



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
REGIONAL CATALÃO  
UAE - INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



**RUBIA CRISTINA DA SILVA**

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A DETECÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIOS  
VEGETACIONAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURADOS (MG)**

CATALÃO (GO)

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE GEOGRAFIA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação       Tese

#### 2. Nome completo do autor

RUBIA CRISTINA DA SILVA

#### 3. Título do trabalho

GEOPROCESSAMENTO APLICADO A DETECÇÃO DE RISCOS DE INCÊNDIOS  
VEGETACIONAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURADOS (MG)

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **João Donzete Lima, Professora do Magistério Superior**, em 14/07/2020, às 15:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **RUBIA CRISTINA DA SILVA, Discente**, em 14/07/2020, às 15:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1438439** e o código CRC **E06832F9**.

---

**RUBIA CRISTINA DA SILVA**

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A DETECÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIOS  
VEGETACIONAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURADOS (MG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, Instituto de Geografia-Regional Catalão, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: **Geografia e Ordenamento do Território**

Linha de Pesquisa: **Estudos Ambientais**

Orientador: **Prof. Dr. João Donizete Lima**

CATALÃO (GO)

2020



Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Cristina da Silva, Rubia  
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A DETECÇÃO DE RISCO DE  
INCÊNDIOS VEGETACIONAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
DOURADOS (MG) [manuscrito] / Rubia Cristina da Silva. - 2020.  
108 f.

Orientador: Prof. João Donizete Lima.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade  
Acadêmica Especial de Geografia, Catalão, Programa de Pós  
Graduação em Geografia, Catalão, 2020.

Bibliografia.

Inclui mapas, fotografias, gráfico.

1. Incêndio Vegetacional. 2. Riscos. 3. Bacia Hidrográfica do Rio  
Dourados. 4. Impactos Ambientais. I. Lima, João Donizete, orient. II.  
Título.

CDU 911



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE GEOGRAFIA

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata nº **183** da sessão de Defesa de Dissertação de **RUBIA CRISTINA DA SILVA**, que confere o título de Mestre em **Geografia**, na área de concentração em **Geografia e Ordenamento do Território**.

*Observações:* Banca Examinadora de Defesa Pública de Dissertação realizada em conformidade com a Portaria da CAPES n. 36, de 19 de março de 2020, de acordo com seu Artigo 2º.

Art. 2º - A suspensão de que trata esta Portaria não afasta a possibilidade de defesas de tese utilizando tecnologias de comunicação à distância, quando admissíveis pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, nos termos da regulamentação do Ministério da Educação.

Aos **vinte e oito dias do mês de maio de dois mil e vinte**, a partir das **14h**, à distância, por videoconferência pelo aplicativo Google Meet, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“GEOPROCESSAMENTO APLICADO A DETECÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS E OS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURADOS (MG)”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **João Donizete Lima** (IGEO/UFCAT-UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Mirna Karla Amorim da Silva** (Geografia/UFU-Monte Carmelo), membro titular externo; Professor Doutor **Idelvone Mendes Ferreira** (IGEO/UFCAT-UFG), membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **APROVADA** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor João Donizete Lima, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e oito dias do mês de maio de dois mil e vinte às 16h40min.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

**“GEOPROCESSAMENTO APLICADO A DETECÇÃO DE RISCOS DE INCÊNDIOS VEGETACIONAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURADOS (MG)”**



Documento assinado eletronicamente por **João Donizete Lima, Professor do Magistério Superior**, em 28/05/2020, às 16:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Idelvone Mendes Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 28/05/2020, às 16:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Mirna Karla Amorim da Silva, Usuário Externo**, em 01/06/2020, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1353831** e o código CRC **53CEB9A3**.

Referência: Processo nº 23070.008464/2020-98

SEI nº 1353831

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me concedido esta oportunidade de concluir mais uma etapa de minha vida profissional.

À UFG (Universidade Federal de Goiás), por possibilitar a execução de um curso de Pós-graduação em uma Instituição Pública e de Qualidade.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela bolsa de estudos, pois sem ela não seria possível realizar esta etapa da minha vida.

Agradeço aos meus pais, José Ângelo da Silva e Maria Alves da Silva, às minhas irmãs Mara Rubia e Sara Cristina, pelo total apoio nesta longa caminhada.

Agradeço a todos os professores do PPGGC/RC/UFG, atual PