetação florestal, como seus principais componentes que atraem turistas do mundo todo. Logo, a presença de atrativos turísticos na ZPP deve ser instalada somente diante de um licenciamento ambiental, em que estes atrativos devem monitorar os remanescentes florestais e as águas que perpassam suas propriedades.

Deve ser realizado ainda, periodicamente, um monitoramento das unidades de conservação, matas ciliares, áreas de várzeas como o banhado do rio Formoso e a qualidade das águas ao longo dos principais mananciais da BHRF, a fim da manutenção das tufas calcárias. As águas nessa zona devem ser utilizadas apenas para a preservação do equilíbrio natural do sistema fluvial e recreação com seu devido monitoramento.

Existem duas subzonas da ZPP definidas e que exibem características diferentes, sobretudo no que diz respeito às feições da paisagem, afloramentos rochosos, presença de tufas calcárias,

entre outras características singulares dos sistemas cárstico e terrígeno, que são as Zonas Cársticas prioritárias à Preservação Permanente e a Zonas Terrígenas prioritárias à Preservação Permanente.

A Zona Cárstica prioritária à Preservação Permanente – ZcPP é caracterizada, na BHRF, pelas vegetações nativas da BHRF, inseridas ou não nas áreas de APP's, como o PARNA da Serra da Bodoquena, RPPN Fazenda São Geraldo, MNE da Gruta do Lago Azul e a faixa de proteção especial. Está localizada em terrenos cársticos e é presente no alto e médio curso da BHRF, principalmente nas proximidades dos recursos hídricos que ainda apresentam vegetação preservada, nas grandes porções florestais nas áreas da Serra da Bodoquena e nas vegetações dos morros residuais do alto e médio curso.

Todos estes, abrangeram um total de 71,24% das áreas prioritárias à preservação, ou seja, há uma maior quantidade de áreas preservadas nas regiões cársticas, e isso se deve ao fato da grande quantidade de morros residuais e das áreas do PARNA da Serra da Bodoquena, que restringe o uso e eleva a preservação da BHRF.

Outro fator a se destacar que potencializa a preocupação com a manutenção dessas vegetações nativas, é que grande parte das nascentes dos rios cênicos estão sobre terrenos cársticos e preservados do PARNA da Serra da Bodoquena, como o próprio rio Formoso e os córregos Formosinho, Taquaral e Anhuma.

Outras nascentes também já apresentam problemas relacionados à ocupação irregular do solo**,** resultado da superexploração agropecuária que avançou e acarretou problemas ambientais, como na nascente do rio Mimoso (Figura 62) que, além de transportar sedimentos ao recurso hídrico mediante diversos sulcos erosivos provenientes das lavouras, foi constatada a própria ausência das águas durante o verão de 2017. Fato este, que revelou uma série de preocupações acerca da manutenção do volume das águas desse recurso hídrico. O que favorece o rio Mimoso, por sua vez, é que este recebe afluentes de maior volume de água no alto curso, o que auxilia em possíveis assimilações de contaminantes, como agroquímicos e também mantém a perenidade mesmo em épocas de estiagem, o que não deixa de advertir para uma preocupação com relação a sua quantidade e qualidade.

Já a Zona Terrígena prioritária à Preservação Permanente - ZtPP é uma classe caracterizada, na BHRF, pelas vegetações nativas inseridas nas APP's, na RPPN São Pedro da Barra, MNE do Rio Formoso e nas faixas de proteção especial. Logo, está presente ao longo do médio e baixo curso da BHRF, em terrenos terrígenos, sobretudo nas proximidades dos recursos hídricos que ainda apresentam vegetação preservada, além das porções de florestas nas áreas dos morros residuais, que abrangeram um total de 28,76% das áreas prioritárias à preservação permanente.

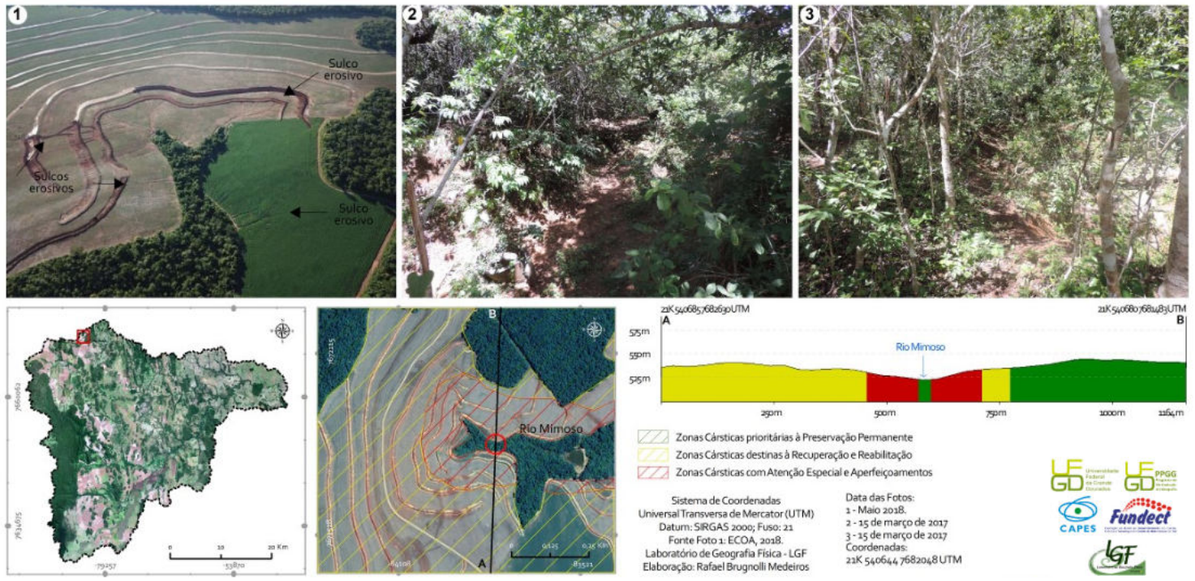


Figura 62: Áreas ao redor da nascente do rio Mimoso e seu leito fluvial completamente seco durante o verão de 2017.

Enquanto que a ZcPP apresenta as culturas como principal embate e causas de redução das áreas preservadas, a ZtPP mostra uma característica diferenciada, que é presença massiva de pastagens ao redor dessas vegetações, sendo encontrada diversas áreas em que as pastagens adentram as vegetações nativas e alcançam, em diversos locais, as áreas de APP's, o que causam possíveis solapamentos das margens e assoreamento dos recursos hídricos. Surgiu assim, a segunda classe do zoneamento ambiental, que são as áreas destinadas à recuperação e reabilitação.

Zonas destinadas à Recuperação e Reabilitação – ZRR: A ZRR parte de dois princípios básicos: o primeiro é a recuperação dessas áreas, em que é definido como essencial, o retorno de determinada porção da BHRF para uma forma de utilização que não desestabilize o meio. O segundo é a reabilitação, em que o princípio básico diz respeito ao regresso de determinada área degradada a uma condição biológica adequada, em que sua situação ecológica é valorizada.

A ZRR está situada ao longo de toda a BHRF, sobretudo em áreas próximas aos mananciais hídricos por conta da incompatibilidade legal, ou seja, pastagens e culturas que invadem as APP's, bem como em áreas determinadas pela máxima incongruência, como exemplo, a presença de atividade agrícola em áreas próximas ao banhado do rio Formoso, que são porções com elevada fragilidade (alta ou muito alta), expressas pela formação Serra da Bodoquena e gleissolos.

Em contrapartida, o ZEE/MS afirma que os recursos hídricos inseridos na BHRF estão conservados, tanto em qualidade como em quantidade (MATO GROSSO DO SUL, 2009) Entretanto, com o zoneamento da BHRF, contestou-se tais afirmações, visto que foi identificado em vários mananciais, a substituição das matas ciliares por culturas de soja e pastagem, o que impacta negativamente na dinâmica de pequenos mananciais e tem como consequência, a sua supressão, além de inferir na quantidade e qualidade dos canais fluviais de maior vazão.

Destacou-se também que parte dos recursos hídricos da BHRF apresenta algum tipo de problema relacionado à ocupação irregular, contaminação, despejo de resíduos sólidos, turvamento, entre outros problemas. Cita-se aqui as mazelas referentes aos córregos Serradinho, Anhuma e Taquaral (ausência de água em determinado período, bem como diversos afluentes que enfrentam ocupações irregulares nas APP's e faixa de proteção especial), córrego Retiro (elevada turbidez, grande quantidade de matéria orgânica depositada e pastagens que adentram às APP's de todos os seus afluentes) e os córregos Bonito e Restinga (despejo de resíduos sólidos, contaminação e ocupações irregulares).

Diante do volume de água de alguns mananciais da BHRF, sobretudo dos rios Formoso, Sucuri e Mimoso e do córrego Formosinho, frente às análises expostas, estes não apresentaram grandes problemas no que diz respeito à qualidade das águas, sobretudo por sua capacidade de autodepuração diante de corredeiras, cachoeiras (oxigenação das águas) e pelas grandes áreas preservadas ao longo de seu curso, que exibem problemas apenas em épocas com chuva concentrada, em que o turvamento é recorrente.

Esses são só alguns dos recursos hídricos citados que elevam o debate sobre a necessidade de reabilitação e recuperação de determinadas áreas. Diante de tais fatos, a ZRR, devido a sua máxima incongruência e incompatibilidade legal, recomenda-se a alteração total de seus usos atuais, buscando restabelecer e recuperar um alto valor ambiental, mediante a recomposição da vegetação florestal. Essas áreas denotam expressivos e preocupantes riscos ambientais e, em alguns casos, problemas ambientais já constatados. Esse restabelecimento visa à manutenção do equilíbrio dessas áreas, minimizar impactos sobre os recursos hídricos e ao arraste de sedimentos, pois muitas dessas áreas estão com problemas relacionados ao solapamento de margens.

É válido destacar que parte considerável da ZRR atinge córregos perenes de menor porte e temporários, em que seus usos atuais podem impactar negativamente nos recursos hídricos, por meio do assoreamento e redução de sua velocidade de fluxo e vazão (Figura 63). Essa temporariedade dos recursos hídricos pode se tornar, a médio e longo prazo, efêmero ou até deixar de existir. Diante de tais problemas, as águas da ZPP devem ser destinadas somente à manutenção da biodiversidade e harmonia paisagística.

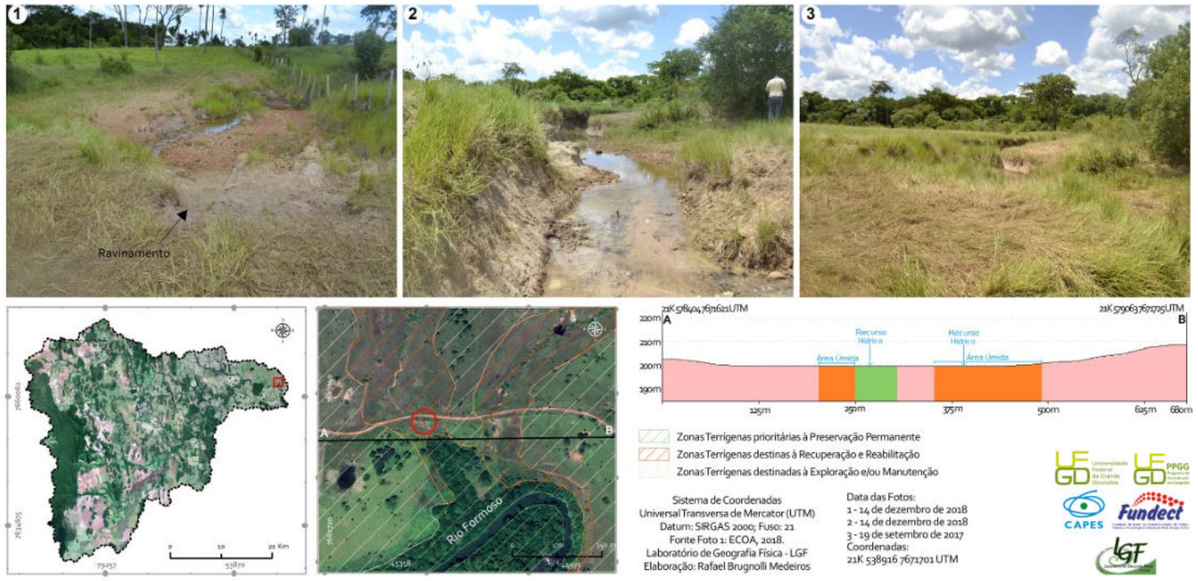


Figura 63: Exemplo característico da ZRR com recursos hídricos sem qualquer mata ciliar.

Existem duas subzonas da ZRR distintas pelos seus sistemas cárstico e terrígeno. A primeira delas é a Zona Cárstica destinada à Recuperação e Reabilitação – ZcRR que abrangeu 62,93% do total da ZRR, sempre possuindo como característica, a incongruência entre o uso das terras atuais com os usos permitidos pela legislação que abarcam as APP's, faixa de proteção especial e o avanço das pastagens no PARNA da Serra da Bodoquena. Somado a isso, culturas em áreas de planície e em terrenos da formação Serra da Bodoquena com gleissolos, são extremamente frágeis e trazem uma

máxima incongruência. Isso ocorre próximo ao banhado do rio Formoso e nas proximidades da Serra da Bodoquena.

Já a Zona Terrígena destinadas à Recuperação e Reabilitação – ZtRR é definida pela incompatibilidade legal em locais próximos aos mananciais hídricos do médio e baixo curso, que abrangem APP's e faixa de proteção especial. É possível notar que esta zona, localizada em ambientes terrígenos, abrange porções no médio e baixo curso, sobretudo nas incongruências legais das pastagens, culturas e áreas urbanizadas.

Portanto, enquanto a ZcRR abrange, em sua maioria, pastagens ou culturas que avançam sobre porções da BHRF com fragilidade elevada e causam uma máxima incongruência entre seu uso atual e a fragilidade dos componentes da paisagem, a ZtRR tem como principal característica a incompatibilidade legal, ou seja, seus componentes favorecem uma utilização para pastagem (especialmente), entretanto, seu uso avança sobre áreas de APP's.

Zonas com atenção especial e aperfeiçoamentos – ZAA: Neste percurso já analisado, surgiu a necessidade de trabalhar com as regiões potencialmente produtivas e que são ocupadas atualmente por pastagens e culturas (especialmente), as que são aqui denominadas de zonas com atenção especial e aperfeiçoamentos.

A ZAA ficou caracterizada, na bacia hidrográfica, por culturas e pastagens que necessitam de cuidados e aperfeiçoamentos acerca de seu manejo. Segundo o ZEE/MS, as zonas próximas da serra da Bodoquena (porções em que boa parte da ZAA ficou definida) são consideradas zonas de expansão, diante da potencialidade expressa pelos terrenos férteis e planos. Surge, a partir deste tipo de afirmação, a necessidade do zoneamento ambiental que a BHRF se propôs a elaborar, pois é essencial para o seu (re) ordenamento físico-territorial, visto que, o ZEE/MS não avança em suas discussões acerca das características destes terrenos férteis, porém, frágeis diante da expansão do modelo econômico direcionado ao mercado global de *commodities,* em especial a monocultura de soja.

A ZAA é uma classe que abrangeu 388,49 km² ou 29,30% do total da BHRF, disposta ao longo de toda a bacia hidrográfica, em áreas com média e alta incongruência e sub-bacias de drenagem de classe III de enquadramento das águas, ou seja, regiões que apresentam restrições consideráveis e necessitam de um manejo adequado e apto à dinâmica da unidade de paisagem que abrange tal classe. Sendo assim, é recomendada para seguir o potencial produtivo atual, desde que ocorra em conjunto com práticas conservacionistas e que haja um respeito à sua capacidade de uso, expressa pelos componentes da paisagem.

Os aperfeiçoamentos necessários vão desde a obrigatoriedade de curvas de nível em pastagens até a inserção de plantas forrageiras, que segundo Barcellos et al. (2008), são formas responsáveis em aumentar a rentabilidade das pastagens ao mesmo tempo em que dão sustentação ao solo, protegendo-o. Além disso, o terraceamento em áreas mais declivosas é outra prática mitigadora que pode se adotada tanto em pastagens, como em culturas, que por sua vez, necessitam de plantio direto, curvas de nível, bacias de contenção, entre outras formas de reduzir o escoamento superficial, sobretudo em épocas de colheita.

Portanto, inúmeras ações mitigadoras não só podem como devem ser realizadas nessa zona e, segundo o ZEE/MS, mesmo a região de Bonito apresentando atividades econômicas (em especial, a pecuária, turismo e agricultura) e por mais que estas ofereçam pressões ambientais, ainda é algo "suportável" e é recomendado que ocorra uma consolidação dessas funções produtivas, com espaço para maiores investimentos diante das terras férteis, tanto do setor agropecuário como nas reservas minerais existentes (MATO GROSSO DO SUL, 2009, p. 48).

Entretanto, visto a fragilidade da área frente às atividades econômicas desenvolvidas, ressalta-se cuidados e atenção especial, pois a ausência de manejos adequados e medidas mitigadoras são consideradas, possivelmente, as responsáveis pelos recorrentes turvamentos das águas dos principais mananciais da BHRF, sobretudo pela colheita da soja que é realizada em grandes porções, o que deixa o solo exposto contra a ação pluvial. Também são responsáveis pelo turvamento dos recursos hídricos, as pastagens sem qualquer tipo de manejo das terras, que auxilia no desenvolvimento de processos erosivos que provocam o carreamento de sedimentos.

Outro fator que é destacado nessas regiões da ZAA são as estradas vicinais que necessitam de alterações em seus sistemas de drenagem e que levem em conta a dinâmica das unidades em que estão inseridas, impondo-lhes valas laterais que promovam a dissipação do escoamento superficial, retenção os sedimentos e impedindo que avancem até os fundos de vale, sendo necessário destacar que o seu monitoramento deve ser constante diante do possível rompimento de caixas de retenção ao longo do tempo, fato que foi notado nas estradas no leste, norte e nordeste da BHRF.

Existem duas subzonas da ZAA: a primeira delas diz respeito à Zona Cárstica com atenção especial e aperfeiçoamentos – ZcAA, que é caracterizada pela média e alta incongruência, disposta no

alto e médio curso da bacia hidrográfica, em que estão localizadas as grandes lavouras de soja. A ZcAA abrangeu 82,46% do total da ZAA, caracterizada pelas áreas mais férteis, com a presença dos chernossolos e argissolos, além de estar localizada em terrenos com a existência de calcário, que torna a área propícia para implantação dessas culturas, pois esses componentes da paisagem proporcionam elevada fertilidade ao solo e faz com que o terreno tenha um grande valor econômico.

Entretanto, ao mesmo tempo em que apresentam potencialidades, as fragilidades são consideráveis por causa da capacidade de dissolução do calcário. O solo (chernossolo em sua maioria) que apresenta uma alta capacidade de desprendimento, somado ao seu uso intensivo, em que grandes áreas de lavouras em épocas de colheita, acabam deixando o solo desprotegido contra a ação pluvial (Figura 64).

Isso acarreta consequências expressivas no setor turístico da região, pois o turvamento das águas altera seus parâmetros físicos e químicos e impactam no desenvolvimento e manutenção das tufas calcárias (principal atrativo de Bonito com cachoeiras, corredeiras e quedas d'água), visto sua fragilidade frente a estes turvamentos. Destaca-se assim, que os mananciais são um dos elementos explorados por esta atividade econômica (turismo) em que sua qualidade e balneabilidade devem estar aptas para o contato com a população.

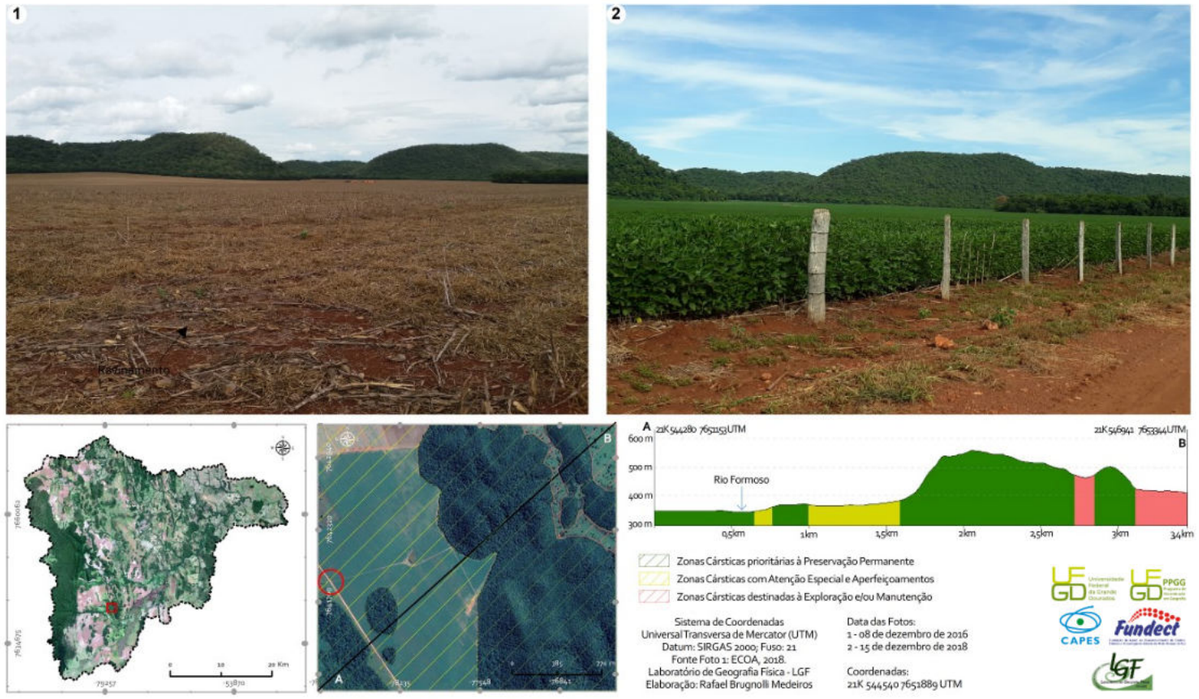


Figura 64: Grandes lavouras de soja deixam solo exposto contra a ação pluvial em épocas de colheitas e ocasionam o arraste de sedimentos aos recursos hídricos.

Destaca-se aqui, que os manejos adequados dessas lavouras passam por curvas de nível, bacias de contenção para dissipar as águas pluviais e plantio direto, que reduz o impacto das águas pluviais no solo. Além de que a colheita deve ser rotacional, o que evitaria grandes áreas de solo exposto nas épocas chuvosas, isto é, de outubro a março. Além disso, deve-se ter controle quanto ao uso de agroquímicos, conforme a reportagem da Ecologia e Ação - ECOA (2019), por meio de uma pesquisa vinculada ao Repórter Brasil, *Public Eye* e Agência Pública com dados disponibilizados pelo Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano - SISAGUA, do Ministério da Saúde, demonstrou que o efeito do avanço da plantação de grãos na região de Bonito vem causando a contaminação das águas utilizadas para abastecimento da cidade, e mediante análises realizadas, constatou-se 26 agrotóxicos e 11 deles associados a doenças crônicas.

Segundo o ZEE/MS, o uso de fertilizantes que permite aumentos substanciais na produtividade agrícola, também está associado à eutrofização dos recursos hídricos, à acidificação dos solos e à contaminação de aquíferos e reservatórios de água. Outros agroquímicos são utilizados para controle de pragas, doenças e ervas daninhas e tendem a se acumular no solo e na biota.

Esses fatores são praticamente um *feedback* ante a necessidade de se trabalhar o zoneamento ambiental que abarque as características cársticas, uma vez que são sistemas completamente distintos dos terrígenos, pois no momento em que se tem culturas em larga escala, com despejo de agroquímicos em grandes áreas e estes percolam as fendas e fissuras do calcário, a probabilidade de ocasionar impactos nas águas subterrâneas é mais elevada. Além disso, as águas superficiais da ZcAA apresentam estreita relação com a hidrogeologia e, portanto, contaminantes podem auferir as águas superficiais na medida em que são abastecidas pelas águas subterrâneas, bem como por meio do deflúvio superficial.

No que se trata da Zona Terrígena com atenção especial e aperfeiçoamentos - ZtAA, esta abrange a sub-bacia de drenagem de classe III de enquadramento (córrego Retiro) e locais com alta incongruência entre a capacidade de uso e seu uso atual, pois foram constatados grandes porções de pastagens no baixo curso, além das culturas e pastagens em menor abrangência no médio curso.

Ainda na sub-bacia do córrego Retiro (classe III de enquadramento), a mesma se destaca por apresentar grandes problemas relacionados ao uso de pastagens em áreas de neossolo, que é raso e pedregoso. Esta sub-bacia possui cerca de 30% de suas áreas em terrenos frágeis (alta e muito alta fragilidade), que concentram a maior parte dos processos erosivos por quilômetro quadrado da

BHRF. Ao todo foram encontrados 15 processos erosivos, sejam eles lineares (ravinamento e sulcos) ou laminares ao longo das proximidades de algumas nascentes dos tributários do córrego Retiro, destacando-se ainda, que a totalidade das pastagens não apresenta qualquer tipo de manejo das terras. Esses fatos resultam em uma qualidade das águas abaixo do aceitável, como a elevada turbidez e baixo oxigênio dissolvido.

Portanto, essas áreas de pastagem necessitam de cuidados acerca de seu manejo, por meio da instalação de curvas de nível, além de rotacionar os animais em piquetes, o que potencializa a pastagem e favorece uma maior proteção ao solo. Logo, enquanto a ZcAA abrange grandes regiões férteis e frágeis como as áreas cársticas com chernossolo (em sua maioria) e estão sob uso intensivo de culturas em larga em escala, a ZtAA abrangeu apenas 17,54% do total dessa classe de zoneamento e apresenta as culturas, em pequenas porções, e as pastagens como únicas característica antrópica, situadas não só sobre terrenos frágeis (como o neossolo), mas também em solos com boa drenagem e profundos como o latossolo, este último, em áreas de classe III de enquadramento. Seu grande e principal problema está relacionada ao manejo dessas pastagens e porções com qualidade abaixo do aceitável.

Alicerçado em dados e informações como as descritas neste subitem, somados às características dos componentes da paisagem, com suas fragilidades e potencialidades, o recorrente turvamento das águas e o enquadramento atual destas (em algumas porções), em que as restrições a respeito da ZAA são mais incisivas, necessitam de atenção e de práticas conservacionistas mais intensivas nos setores abrangidos pela referida classe.

Zonas destinadas à exploração ou manutenção – ZEM: Por outro lado, a distinção entre sistema cárstico e terrígeno fica mais enfatizada nas diferenças existentes entre a ZAA e a Zona destinada à exploração e manutenção – ZEM, pois enquanto que a ZAA se apresenta em sua maioria nos terrenos cársticos, a ZEM tem sua ampla predominância em terrenos terrígenos, sobretudo por estes serem menos frágeis e passíveis de exploração.

A ZEM é caracterizada pelas grandes porções de pastagens no médio e baixo curso da BHRF, com a presença de pequenas áreas com culturas. Seu substrato rochoso é variado, com grupos de arenito, diamictito, filito, folhelho, quartzito, metagrauvaca e xistos grafitosos das rochas terrígenas do grupo Cuiabá (subunidades Pelítica, Psamítica e Conglomerática) e formações Aquidauana, Puga e Rio Bacuri. São áreas de relevo aplainado e, principalmente, suave ondulado, em que há um predomínio de solos bem drenados e profundos como o latossolo e nitossolo, o que favorece a infiltração e reduz o deflúvio superficial.

A energia do relevo se apresenta como muito suave a fraca, sempre em terrenos em que as águas superficiais se encontraram nas classes de enquadramentos aceitáveis, como a classe I e II. Logo, as águas superficiais na ZEM são preconizadas à proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, a irrigação de hortaliças e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e a aquicultura (CONAMA, 2005).

Outro destaque importante são as atividades de mineração, que estão localizadas em terrenos extremamente frágeis, diagnosticados, inicialmente, como áreas da ZRR. Entretanto, como os aspectos econômicos seriam fortemente afetados, deve-se manter seus usos atuais, com exceção feita às áreas que atingem a faixa de proteção especial. Logo, é imprescindível adotar práticas de conservação, gerir os rejeitos e monitorar a qualidade das águas dos mananciais próximos diante da deposição de tais rejeitos, com o intento de manter a dinâmica hídrica e conservar as tufas calcárias.

A Zona Cárstica destinada à exploração e manutenção - ZcEM tem como característica principal serem áreas com mínima e baixa incongruência, expressa pelos componentes físicos e uso atual. Esta zona possui como principal atividade econômica a pastagem, localizada em solos mais resistentes como o latossolo e o nitossolo (solos mais profundos e de boa infiltração) e em relevo aplainado, o que reduz sua fragilidade a níveis médios e baixos. Além disso, essa zona abrange áreas das bacias de drenagem que foram enquadradas na classe I e II das águas superficiais.

A conservação do uso atual e uma possível exploração de seus potenciais ocorrem por causa da pouca fragilidade dessas áreas. Entretanto, sempre com práticas conservacionistas que minimizem possíveis impactos sobre as áreas cársticas. A ZcEM compõe 27,3% das áreas de ZEM, com maiores proporções no médio curso da BHRF em que se destaque a pastagem como principal atividade, identificada em terrenos aplainados e suave ondulado com a predominância do latossolo no médio curso.

Em uma porção no baixo curso da bacia há um remanescente de substrato carbonatado pertencente à subunidade Carbonática do grupo Cuiabá, com mármores calcíticos e dolomíticos com

filitos subordinados que, apesar da fragilidade do carste, são terrenos suavemente ondulados e solos profundos, bem desenvolvidos e bem drenados (latossolo), o que reduz sua fragilidade.

Diante de tais fatos, trata-se de uma zona que apresenta característica para a expansão de seu potencial produtivo, seja para culturas e pastagens ou a manutenção de seus usos atuais. Para a implementação de tais usos intensivos, necessita da consideração das fragilidades e potencialidades expressas pelos componentes ambientais e desde que seja em conjunto com sua capacidade, respeitando os vários afloramentos rochosos existentes. Enfatiza-se ainda, que a média e baixa fragilidade dessas terras não desobriga que pastagens e culturas sejam manejadas, portanto, devem apresentar práticas simples de conservação, como curvas de nível.

Já com relação à ZtEM, esta apresenta, como característica, os grupos de arenito, diamictito, filito, folhelho, quartzito, metagrauvaca e xistos grafitosos das rochas terrígenas do grupo Cuiabá (subunidades Pelítica, Psamítica e Conglomerática). Esta subunidade compõe 72,87% da ZEM, sobretudo por se tratar de setores com predominância de fragilidade baixa, situadas no médio e baixo curso da BHRF, com pastagens principalmente (Figura 65).

A ZtEM é uma zona caracterizada pela média, mínima e baixa incongruência, além de abranger áreas das bacias de drenagem que foram enquadradas na classe I e II das águas superficiais. As atividades identificadas na ZtEM foram as pastagens e culturas com relativo aplainamento dos terrenos, além de estarem situadas em áreas potencialmente passíveis de serem

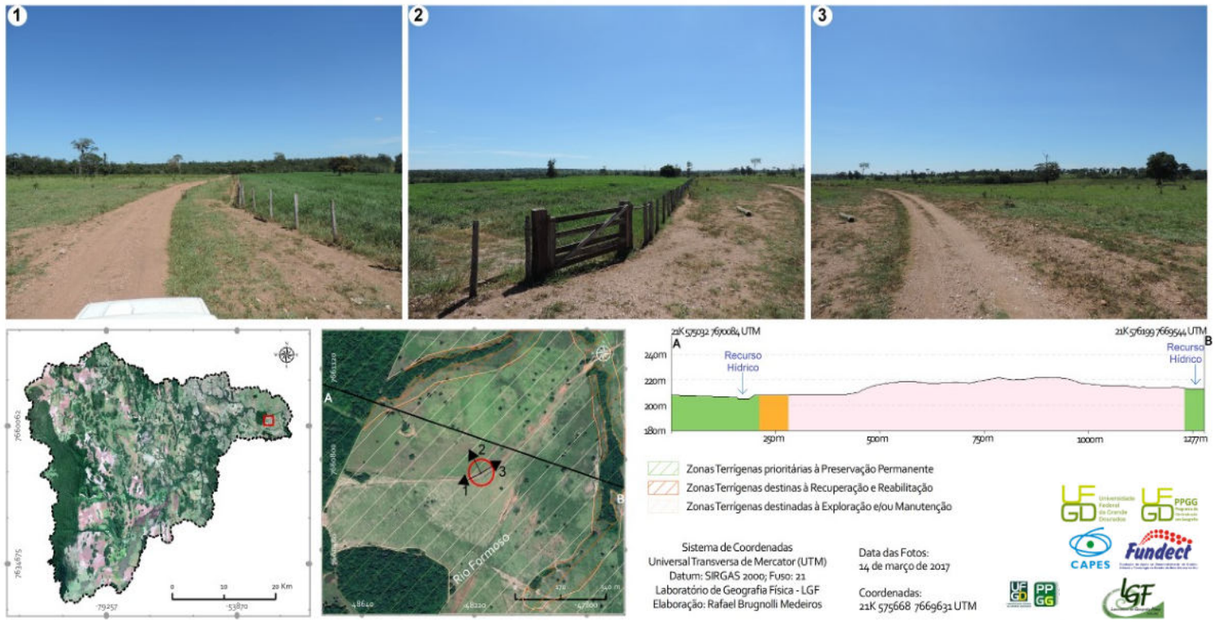


Figura 65: Pastagem característica da ZtEM, com relevo aplainado a suave ondulado.

exploradas ou que seja conservado seu uso atual, destacando sempre, a necessidade de práticas de conservação. Entretanto, é uma zona que deve ater ao desenvolvimento de processos erosicionais, pois é uma área que, mesmo com fragilidade reduzida, ostenta problemas relacionados à falta de manejo das terras, bem como a falta de monitoramento de algumas questões básicas (entre elas, estão os açudes mal planejados, que não estão aptos à dinâmica da unidade em que estão inseridos, o que causa o rompimento de suas margens e origina processos erosivos).

Outra questão a ser enfatizada, são as estradas que cortam a ZtEM, já que muitas delas apresentam problemas relacionados à processos erosivos lineares, alguns em estado de maior preocupação, e necessitam das mesmas recomendações sugeridas na ZAA, ou seja, ajustes em seu sistema de drenagem com a instalação de caixas de retenção, visto que existem diversas estradas que não a possuem, como também monitoramento de caixas de contenção que foram rompidas, sobretudo nas proximidades do córrego São João, além da instalação de terraços de escoamento (bigodes) para direcionar as águas pluviais até as caixas de retenção, o que reduz o arraste de sedimentos.

Nota-se, portanto, que apesar dessa zona ser apta à exploração, encontra-se impactada negativamente em seu contexto ambiental e físico, por apresentarem problemas relacionados às estradas (diante do constante translado de veículos pesados e veículos de passeio sentido atrativos turísticos diariamente); traçados de estradas que cortam o leito fluvial e que prejudicam os recursos hídricos; açudes mal planejados, sem um manejo adequado de seu entorno e sem levar em conta a dinâmica hídrica; pastagens mal manejadas ou sequer apresentaram algum tipo de manejo das terras; entre outros.

Logo, recomenda-se a exploração de seu potencial produtivo ou manutenção de suas funções atuais, entretanto, seu uso com culturas e pastagens necessita de práticas simples de conservação, como curvas de nível e rotação de pastagens, o que favorece sua potencialidade. Os manejos aplicados são de suma importância, pois evitam ou minimizam determinados impactos negativos, visto que boa parte das pastagens do baixo curso, que estão inseridas na ZtEM, não apresentaram manejo de suas terras.

Portanto, enquanto a ZcEM apresenta uma média e baixa fragilidade, com mínima e baixa incongruência entre sua capacidade e uso atual, com solos predominantemente do tipo latossolos e nitossolos, a ZtEM apresenta uma variedade maior de solos e abrangem desde latossolos, nitossolos

e até pequenas porções de chernossolo, este último mais frágil se comparado com os dois primeiros, entretanto, a fragilidade destas áreas é baixa, por possuir relevo aplainado em terrenos terrígenos.

Zonas Urbanas – ZU: Apresenta-se uma zona distinta das citadas até aqui. Inseridas no perímetro urbano de Bonito, as Zonas Urbanas se definem única e exclusivamente pelo aglomerado urbano, e não possuem uma definição de solos ou uma diferenciação do substrato rochoso (como foi individualizado nas demais classes), visto que a área urbana apresenta uma característica que não dá suporte para diferenciar as rochas e solos diante de seu terreno impermeabilizado.

Portanto, a ZU abrangeu uma área de 8,71 km², que correspondeu a apenas 0,66% do total da BHRF, é uma área relativamente pequena, mas que deve ser diferenciada das demais classes diante de suas características. É uma zona inserida sob os limites do perímetro urbano de Bonito e que possui duas subzonas distintas: a primeira delas diz respeito à Zona Urbana já consolidada – ZUco, que está situada em terrenos passíveis de serem utilizados para tais fins, ou seja, não está em áreas de APP's e faixa de proteção especial. Apresenta uma predominância de residências de baixo porte. Sua infraestrutura (comércio e indústrias) é de pequeno a médio porte, em que se destacam os serviços ligados ao setor turístico e agropecuário.

Essa é uma zona que abrangeu 70,61% da ZU, em que se recomendam ações para proporcionar um melhor descarte de resíduos, monitorar a qualidade das águas de recursos hídricos

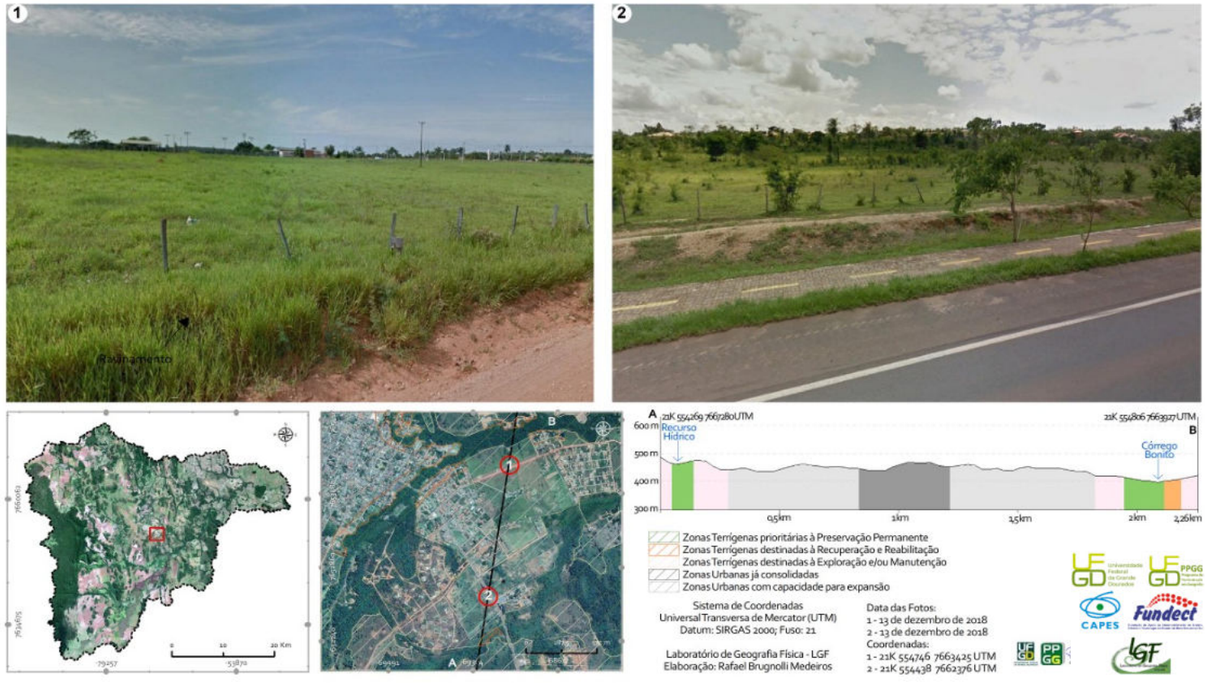


Figura 66: Relevo aplainado a suave ondulado recoberto por latossolos e nitossolos é uma característica básica da ZUex.

próximos à sede municipal, como os córregos Bonito, Saladeiro e Restinga, e coibir a captação de água destes recursos hídricos para abastecimentos diversos. Além disso, é necessário o asfaltamento de ruas próximas aos recursos hídricos, o que reduziria o possível arraste de sedimentos.

Algumas questões relacionadas aos componentes ambientais dizem respeito a uma necessidade de atenção voltada à construção de edificações em áreas de gleissolos, bem como efetivar ações de educação ambiental, que busca conscientizar a população sobre a importância ambiental da região e da manutenção da qualidade das águas em níveis aceitáveis. Outras questões são necessárias, como o aumento da arborização e das áreas verdes, recomposição da vegetação nas áreas com restrições legais e que são utilizadas com edificações (já inserido à ZRR), controle e fiscalização no despejo de resíduos e monitoramento da qualidade das águas dos recursos hídricos.

A segunda subzona diz respeito à Zona Urbana com capacidade para expansão – ZUex, que abrange 29,39% da ZU. Essa zona é caracterizada por estarem inseridas no perímetro urbano, mas que ainda não foram consolidadas e que estão sobre componentes ambientais capazes de proporcionar uma expansão da área urbana, ou seja, localizadas em porções com mínima e baixa incongruência. A ZUex está situada em terrenos de superfície terrígena aplainada a suave ondulada (declive de 0 a 8%), com latossolos e nitossolos como suporte a essa expansão e seu uso atual de pastagens (Figura 66). Entretanto, ressalta-se aqui que essa zona não está situada em áreas protegidas pela legislação, favorecendo assim, a inserção de novas formas de ocupação.

Apesar de possuir capacidade para expansão, recomenda-se a manutenção de suas funções atuais com o uso das pastagens, visto que, já são encontrados problemas ambientais nas proximidades de suas áreas (recursos hídricos, aumento de despejo de resíduos, entre outros problemas já discutidos). Entretanto, já que o referido local apresenta capacidade para que sejam realizadas tais ocupações, recomenda-se que a expansão das áreas urbanas seja no sentido leste, já que se vislumbra a ocupação em áreas terrígenas e aplainadas, propícias para minimizar possíveis riscos ao sistema. Ademais, as aberturas a novos loteamentos devem ser feitas de forma ordenada, com infraestrutura adequada, residências de baixo a médio porte e indústrias que não ofereçam riscos à atividade residencial e ao setor ambiental, impedindo veementemente a ocupação de áreas próximas aos mananciais, sobretudo em APP`s e faixa de proteção especial, além de promover um melhor descarte dos possíveis resíduos sólidos, de modo a evitar problemas com enchentes e inundações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de transformação do mundo, impõe ao conhecimento um movimento constante de renovação, o que significa que a cada dia surgem novas ideiais ou reformulam-se as velhas, isto é, reproduzem-se ideias, nessa cadeia infinita que é o conhecimento, somente a reflexão crítica nos permite efetivamente avançar.
(CARLOS, et al., 1999)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enfatiza-se que uma pesquisa como esta, ou seja, que envolve a dinâmica de uma bacia hidrográfica e alterações na paisagem, nunca pode ser considerada como uma conclusão. Neste percurso, acredita-se que os objetivos foram alcançados, especialmente no que diz respeito à interpretação da BHRF como um sistema peculiar, em que as relações entre seus componentes físicos e antrópicos, as unidades de paisagem e o zoneamento ambiental possuem influência do sistema cárstico, portanto, suas análises se basearam nesta perspectiva.

Logo, apresentou-se neste estudo, reflexões sobre a acuidade das abordagens teóricas indicadas, materiais, métodos e procedimentos metodológicos realizados, resultados adquiridos e perspectivas futuras. Diante disso, as abordagens teóricas, inicialmente, foram essenciais para a compreensão dos processos e discussões levantadas, tanto a respeito da teoria sistêmica, paisagem e bacia hidrográfica, como também discussões entre autores que trabalharam com o sistema cárstico e as influências que seus componentes exercem sobre outros em uma mesma unidade de estudo, além de apresentar tal sistema como frágil e peculiar. Isso trouxe ao Atlas uma ideia muito clara a respeito das dinâmicas existentes, suas características principais e como esses componentes se relacionaram frente a uma bacia hidrográfica como a do rio Formoso.

Diante das dificuldades em se encontrar bibliografias que trabalhassem com tal tema, isto é, o sistema cárstico, constatou-se um déficit na literatura brasileira, visto que as principais temáticas abordadas eram voltadas ao turismo, ou seja, há uma deficiência em pesquisas e literaturas que pairam sobre os componentes frágeis de um carste e como os mesmos se inter-relacionam, suas influências sobre as águas superficiais, por exemplo. Nesse pressuposto, este Atlas visa contribuir, de certa forma, com outras regiões cársticas do Brasil, em pesquisas no estado de Mato Grosso do Sul e no próprio município de Bonito e região.

Indubitavelmente, ao se abordar teorias e formas de análise, os procedimentos metodológicos adentram às discussões. Neste sentido, as geotecnologias assumiram um papel primordial, em que tornou possível adquirir dados, compilá-los, adaptá-los e compará-los com a realidade terrestre, o que trouxe consigo uma infinidade de possibilidades e inter-relações que permitiram alcançar os objetivos propostos e responder todas as indagações levantadas durante a pesquisa.

Diante disso, houve uma mescla de questões conceituais (desde a abordagem da bacia hidrográfica como unidade de estudo, paisagem como categoria de análise, destacando o carste e o zoneamento ambiental), técnicas (com o uso das geotecnologias), metodológicas (com as diversas bases que nortearam os mapeamentos e métodos utilizados), empíricas (com o conhecimento dos pesquisadores envolvidos acerca da área de estudo e das temáticas trabalhadas) e as questões relacionadas às análises (que proporcionaram uma importante interpretação sobre essa peculiar bacia hidrográfica).

Todos os procedimentos e etapas reverberaram com a proposta inicial, o que proporcionou resultados que possibilitaram apontar a heterogeneidade da BHRF no que diz respeito aos componentes da paisagem, pois permitiram compreender que a interação dos elementos climáticos e das rochas carbonatadas são responsáveis pela modelagem de um relevo cárstico que se apresenta extremamente dissecado na serra da Bodoquena, com morros residuais, bem como um relevo aplainado a suave ondulado nas áreas de poljes, que são determinantes para as características pedológicas reinantes, com solos férteis, porém frágeis, como o chernossolo.

Logicamente, outros solos estão presentes, mas a relação entre as rochas carbonatadas e os processos pedogenéticos mostraram-se estritamente associadas, visto que as rochas carbonatadas trazem ao ambiente uma fertilidade natural, tanto calcários e mármores calcíticos e dolomíticos das formações do grupo Corumbá e do grupo Cuiabá, bem como a formação Serra da Bodoquena, que expressaram boa parte dos solos férteis da região oeste e central da BHRF.

Por outro lado, a BHRF apresenta um sistema terrígeno que abrange toda a região leste e que se associa a solos menos férteis (latossolo), rasos e pedregosos (neossolo). Tais fatos e relações expressaram um relevo terrígeno que se difere do cárstico. Essa diferenciação tornou-se notável entre os sistemas e auxiliou na definição das primeiras unidades de paisagem, visto que houve uma necessidade de se analisar separadamente os sistemas cárstico e terrígeno.

Essa diversidade trouxe à BHRF um intenso processo de ocupação e uso das terras, em que o avanço das lavouras se destacou desde a década de 80, com um declínio na década de 90 até meados de 2000, quando se iniciou a franca expansão de suas fronteiras agrícolas, juntamente com o turismo na região. Tais fatos provocaram um profundo processo de alteração no padrão de uso das terras da BHRF, devido ao aumento desordenado das lavouras voltadas à produção de

commodities, visto um aumento de aproximadamente 650% entre 1984 a 2017 na BHRF, sobretudo nos terrenos férteis e cársticos.

Tais fatos elevam os riscos de impactos ambientais negativos e, quando somados às questões relacionadas às supressões das vegetações florestais da BHRF, tornam-se ainda mais preocupantes, pois estas obtiveram uma queda brusca e significativa de sua abrangência, que a fez perder 122,75 km² de mata nativa nos últimos 33 anos, substituídas, atualmente, por pastagens no baixo e médio curso e por culturas no médio e alto curso da BHRF. O que se mostra preocupante é justamente sua localização, com grande maioria em regiões próximas ao banhado do rio Formoso, que é uma importante e essencial área úmida, com grande biodiversidade e que se caracteriza como um filtro para os sedimentos, além de abastecer os mananciais em épocas de estiagem e manter o regime hídrico.

Neste contexto, foi inegável que a implantação das Unidades de Conservação na BHRF tornou-se uma aliada à preservação e conservação das matas que ainda resistem à pressão antrópica. O PARNA da Serra da Bodoquena, MNE's e RPPN's, incorporadas a partir do ano de 1998, foram essenciais, pois reduziram a retirada da vegetação, mantiveram a biodiversidade em seus limites e recuperaram áreas que já estavam degradadas. O que se notou no entorno dessas áreas de conservação foi uma intensa pressão antrópica, com pastagens e culturas que alcançam os tálus das UC's.

Diante dos impactos negativos no equilíbrio da bacia hidrográfica em consequência dos avanços das atividades agropecuárias sobre a vegetação nativa, destacou-se outra preocupação, ou seja, a inserção dos insumos agrícolas com grau de contaminação, como os agrotóxicos e pulverizantes. Ao analisar o uso das terras da BHRF, notou-se que mais de 93% das lavouras estão situadas em terrenos cársticos, isto é, em terrenos com características frágeis, o que torna essa preocupação relevante, pois a capacidade de infiltração em sistemas cársticos é superior a sistemas terrígenos, que torna favorável a exposição das águas subterrâneas a cargas de agrotóxicos, principalmente ante a capacidade de dissolução das rochas carbonatadas e a lixiviação das águas pluviais em suas fendas e fissuras, e já que as águas superficiais apresentam uma estreita relação com a hidrogeologia local, sua contaminação é favorecida.

Logo, a interpretação e análise da qualidade das águas superficiais se tornou um importante instrumento na compreensão do estado real da qualidade desse sistema fluvial. O que se leva em conta, é que esses sistemas são dinâmicos e o seu monitoramento visa um diagnóstico contínuo a respeito de seus possíveis problemas. Com isso, apontou-se que a BHRF, ao longo dos 36 pontos de coleta e monitoramento das águas superficiais, em dois períodos de análise, isto é, no inverno e verão do ano 2017, mostrou alguns fatores a se destacar positivamente e outros negativamente.

De modo geral, a BHRF foi enquadrada na classe I de acordo com o CONAMA (2005), que preconiza seu uso para consumo humano após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação e mergulho); irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de películas e à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas (CONAMA, 2005).

Entretanto, destaca-se que boa parte dos pontos analisados apresentaram uma característica ímpar das águas, que é seu caráter alcalino, com pH normalmente acima de 7,00, dotado de uma assinatura geoquímica cálcica, magnésica e carbonatada. Devido a isso, as águas superficiais apresentaram elevada condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos. Águas com este perfil geoquímico geralmente são águas consideradas "duras", levemente encorpadas e, aos organismos mais sensíveis, possuem efeito laxativo. Por outro lado, estas águas não apresentam sólidos em suspensão em excesso devido à sua decantação, bem como, diante do alto teor de cálcio, os sólidos tendem a se solidificar, o que os deixam mais pesados e concentrados naturalmente no leito fluvial, contribuindo para a translucidez das águas.

Essa deposição calcária favorece o surgimento de um dos maiores atrativos turísticos da região, ou seja, as tufas calcárias, que possuem grande beleza cênica. Essas tufas possuem interesse científico, turístico e ambiental, entretanto, são extremamente frágeis e necessitam de propostas para sua conservação. Tais propostas passam necessariamente pela redução na recorrência de turvamentos das águas, pois as tufas são erodidas mais rapidamente diante de tais acontecimentos e isto, certamente impactará nos atrativos turísticos da BHRF a médio e longo prazo.

Apesar da BHRF ter sido enquadrada na classe I, percebeu-se que seus problemas são pontuais e relacionados à ocupação e descaso antrópico com o meio. Logo, o cenário se torna "turvo" diante do avanço da agricultura, da ausência ou ineficiência do manejo das terras ocupadas, além do manejo precário das estradas vicinais. Tais ações são as principais responsáveis pelos turvamentos dos mananciais, em que os rios translúcidos e de boa qualidade dão lugar a um sistema fluvial comprometido e com um transporte elevado de sedimentos em suspensão. Diante disso, todos os parâmetros de qualidade das águas são alterados, que provoca, assim, impactos não

apenas no arcabouço ambiental, mas também no econômico, social e político, visto que boa parte dos atrativos tendem a fechar suas atividades devido, principalmente, à alta turbidez.

Logo, buscou-se compreender as relações e interações existentes entre os componentes da paisagem com o intuito de iniciar o processo de identificação e classificação das unidades de paisagem, que acarretou como resultado, uma intensa heterogeneidade das paisagens da BHRF. Identificar características análogas foi um desafio, entretanto, considerou-se satisfatório para os objetivos traçados nesta pesquisa. De tal modo, partiu-se do pressuposto da compartimentação da bacia hidrográfica em sete grandes unidades de paisagem, o que trouxe um documento inédito, tanto na delimitação dos pavimentos cársticos, como dos domínios de morros residuais e dolinas no sistema cárstico, domínios de morros residuais no sistema terrígeno, superfícies cársticas aplainadas e suave onduladas, superfícies terrígenas aplainadas e suave onduladas, planícies aluviais cársticas e planícies aluviais terrígenas.

Portanto, essas sete unidades de paisagem possuem, em sua característica principal, a distinção dos sistemas cárstico e terrígeno, em que se analisou os aspectos ambientais de ambos, além da elaboração de produtos cartográficos que representassem tais áreas, o que traz um procedimento que carecia nos zoneamentos ambientais já realizados, ou seja, que abarquem e observem tais diferenciações na definição das zonas, observando de maneira menos incisiva, o lado econômico, resultando em ações voltadas à conservação e/ou preservação da bacia hidrográfica.

Diante de tal compartimentação, permitiu-se que o zoneamento ambiental se tornasse um instrumento de ordenamento físico-territorial capaz de apontar possíveis melhorias e proposições de ações mitigadoras para cada unidade de paisagem. Com isso, obteve-se um resultado inédito e passível de ser aplicado para fins de melhoria da qualidade ambiental da BHRF, desde as zonas destinadas à preservação permanente, que se vinculam aos remanescentes nativos da bacia hidrográfica. Em contrapartida, existem as áreas que precisam ser totalmente alteradas, ou seja, as zonas destinadas à recuperação e reabilitação, em que seus usos não condizem com a capacidade ou não condizem com as restrições legais.

Logo, diante do que foi trabalhado nesta pesquisa, para a melhoria da BHRF em seu contexto ambiental, propôs-se tais recomendações:

- Manutenção dos remanescentes florestais, com a implementação de ações de fiscalização que visa à proteção da biodiversidade e contra a ocupação antrópica nas áreas restritas legalmente;
- Inserção dos remanescentes nativos como áreas prioritárias à preservação permanente, apontada, a partir disso, como restrição legal, cabível de punição por órgãos competentes caso constatada sua retirada, isso inclui o banhado e demais áreas úmidas do rio Formoso e afluentes;
- Alteração total dos atuais usos nas zonas de recuperação e reabilitação, em que há incongruências legais e ambientais. Por meio disso, busca-se o restabelecimento e restauração do alto valor ambiental mediante a recomposição da vegetação florestal;
- Incentivo ao plantio de mudas nativas da região nesses setores em que a recuperação e reabilitação for necessária, especialmente nas matas ciliares e APP's que apresentaram incongruências;
- Controle e fiscalização no despejo de resíduos sólidos, sobretudo próximos aos recursos hídricos;
- As zonas com atenção especial e aperfeiçoamentos podem ser utilizadas desde que sigam seu atual potencial produtivo. Recomenda-se apenas uma mudança nos manejos atuais, visando assim, reduzir o arraste de sedimentos,
- As culturas necessitam de manejos adequados, como curvas de nível, bacias de contenção para dissipar as águas pluviais e plantio direto, o que reduziria o impacto das águas pluviais no solo. A colheita deve ser intercalada, para que evite grandes áreas de solo exposto em épocas chuvosas (outubro a março);
- Incentivo à implantação, nas pastagens, de um manejo adequado com curvas de nível. Em conjunto, adotar o terraceamento em áreas mais declivosas e prover a rotação dos animais em piquetes, o que potencializa a pastagem e favorece uma maior proteção ao solo;
- Construção de bebedouros nas pastagens, para que os animais não adentrem aos recursos hídricos, o que reduziria o pisoteio e assoreamento das margens e do leito fluvial;
- Utilização das terras de acordo com suas restrições ambientais, legais e fragilidades expressas pelas rochas, declives, energia potencial erosiva do relevo e solos;

- Nos atrativos turísticos, priorizar ações de educação ambiental, implementar placas informativas sobre a importância da conservação e preservação para a qualidade ambiental da região e realizar um monitoramento, por parte destes atrativos, da qualidade das águas e dos parâmetros físicos e químicos dos recursos hídricos que perpassam suas propriedades, mantendo-os em níveis aceitáveis;
- Nas erosões, necessita-se da inserção de gramíneas e/ou vegetação de maior porte e busca-se deixá-la em pousio e cercá-la, para reduzir o pisoteio de animais e minimizar o avanço destas erosões, o que recuperaria seu valor ambiental;
- Mudança no traçado de estradas que cortam o leito fluvial dos recursos hídricos, por meio do cercamento dessas passagens e recomposição da vegetação. Pode ser priorizado, ao invés da mudança no traçado, a (re)construção de pontes que perpassam os recursos hídricos, levando em conta o regime fluvial, o que evitaria problemas futuros;
- Efetuar a construção de caixas de retenção nas estradas e mudanças em seus sistemas de drenagem, principalmente aquelas que margeiam pastagens no médio e baixo curso e culturas no alto e médio curso, com imposição de valas laterais que promovam a dissipação do arraste de sedimentos, necessitando de uma manutenção recorrente;
- Realizar um monitoramento periódico dos recursos hídricos da BHRF, com a recomendação da utilização dos pontos escolhidos nesse Atlas, como potenciais para contínuo monitoramento dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais, mantendo-os em um enquadramento aceitável, além de efetuar uma ininterrupta conservação das tufas calcárias.

Dado o exposto, ficou evidente que a hipótese central da pesquisa foi ratificada, ou seja, a existência de degradações tornou-se visível, sobretudo nos recursos hídricos. Portanto, a intensificação do uso e cobertura das terras é o principal causador dos problemas ambientais refletidos na BHRF e a elaboração do zoneamento ambiental possibilitou complexas análises, e o desenvolvimento do inventário da BHRF, diagnóstico e perspectivas futuras, podem nortear, perfeitamente, tais intervenções no meio.

O que não se pode desprezar, e que finaliza toda essa discussão, é a existência de uma estreita, porém, complexa relação entre os setores econômicos, sociais, ambientais e políticos que englobam o município de Bonito. A primeira relação abrange o setor agropecuário, com as plantações de soja e pastagens, que são consideradas as principais causadoras do “barreamento” dos rios, com destaque aos cênicos. Fato recorrente desde o início deste século.

A segunda relação, entre o setor turístico e o arcabouço ambiental da BHRF, pois o primeiro necessita que o sistema bacia hidrográfica permaneça em estado de clímax, com uma paisagem preservada e conservada e de uma boa qualidade dos recursos hídricos para a manutenção de suas atividades turísticas.

A terceira relação vincula-se ao setor ambiental, científico e político, amparada por pesquisas como esta, que busca apontar a real qualidade ambiental da BHRF diante dos problemas ambientais existentes e infere sugestões para melhorar a capacidade resiliente da principal bacia hidrográfica de Bonito. Como retratado, esta relação é de suma importância. O momento histórico passado pelo Brasil de 2016 a 2022, no qual o Estado trabalhou com menosprezo à ciência e a educação pública, reforça a importância da pesquisa desenvolvida, pois nela há antítese disso. Nota-se que recursos humanos não faltavam, muito menos sua qualidade técnica, o que faltava é outra condição, que não somente essa pesquisa abrangeu durante seu período, sobretudo aquelas vinculadas aos programas de pós-graduação, os quais padeciam com a falta de incentivo/fomento. O desafio estava na aplicação do conhecimento científico.

Outra questão importante é que, apesar de prever uma série de melhorias nas questões ambientais da BHRF, nota-se que nesse período, o desprezo político com tais questões veio a tona de forma veemente. O enfraquecimento do Ministério do Meio Ambiente de 2016 a 2022 se tornou apenas um dos componentes que trazem graves consequências ambientais, como a revisão das Unidades de Conservação, redução de vegetações nativas e a extinção de fundos e organizações engajados na preservação e conservação dos remanescentes florestais. De fato, isso afetou em certa medida a área da BHRF.

E, por fim, a relação entre o setor social e turístico de Bonito, visto que grande parte de sua população se sustenta mediante recursos oriundos das atividades turísticas. Logo, espera-se que tais relações se associem de forma menos conflitante diante do zoneamento ambiental aqui proposto e isso passa, basicamente, pela necessidade de se repensar, com urgência, os processos de uso e ocupação desse sistema cárstico, pois o comprometimento do frágil equilíbrio dinâmico desse sistema não é algo para ser pensado futuramente e sim imediatamente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA F. F. M. Litologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso). **Boletim DNPM**, Divisão de Litologia e Mineralogia, v. 219, 1965. p. 1-137.

ALVARENGA, C. J. S., MOURA C. A. V., GORAYEB P. S. S., ABREU, F. A. M. **Paraguay and Araguaia belts.** In.: U.G. CORDANI, E.J. MILANI, A. THOMAS FILHO, D.A. Campos (eds.) Tectonic Evolution of South América. International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro, p: 183-193. 2000.

ALVARENGA, C. J. S.; TROMPETTE, R. Glacial influenced sedimentation in the lter Proterozoic of the Paraguay Belt (Mato Grosso, Brazil). **Paleogeograf. Paleoclimatol. Palaeoecol**, 92:85-105. 1992.

ALVES, L. B. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do córrego Laranja Doce/MS**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados.

ANA, Agência Nacional das Águas. **Portal HidroWeb.** s.d. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/rest/api/inventario/download. Acesso em: jan. de 2019.

BACANI, V. M. **Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim, MS.** 2010. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BAPTISTA, M. B.; BRAUN, O. P. G.; CAMPOS, D. A. **Léxico estratigráfico do Brasil**. Brasília: DNPM-CPRM, 560 p. 1984.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** v. 1, Florianópolis: Ed. UFSC. v. 1, 1994. 425p.

BOGGIANI, P. C. **Ambientes de sedimentação do grupo Corumbá na região central da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.** 1990**.** 103 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1990.

BOGGIANI, P. C.; COIMBRA, A. M.; GESICKI, A. L.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V. P.; RIBEIRO, F. B.; FLEXOR, J. M. 2002. **Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena, MS** - Cachoeiras petrificadas ao longo dos rios. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C. (Edits.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1. ed. Brasilia: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v.01. p. 249-259, 2002.

BOGGIANI, P. C; FAIRCHILD, T. R; COIMBRA, A. M. O Grupo Corumbá (Neoproterozóico-Cambriano) na região central da Serra da Bodoquena (Faixa Paraguai), Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Geociências,** São Paulo. v. 23, ed. 3. p. 301-305, 1993.

BONITO. **Lei orgânica de 05 de abril de 1990.** Dispõe sobre a lei orgânica do município de Bonito. **Diário Oficial de Bonito***,* Bonito, 05 abr. 1990.

BRASIL. Decreto de 21 de setembro de 2000. Cria o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, no estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. Brasília, em 21 de setembro de 2000; Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Diário Oficial da União***,* Brasília, 21 set. 2000.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, em 25 de Maio de 2012; Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Diário Oficial da União***,* Brasília, 25 mai. 2012.

BRAZ, A. M. **Geotecnologias aplicadas na análise das implicações entre o uso, cobertura e manejo da terra e a qualidade das águas superficiais:** bacias hidrográficas dos córregos Lajeado Amarelo e Ribeirãozinho, Três Lagoas/MS. 2017. (Dissertação Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas. 2017.

BRUGNOLLI, R. M. **Procedimentos metodológicos para análise da vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas com um estudo de caso da bacia hidrográfica do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS em 2014.** 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Três Lagoas, 2016.

BRUGNOLLI, R. M. Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Mimoso, Bonito/MS: as contribuições da cartografia de paisagens e da ótica geossistêmica. **Revista Entre-Lugar**, Dourados, v. 13, p. 277-305, 2022.

BRUGNOLLI, R. M. **Zoneamento Ambiental para o Sistema Cárstico da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul.** Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2020. 403p.

BRUGNOLLI, R. M.; ALVES, L. B. O uso e cobertura das terras da bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Bonito, Mato Grosso do Sul. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 3, p. 224-247, 2021.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. L. Qualidade e enquadramento das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Mimoso, Bonito/MS. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, v. 28, p. 184-195, 2019a.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. L.; SILVA, C. A. da. Calidad de las aguas superficiales en sistemas kársticos. Un estudio de la cuenca hidrográfica del río Formoso, Bonito, Mato Grosso do Sul - Brasil. **Investigaciones Geográficas**, v. 78, p. 1-22, 2022b.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; SILVA, C. A. da. A Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Mimoso, um Sistema Cárstico do Mato Grosso do Sul/Brasil. **Revista Confins (Paris),** n. 40, p. 1-22, 2019b.

BRUGNOLLI, R. M.; CHAVEZ, E. S. Estado geoecológico das paisagens da bacia hidrográfica do córrego Formosinho, Bonito/MS - Brasil: bases para a gestão territorial. **Geofronter**, v. 7, p. 01-26, 2021.

BRUGNOLLI, R. M.; CHAVEZ, E. S. Potencial das paisagens de uma região cárstica para o turismo. A bacia hidrográfica do rio Formoso, Bonito/Mato Grosso do Sul, Brasil. **Geographia (UFF),** Niterói. v. 24, p. 1-22, 2022.

BRUGNOLLI, R. M.; CHÁVEZ, EDUARDO S.; DA SILVA, CHARLEI A.; BEREZUK, ANDRÉ G. Geoecological diagnosis of landscapes of the Formoso River Watershed, Bonito/MS, Brazil. **Environmental Earth Sciences (Internet)**, v. 81, p. 1-19, 2022a.

BRUGNOLLI, R. M.; JESUS, A. D. de; ALVES, L. B. Erosões em estradas não-pavimentadas da bacia hidrográfica do Rio Formoso, Bonito/MS: diagnóstico e medidas de controle. **Confins (Paris)**, v. 57, p. 1, 2022.

BRUGNOLLI, R. M.; PINTO, A. L.; ALVES, L. B. Evolução do uso e cobertura das terras e seus impactos na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do córrego Bonito (Mato Grosso do Sul, Brasil). **Finisterra (Lisboa. 1966)**, v. 56, p. 215-236, 2021.

BRUGNOLLI, R. M.; PINTO, A. L.; MIGUEL, A. E. S. Influência do uso e manejo florestal dos hortos de eucalipto na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do córrego Moeda, Três Lagoas/MS. **Revista de Geografia,** Recife, v. 34, p. 186-200, 2017.

BRUGNOLLI, R. M.; SILVA, C. A. da; CHAVEZ, E. S.; BEREZUK, A. G. Landscapes of the Formoso river watershed, Mato Grosso do Sul - Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 121, p. 1-17, 2023.

CAMPANHA, G.A.C., BOGGIANI, P.C., SALLUN-FILHO, W., SÁ, F.R., ZUQUIM, M.P.S. & PIACENTINI, T. A Faixa de Dobramento Paraguai na Serra da Bodoquena e Depressão do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul. **Geologia USP**, Série Científica 11(3):79-96, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo, Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução 357/2005, Dispõe sobre a classificação dos recursos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Governo Federal, Brasília. **Diário Oficial da União**, n 92, de 17 de março de 2005, Seção 1, 89p.

CÔRREA, J. A.; NETO, C. CORREIA, FILHO, F. C. L.; SCISLEWSKI, G.; CAVALLON, L. A.; CERQUEIRA, N. L. S.; NOGUEIRA, V. L. **Projeto Bodoquena,** Relatório Final, MME/DNPM, Convênio DNPM/CPRM - Superintendência Regional de Goiânia, 1976.

CPRM, COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. **Litologia e Recursos Minerais do estado de Mato Grosso do Sul.** Brasília, CPRM, 2006. 144p.

CREPANI, E. M.; et. al. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento físico-territorial.** São José dos Campos INPE, 2001 (INPE-8454-RPQ72). 124p.

CUNHA, C. M. L. da. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental.** 2001, 128 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências e Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

DA COSTA, P. G. G. **Bonito, cidade das águas: na trilha das construções identitárias de Mato Grosso do Sul (1948 - 2010).** 2010. 204p. Dissertação (Mestrado em História) - Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2010.

DE WAELE, J.; GUTIÉRREZ, F.; PARISE, M.; PLAN, L. Geomorphology and natural hazards in karst areas: A review. **Geomorphology**, v.134, p. 1-8. 2011.

DIAS, J. A região cárstica de Bonito, MS: uma proposta de zoneamento geoecológico a partir de unidades da paisagem. **Ensaios e ciência**. Campo Grande, v. 4, n. 1, p. 09-43, abr. 2000.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos:** estudos aplicados à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio – São Paulo/Brasil**.** 2013, 283 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2013.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Folha SF.21-X-A-IV MI - 2583 (Vila Campão).** Brasília: Ministério do Exército, 1980. Escala 1:100.000.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Folha SF.21-X-A-V MI – 2584 (Aldeia Lalima).** Brasília: Ministério do Exército, 1980. Escala 1:100.000.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Folha SF.21-X-C-I MI-2619 (Rio Perdido).** Brasília: Ministério do Exército, 1980. Escala 1:100.000.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO. **Folha SF.21-X-C-II (Jardim).** Brasília: Ministério do Exército, 1980. Escala 1:100.000.

ECOA. **Bonito, belezas e águas límpidas geram riqueza. Agricultura de soja desmata, turva a água e espalha veneno**. 2019. Disponível em: <https://ecoa.org.br/bonito-belezas-e-aguas-limpidas-geram-riqueza-agricultura-dos-graos-desmata-turva-a-agua-e-espalha-veneno/>. Acesso em: julho, 2019.

EICHENBERG, F. O. **Turismo e Turismo de Natureza no Mato Grosso do Sul: a proposição de um zoneamento turístico a partir do geossistema.** 2018. 207 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, 2018. 353p.

ESRI 2011. **ArcGIS Desktop**: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 625p.

FAO. **Soil map of the world**: 1:5.000.000 legend. Paris: Unesco, 1974. v. 1.

FERNANDES, F. R. C.; ALAMINO, R. C. J.; ARAUJO, E. R. **Recursos minerais e comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos.** Rio de Janeiro, CETEM/ MCTI, 2014. 379p.

FERNANDES, N. B.; MOREAU, M.S.; MOREAU, A.M.S.S.; COSTA, L.M. Capacidade de uso das terras na bacia hidrográfica do Jiquiriça, recôncavo sul da Bahia. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 34, p. 105-122, 2010.

FERREIRA, P. S. **Dinâmicas territoriais na fronteira de Mato Grosso do Sul/Brasil e Paraguai:** a produção da commodity soja para exportação e suas consequências socioambientais. 2021. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2021.

FORD, D. C.; WILLIAMS, P. **Karst Hydrogeology and Geomorphology**. John Wiley, Chichester, 2007. 562p.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.E.; CHAVES NETO, A.; HINDI, E.C. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.14, n. 16, 2009.

GOMES. W. M. **Fragilidade potencial natural da bacia hidrográfica do córrego Moeda, Três Lagoas/MS.** 2016, 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Três Lagoas, 2016.

GONÇALVES, A. da S. **Análise dos impactos ambientais negativos na sub-bacia hidrográfica do córrego Panduí – município de Amambai/MS**, 2017, 118 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKY, F. F.; SILVA, J. M. A.; RAMOS, M. M.; SILVA, D.D. Modelo para a determinação do espaçamento entre desaguadouros em estradas não pavimentadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.29, p.397-405. 2005.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades,** (s.d.). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/. Acesso em: 15 abr. 2019.

KOHLER, H.C.; CASTRO, J. F. M. Geomorfologia cárstica. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia**: Exercícios, Técnicas e Aplicações. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 339-350. 2009.

LACERDA FILHO, J. V.; CORREIA DE BRITO, R. S.; RODRIGUES VALENTE, C.; CAVALCANTE DE OLIVEIRA, C.; SILVA, M. G.; MORETON, C. C.; MARTINS, E. G.; LOPES, R. C.; MUNIZ LIMA, T.; LARIZZATTI, J. H.; VALENTE, C. R.; **Litologia e Recursos Minerais do estado de Mato Grosso do Sul**, CPRM/SICME. 2006.

LELIS, L. R. M.; PINTO, A. L.; SILVA, P. V. da; PIROLI, E. L.; BRUGNOLLI, R. M.; GOMES, W. M. Qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Formoso, Bonito - MS. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 2, p. 279-302, 2015.

LEPSCH, I. F. BELLINAZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**: 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LIMA, B. S. **Ícones de paisagem de Mato Grosso do Sul:** análise funcional e de qualidade visual para o turismo de natureza. 2021. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2021.

LIMA, B. S. **Paisagens da serra de Maracaju/MS, suas potencialidades para o turismo de natureza.** 2017, 316 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2017.

LIMA-SILVA, M.; ANDRADE, M. C. K. Os Impactos ambientais da atividade mineradora. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, p. 1 - 16, 08 dez. 2017.

LUCE, C. H.; WEMPLE, B. C. Introduction to special issue on hydrologic and geomorphic of forest roads. **Earth Surface Processes and Landforms***,* v. 26, p. 111-113, 2001.

Rizzo, M. R. **Encontros e desencontros do turismo com a sustentabilidade:** um estudo do município de Bonito – Mato Grosso do Sul. 2010. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2010.

MARTINS, P. C. E. **As paisagens da faixa de fronteira Brasil/Bolívia:** complexidades do pantanal sul-matogrossense e suas potencialidades para o turismo de natureza**.** 2018, 316 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

MATEO RODRIGUEZ, J.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental:** Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

MATO GROSSO DO SUL. Decreto nº 10.394**,** de 11 de junho de 2001. Institui o Monumento Natural da Gruta do Lago Azul. Confere o inciso VII do art. 89 da Constituição do Estado e tendo em vista o disposto no inciso II do §1° art. 225 da Constituição Federal e na Lei Federal n° 9.985, de 18 de junho de 2000. **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul***,* Campo Grande, n. 10.394, 11 jun. 2001.

MATO GROSSO DO SUL. Decreto nº 11.453**,** de 23 de outubro de 2003. Cria o Monumento Natural do Rio Formoso e dá outras providências. Inciso VII do art. 89 e o inciso III do § 2º do art. 222 da

Constituição Estadual, e tendo em vista o disposto no inciso II do § 1° do art. 225 da Constituição Federal e na Lei Federal n° 9.985, de 18 de junho de 2000. **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul***,* Campo Grande, n. 11.453, 23 out. 2003.

MATO GROSSO DO SUL. Lei n. 1.871, de 15 de julho de 1998. Estabelece a forma de conservação da natureza, proteção do meio ambiente e defesa das margens nas áreas contíguas aos Rios da Prata e Formoso, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul***,* Campo Grande, n. 4.815, 16 jul. 1998.

MATO GROSSO DO SUL. Lei n. 989, de 9 de dezembro de 2003. Leis dos Rios Cênicos - Formoso, Prata e Peixe. Estabelece limitações ambientais como forma de conservação de natureza, proteção do meio ambiente e defesa das margens nas áreas das bacias hidrográficas dos rios Formoso, Prata e Peixe, no município de Bonito-MS. **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul***,* Campo Grande, n. 989, 9 dez. 2003.

MATO GROSSO DO SUL. Lei nº 2.223, de 11 de abril de 2001. Responsabiliza os proprietários e arrendatários de imóveis rural e urbano, pela poluição hídrica dos rios-cênicos, e dÁ outras providencias. **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul***,* Campo Grande, n. 5.488, 16 abr. 2001.

MATO GROSSO DO SUL. Lei nº 2.406, de 29 de janeiro de 2002. Institui a Política Estadual dos Recursos hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul***,* Campo Grande, n. 5.907, 30 de dez. 2002.

MATO GROSSO DO SUL. **Zoneamento ecológico econômico – Mato Grosso do Sul:** primeira aproximação. Governo do estado de Mato Grosso do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.semagro.ms.gov.br/zoneamento-ecologico-economico-de-ms-zee-ms/>. Acesso em: janeiro, 2018.

MATO GROSSO DO SUL**. Zoneamento ecológico econômico – Mato Grosso do Sul:** segunda aproximação. Governo do estado de Mato Grosso do Sul, 2015. Disponível em: <http://www.semagro.ms.gov.br/zoneamento-ecologico-economico-de-ms-zee-ms/>. Acesso em: janeiro, 2018.

MENDES, I. A. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba – SP.** 1993. 171f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

OLIVEIRA, G. H. de. **As implicações do uso, cobertura e manejo das terras na qualidade e enquadramento das águas superficiais da bacia hidrográfica do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS.** 2014, 176 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Três Lagoas, 2014.

OLIVEIRA, G. H.; PINTO, A. L.; FERNANDES, M. V. F.; ARAUJO, A. F. Balneabilidade no baixo sucuriú, município de Três Lagoas/MS. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino - GEOMAE (Online)**, v. 2, p. 79-89, 2011.

PARISE, M; DE WAELE, J.; GUTIERREZ, F. Current perspectives on the environmental impacts and hazards in karst. **Environmental Geology**, v. 58, p. 235–237, 2009.

PEIXOTO, C. S.; SILVA, C. A da; MATTOS, S. H. V.; BOIN, M. N. Fragilidade potencial e emergente no munícipio de Ivinhema (MS). **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Três Lagoas**, v. 1, p. 09-30, 2018.

PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H.; PEREIRA, G. A. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino - GEOMAE (Online),** Campo Mourão, v. 1, p. 69-82, 2010.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

RIBEIRO, A. F. N. **Desafios e conflitos na produção do espaço no Planalto da Bodoquena***:* Agricultura, Turismo e Apropriação da Natureza. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2017. 184p.

ROLIM F.G., THEODOROVICZ A. 2010. **Geopark Bodoquena-Pantanal o alvorecer da biodiversidade**. Dossie de candidatura à rede global de geoparques nacionais sob aupício da organização das nações unidas para educação, ciências e cultura/ UNESCO.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-73, 1994.

SALINAS CHÁVEZ, E. RIBEIRO, A. F. do N. La cartografía de los paisajes con el empleo de los Sistemas de Información Geográfica: Caso de estudio Parque Nacional Sierra de Bodoquena y su entorno, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Geografia y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)**, v. 9, n. 9, 2017, p.186-205.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, west-central Brazil. **Journal of Maps**, p. 282-295, 2007.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; BOGGIANI, P. C. Paisagens Cársticas da Serra da Bodoquena (MS). **In: Litologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**, Chapter: XXV, Publisher: Ed. Beca, Editors: Virgínio Mantesso-Neto, Andrea Bartorelli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamin Bley de Brito-Neves, 2004. p.424-433.

SANESUL, EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL. **Tratamento de Esgotos.** (s.d.). Disponível em: http://www.sanesul.ms.gov.br/tratamento-de-esgoto. Acesso em: mar. de 2019.

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

SCHAUTZ, L. C. A. **Avaliação da qualidade da água do Rio Dourados/MS – Variáveis Físico-Químicas.** Dourados/MS. 2015. (Dissertação Mestrado em Química) – Universidade Federal da Grande Dourados. 2015.

SIGEP, Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. **Glossário Geológico Ilustrado.** 2001. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>. Acesso em: maio de 2017.

SILVA, C.; A. da; **Análise sistêmica, turismo de natureza e planejamento ambiental de Brotas: proposta metodológica.** 2006, 347 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SILVA, J. P. S. Impactos Ambientais Causados por Mineração. **Revista Espaço da Sophia**, n. 8, 2007.

SILVA, M. A.; FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; OLIVEIRA, A. H.; LIMA, G. C.; CURI, N. Sistema de informações geográficas no planejamento de uso do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p. 316-323, 2013.

SILVA, P. V. da. A **Importância da água para a percepção turística na bacia do rio Formoso em Bonito-MS.** 2015. 259 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2015.

SILVA, P. V. da; PIROLI, E. L.; HERNÁNDEZ, J. E. G. Qualidade da água e turismo em bacias hidrográficas: o caso da microbacia do Rio Sucuri, Bonito-MS, Brasil. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, v. 18, n. 18. p. 89-101, 2014.

SILVA, P. V. da; PIROLI, E. L.; PINTO, A. L. Água e Turismo na Bacia do Rio Formoso em Bonito-MS: Percepção dos Turistas. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 2, n. 23, 2016.

SILVEIRA, G. R. P.; CAMPOS, S.; GARCIA, Y. M.; SILVA, H. A. S.; CAMPOS, M.; NARDINI, R. C.; FELIPE, A. C. Geoprocessamento aplicado na determinação das subclasses de capacidade de uso do solo para o planejamento conservacionista. **Comunicata Scienia**, v.4, n.4, p. 330-336, 2013.

SPIRIDONOV, A. I. **Princípios de la metodologia de las investigaciones de campo y El mapeo geomorfológico**. Havana: Universidad de la Havana, Faculdad de Geografia, 1981. 3v.

SPRING. **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling.** Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

STEVANOVIĆ, Z. **Karst Environment and Phenomena.** In: Stevanović Z. (eds) Karst Aquifers—Characterization and Engineering. Professional Practice. In: Earth Sciences. Springer, Suiça, p. 19–46. 2015.

THOMAZ, E. L.; PERETTO, G. T. Hydrogeomorphic connectivity on roads crossing in rural headwaters and its effect on stream dynamics. **Science of the Total Environment.** v. 550, n. 1, p. 547-555, 2016.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro. IBGE/SUPREN, 1977. 97p.

USGS, United States Geological Survey. **Earth Explorer**. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: jun. 2016.

USGS, United States Geological Survey. **Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: jun. 2016.

VENI, G.; DUCHENE, H.; CRAWFORD, N. C.; GROVES, C. G.; HUPPERT, G. N.; KASTNING, E. H.; OLSON, R.; WHEELER, B. J. Living with karst, a fragile foundation. **AGI Environmental Awareness Series**. American Geological Institute, v. 4. 2001.

ZAVATTINI, J. A. Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. **Geografia,** Rio Claro, v. 17, n. 2, p. 65-91, 1992.

PRODUÇÃO CIENTÍFICA DERIVADA DA PESQUISA

BRUGNOLLI, R. M. **Geossistema Cárstico e Geoecologia da Paisagem.** In: Valdir Adilsoon Steinke; Charlei Aparecido da Silva; Edson Soares Fialho. (Org.). Geografia da Paisagem: múltiplas abordagens. 1ed.Brasília: Caliandra, 2022, p. 414-438.

BRUGNOLLI, R. M. Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Mimoso, Bonito/MS: as contribuições da cartografia de paisagens e da ótica geossistêmica. **Revista Entre-Lugar (UFGD. Impresso),** v. 13, p. 277-305, 2022.

BRUGNOLLI, R. M.; ALVES, L. B. O uso e cobertura das terras da bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Bonito, Mato Grosso do Sul. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 3, p. 224-247, 2021.

BRUGNOLLI, R. M.; ALVES, L. B.; GOMES, W. M. **Análise Multitemporal do Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Mimoso, Bonito/MS**. In: VIII CIETA - Congreso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales, 2018, Foz do Iguacú. p. 1103-1118.

BRUGNOLLI, R. M.; ALVES, L. B.; SILVA, C. A. da. **O uso e cobertura das terras:** uma análise multitemporal da bacia hidrográfica do córrego Anhuma, Bonito/MS. In: Lidriana de Souza Pinheiro; Adryane Gorayeb. (Org.). Geografia Física e as Mudanças Globais. 1ed.Fortaleza: Edições UFC, 2019, p. 1-17.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. L. Qualidade e Enquadramento das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Mimoso, Bonito/MS. **Ciência Geográfica**, v. 23, p. 184-195, 2019.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. L.; ALVES, L. B. Qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do córrego Formosinho, Bonito/MS. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, v. 19, p. 3-28, 2020.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. L.; BOIN, M. N.; ALVES, L. B. O carste e a qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Sucuri, Bonito/MS. **Caderno de Geografia**, v. 30, p. 499-514, 2020.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. L.; SILVA, C. A. da. Calidad de las aguas superficiales en sistemas kársticos. Un estudio de la cuenca hidrográfica del río Formoso, Bonito, Mato Grosso do Sul - Brasil. **Investigaciones Geograficas**, p. 107, 2022.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; SILVA, C. A. da. A morfometria da bacia hidrográfica do rio Mimoso, um sistema cárstico do Mato Grosso do Sul/ Brasil. **Confins (Paris),** v. 40, p. 1-19, 2019.

BRUGNOLLI, R. M.; CHAVEZ, E. S. Estado geoecológico das paisagens da bacia hidrográfica do córrego Formosinho, Bonito/MS - Brasil: bases para a gestão territorial. **Geofronter**, v. 7, p. 01-26, 2021.

BRUGNOLLI, R. M.; CHAVEZ, E. S. O potencial das paisagens de uma região cárstica para o turismo - a bacia hidrográfica do rio Formoso, Bonito/Mato Grosso do Sul, Brasil. **Geographia (UFF),** v. 24, p. 1, 2022.

BRUGNOLLI, R. M.; CHÁVEZ, E. S.; SILVA, C. A. da; BEREZUK, A. G. Geoecological diagnosis of landscapes of the Formoso River Watershed, Bonito/MS, Brazil. **Environmental Earth Sciences (Internet),** v. 81, p. 1-19, 2022.

BRUGNOLLI, R. M.; JESUS, A. D. de; ALVES, L. B. Erosões em estradas não-pavimentadas da bacia hidrográfica do Rio Formoso, Bonito/MS: diagnóstico e medidas de controle. **Confins (Paris),** p. 1, 2022.

BRUGNOLLI, R. M.; JESUS, A. D. de; ALVES, L. B. **Unidades de paisagem do sistema cárstico da bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Bonito/MS - Brasil**. In: XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, 2021, João Pessoa.

BRUGNOLLI, R. M.; JESUS, C. S.; ALVES, L. B. **Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Retiro, Bonito/Mato Grosso do Sul.** In: XIII Encontro Nacional da ANPEGE, 2019, São Paulo.

BRUGNOLLI, R. M.; PINTO, A. L.; ALVES, L. B. A morfometria da rede de drenagem em um sistema cárstico: o caso da bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Bonito/MS. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas**, v. 1, p. 474-494, 2020.

BRUGNOLLI, R. M.; PINTO, A. L.; ALVES, L. B. Evolução do uso e cobertura das terras e seus impactos na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do córrego Bonito (Mato Grosso do Sul, Brasil). **Finisterra (Lisboa. 1966),** v. 56, p. 215-236, 2021.

BRUGNOLLI, R. M.; PINTO, A. L.; ALVES, L. B. **Morfometria do Relevo da Bacia Hidrográfica do Córrego Retiro, Bonito/MS.** In: VIII CIETA - Congreso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales, 2018, Foz do Iguacú. p. 662-676.

BRUGNOLLI, R. M.; SILVA, C. A. da; CHAVEZ, E. S.; BEREZUK, A. G. Landscapes of the Formoso river watershed, Mato Grosso do Sul - Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 121, p. 104121, 2023.

CHAVEZ, E. S.; TROMBETA, L. R. A.; BRUGNOLLI, R. M. Paisagem e Gestão de Recursos Hídricos: um diagnóstico das Bacias Hidrográficas do Rio Paranapanema (SP-PR) e Rio Formoso (MS), Brasil. **Espaço em Revista**, v. 24, p. 291-321, 2022.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem Sistêmica 8, 9, 15
Agricultura.....4, 6, 9, 21, 41, 58, 59, 63, 69, 75, 93, 111, 116, 125, 133, 137
Ambientalistas 11, 92
ArcGis.....4, 15, 16, 18, 19, 22, 28
Áreas Protegidas.....21, 22, 31, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 75, 129
Atlas 3, 4, 5, 8, 9, 10, 34, 55, 70, 92, 132, 135, 142

B

Bacia Hidrográfica.....4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 29, 31, 32, 33, 38, 39, 40, 42, 43, 46, 47, 48, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 60, 62, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 76, 79, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 108, 109, 112, 114, 119, 121, 122, 125, 126, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141
Beleza Cênica 9, 65, 70, 78, 98, 112, 133
Bonito.....3, 4, 9, 10, 15, 21, 22, 23, 29, 31, 33, 36, 37, 39, 41, 54, 58, 59, 60, 61, 64, 66, 67, 70, 73, 76, 81, 82, 83, 86, 90, 91, 92, 109, 112, 115, 116, 118, 119, 120, 122, 124, 125, 126, 129, 132, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142

C

Capacidade de Uso.....4, 14, 27, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 119, 125, 126, 138, 140
Cárstico.....4, 5, 8, 9, 10, 15, 25, 26, 28, 29, 31, 34, 35, 39, 41, 44, 45, 47, 49, 50, 53, 58, 59, 60, 61, 69, 72, 73, 75, 76, 78, 79, 81, 83, 85, 86, 90, 92, 95, 100, 120, 122, 123, 124, 127, 132, 134, 135, 141, 142
Código Florestal 21, 61, 64, 69, 142
Commodities 9, 61, 92, 119, 125, 133
Condutividade Elétrica.....72, 78, 86, 133
Curvas de Nível.....15, 16, 17, 60, 102, 111, 117, 119, 125, 126, 127, 128, 134, 142

D

Declividade.....4, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 25, 27, 31, 39, 41, 44, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 63, 65, 66, 70, 82, 87, 95, 97, 98, 99, 101, 104, 109, 110, 118, 142
Dissecação Horizontal.....4, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 25, 27, 31, 39, 41, 42, 44, 45, 47, 95, 142
Dissecação Vertical.....15, 17, 18, 19, 22, 31, 39, 41, 44, 45, 47, 50, 51, 59, 69, 95, 142

E

Energia Potencial Erosiva do Relevo.....4, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 25, 27, 31, 39, 41, 42, 47, 49, 50, 51, 59, 69, 81, 95, 97, 98, 104, 111, 134, 142
Enquadramento das Águas.....4, 25, 26, 29, 77, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 97, 125, 136, 139, 142
Erosões.....5, 8, 28, 41, 44, 47, 50, 59, 65, 78, 88, 91, 104, 107, 109, 110, 111, 112, 117, 118, 119, 120, 135, 142
Estradas Não Pavimentadas.....112, 118, 138, 142

F

Formoso.....3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 20, 21, 22, 24, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 96, 97, 103, 104, 105, 108, 109, 110, 112, 114, 116, 121, 122, 123, 124, 125, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142
Fragilidade Ambiental.....4, 5, 9, 14, 15, 16, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 41, 42, 51, 67, 70, 95, 97, 98, 99, 104, 107, 142

I

Imagens de Satélite 6, 16, 19, 28, 51, 60, 65, 100, 107, 110, 116, 142
Inventário 4, 14, 15, 16, 25, 31, 55, 107, 112, 135, 142

L

Legislação Ambiental 21, 64, 112, 142

M

Manejo.....9, 10, 41, 53, 64, 65, 66, 69, 88, 91, 93, 99, 104, 109, 110, 111, 115, 117, 119, 125, 127, 128, 129, 133, 134, 136, 137, 139, 142
Mato Grosso do Sul.....3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 20, 21, 24, 32, 35, 36, 37, 38, 40, 43, 46, 48, 52, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 66, 67, 68, 72, 74, 76, 81, 96, 108, 114, 117, 118, 121, 132, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144
Mecanização Agrícola 41, 101, 142
Mimoso.....36, 37, 39, 47, 50, 51, 53, 54, 61, 64, 65, 73, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 103, 104, 109, 112, 116, 118, 123, 124, 136, 141, 142
Modelo Diigital de Terreno 142
Monumento Natural Estadual.....22, 61, 63, 66, 142

O

Ordenamento físico-territorial.....5, 11, 14, 29, 70, 125, 134, 136, 142

P

Paisagem.....4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 22, 25, 26, 27, 29, 31, 34, 49, 54, 55, 64, 69, 70, 72, 76, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 112, 115, 118, 119, 122, 125, 126, 127, 132, 134, 135, 137, 138, 141, 142
Pecuária.....6, 9, 21, 55, 59, 60, 61, 125, 142
pH 25, 53, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 81, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 115, 133, 138, 142
Plantio Direto 125, 126, 134, 142
Preservação.....5, 11, 27, 28, 50, 53, 61, 64, 65, 66, 67, 70, 81, 85, 91, 97, 98, 103, 104, 105, 109, 110, 112, 118, 119, 122, 123, 133, 134, 135, 142

Q

Qualidade Ambiental 5, 8, 11, 112, 119, 122, 134, 135, 142
Qualidade das Águas.....9, 10, 14, 15, 23, 24, 25, 28, 36, 50, 54, 59, 60, 65, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 107, 112, 115, 117, 118, 122, 124, 127, 129, 133, 135, 136, 137, 139, 141, 142

R

Recomposição Vegetal 64, 65, 110, 111, 142
Recuperação Ambiental 28, 61, 142
Recursos Hídricos.....4, 5, 8, 9, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 36, 37, 39, 41, 42, 44, 45, 47, 49, 50, 59, 60, 61, 64, 65, 70, 77, 78, 79, 84, 91, 93, 97, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 115, 116, 118, 119, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 134, 135, 137, 141, 142
Relevo.....4, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 25, 29, 31, 34, 35, 37, 39, 41, 42, 44, 45, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 58, 64, 67, 69, 72, 80, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 107, 109, 110, 111, 119, 127, 128, 129, 132, 137, 142
Remanescentes Florestais 70, 112, 119, 122, 134, 135, 142
Reserva Particular do Patrimônio Natural..... 11, 21, 61, 63, 142
Resíduos Sólidos 28, 64, 82, 112, 115, 116, 124, 129, 130, 134, 142
Resiliência 5, 10, 92, 112, 119, 142
Riscos e Problemas Ambientais.....4, 5, 14, 26, 28, 107, 113, 115, 116, 119, 120, 142
Rochas Carbonatadas.....8, 11, 31, 34, 41, 42, 53, 70, 75, 76, 77, 84, 87, 88, 89, 91, 92, 97, 103, 104, 109, 110, 115, 132, 133, 142

S

Serra da Bodoquena.....11, 21, 22, 25, 31, 34, 35, 36, 37, 41, 45, 49, 53, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 81, 92, 97, 98, 100, 103, 109, 112, 118, 122, 123, 124, 132, 133, 136, 137, 139, 142
SIG 4, 15, 16, 18, 19, 22, 28, 142
Solos.....4, 8, 10, 14, 15, 19, 22, 25, 27, 29, 34, 35, 41, 42, 44, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 59, 61, 67, 69, 70, 72, 76, 78, 84, 85, 87, 88, 89, 95, 97, 98, 99, 101, 102, 104, 107, 109, 110, 111, 117, 118, 119, 122, 126, 127, 128, 129, 132, 134, 142

T

Terras Férteis..... 53, 59, 101, 125, 142
Terrígena 34, 82, 88, 127, 129, 142
Tufas Calcárias.....9, 25, 29, 35, 66, 84, 85, 86, 88, 97, 100, 103, 109, 122, 126, 127, 133, 135, 142
Turbidez.....64, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 98, 115, 117, 124, 127, 134, 142
Turbilhonamento..... 75, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 142
Turismo.....6, 9, 10, 58, 65, 67, 70, 92, 112, 119, 122, 125, 126, 132, 136, 138, 139, 141, 142
Turvamento 9, 78, 79, 81, 92, 118, 120, 124, 125, 126, 127, 142

U

Unidades de Conservação 11, 66, 91, 122, 142
Uso e Cobertura das Terras.....4, 9, 10, 14, 15, 19, 22, 25, 26, 28, 31, 55, 58, 61, 63, 67, 72, 84, 85, 89, 95, 102, 107, 108, 119, 135, 136, 137, 141, 142

Z

Zoneamento Ambiental.....4, 5, 8, 11, 14, 15, 22, 26, 28, 29, 47, 55, 64, 66, 70, 72, 107, 110, 113, 119, 120, 123, 125, 126, 132, 134, 135, 142

AGRADECIMENTOS

Começamos os agradecimentos não seguindo uma hierarquia de importância, pois todos, indivíduos envolvidos, instituições e órgãos de fomento, em sua devida ocasião, foram importantes para a realização dessa obra. Portanto, queremos iniciar pelo professor Eduardo Salinas Chávez, muitas das discussões, ideias e cartografias aqui apresentadas, tiveram como embasamento sua rica produção científica e que, de imediato e gentilmente, aceitou nossa solicitação para redigir o prefácio desse Atlas. Não podemos deixar de agradecer ao professor André Geraldo Berezuk, pois se o Atlas tomou essa forma, foi por ele acreditar no potencial de um projeto iniciado em 2016 e que se materializa parcialmente aqui.

Agradecemos aos professores Marcos Norberto Boin e André Luiz Pinto, que possuem uma parcela no desenvolvimento dessa pesquisa, saídas de campo, análises e discussões sobre as temáticas trabalhadas passaram por suas contribuições. Tenham certeza de que foi um prazer ter vocês como parceiros nesse Atlas.

Nosso agradecimento também se estende às instituições envolvidas, nesse caso à Faculdade de Ciências Humanas e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados; bem como à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; ambas parceiras e que disponibilizaram laboratórios e veículos para realização das saídas de campo. Inclusive também agradecemos a todos os envolvidos na análise das águas, no papel dos atrativos turísticos da Estância Mimosa, Fazenda São Geraldo/Nascente do rio Sucuri, Barra do Sucuri, Balneário Municipal, Balneário do Sol; e demais proprietários das fazendas que autorizaram a nossa entrada para realização das análises.

Sempre uma pesquisa científica necessita de recursos e investimentos, aqui deixamos claro que esta obra foi realizada em um período (2016 – 2020) de contínuos cortes, ataques e depreciações à ciência e, de forma muito clara e objetiva, temos a certeza de que sem o fomento dos órgãos federal e estadual, essa pesquisa não se desenvolveria dessa forma e com tais resultados. Para tanto, agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT pelo apoio financeiro e institucional.

Por fim, aos pesquisadores(as) do Laboratório de Geografia Física e ao Núcleo de Estudos Estratégicos de Fronteira (LGF-NEEF), espaço de convivência e trabalho, nele sempre há algo de bom para se pensar e fazer - até mesmo um bom café.

10 de agosto de 2023

OS AUTORES

Rafael Brugnolli Medeiros

Geógrafo. Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados (2020). Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, câmpus de Três Lagoas (2016). Realizou pós-doutoramento em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço pela Universidade Estadual do Maranhão - São Luís (2021 e 2022). Foi docente do curso de Geografia da UFMS/CPTL e do curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Maranhão. Atualmente é Professor Visitante do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados. Desenvolve pesquisas na área da Geografia Física, com ênfase em Geoprocessamento, Planejamento e Gestão Ambiental, Bacias Hidrográficas, Recursos Hídricos, Paisagem e Dinâmicas Territoriais.

http://lattes.cnpq.br/4983120676722029

https://orcid.org/0000-0003-0419-655X

rafael_bmedeiros@hotmail.com

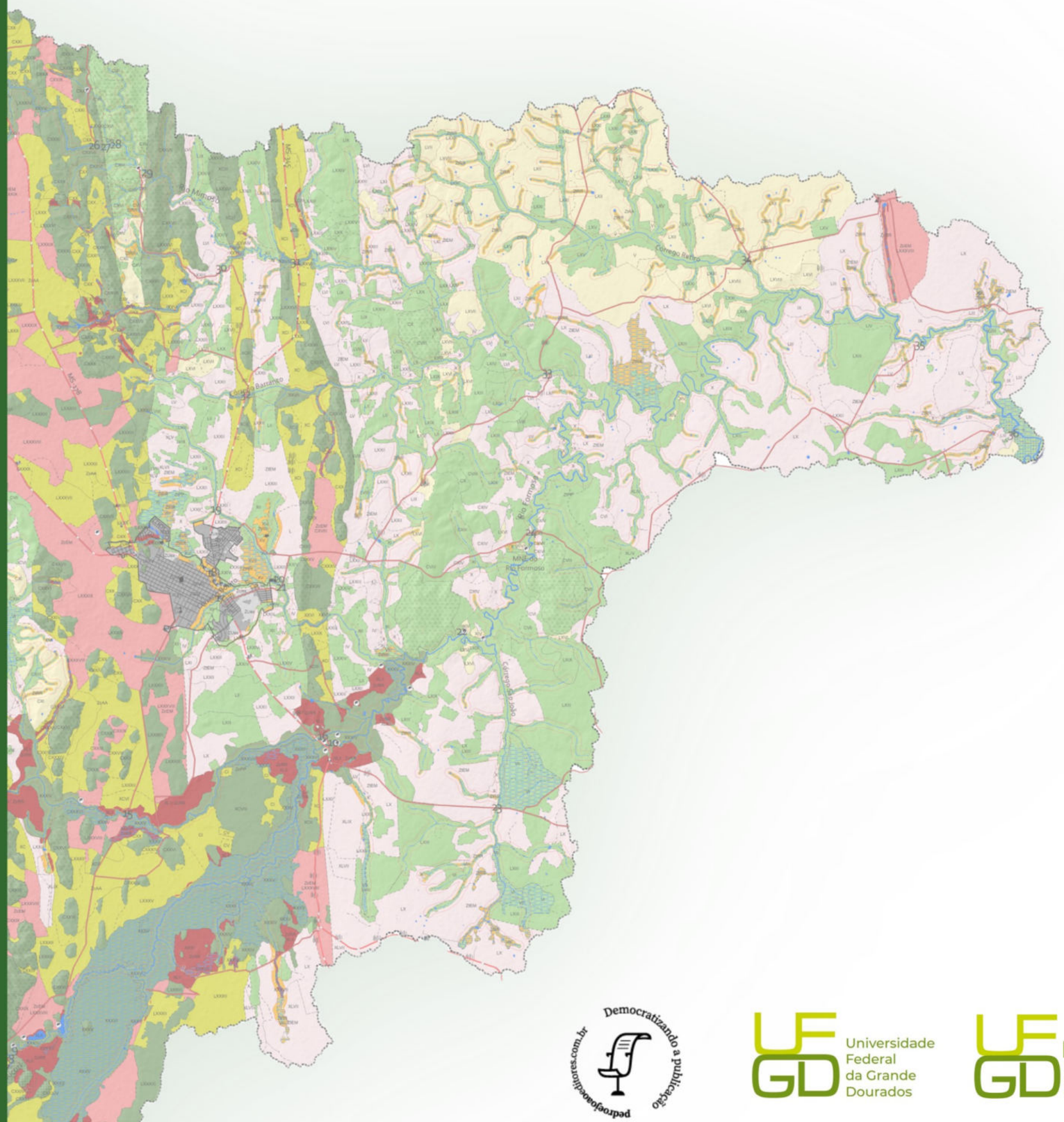
Charlei Aparecido da Silva

Geógrafo. Doutor em Geografia pela Unicamp (2006). Mestre em Geociências pela Unesp de Rio Claro (2001). Realizou pós-doutoramento na Unesp de Presidente Prudente, no curso de Geografia, no ano de 2014. Docente e pesquisador do curso de Geografia e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados. Coordenador do Laboratório de Geografia Física (LGF-NEEF). Editor científico da Revista Brasileira de Climatologia. Consultor ad hoc de agências de fomento. Parecerista de periódicos científicos nacionais e internacionais. Possui experiência nas áreas de Climatologia Geográfica, Dinâmicas territoriais, Paisagem e Turismo de Natureza. Bolsista produtividade do CNPq desde 2023.

http://lattes.cnpq.br/1949183981749520

https://orcid.org/0000-0002-5598-7848

charleisilva@ufgd.edu.br



Essa é uma obra vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências Humanas da Universidade Federal da Grande Dourados, sob a elaboração do Laboratório de Geografia Física. Um Atlas Geoambiental de uma das principais bacias hidrográficas do Mato Grosso do Sul e um importante sistema cárstico do Estado. O município de Bonito, através das belezas cênicas de seus recursos hídricos, traz consigo uma ideia de natureza preservada e alheia às atividades antrópicas atuais. Não que tal afirmação esteja incorreta, entretanto, esse Atlas surge a partir de duas carências latentes: a primeira pela falta de um Atlas Geoambiental no Estado com o nível de detalhe a que alcançou essa pesquisa; a segunda, diante da busca por desvendar as inquietações que circundam a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso – BHRF frente ao avanço da agricultura sobre um sistema frágil como o cárstico e a importância que os recursos hídricos exercem para esse município. Nesse Atlas, o carste e as águas superficiais ganham destaque no sistema cárstico, e a elaboração de um zonamento ambiental buscou se vincular a tentativa de preservar os remanescentes nativos e trazer, para a bacia hidrográfica, um uso mais ordenado. O Atlas, portanto, visa se tornar um instrumento de ordenamento físico-territorial, paralelamente, se tornar um documento que possa ser reproduzido e utilizado na comunidade local.

ISBN 978-65-265-0553-3

Democratizando a publicação
pedroejoaoeditores.com.br

Universidade Federal da Grande Dourados

PPGG Programa de Pós-Graduação em Geografia

COLEÇÃO EBOOK 2023 PPGG - UFGD

CAPES

Fundect
Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul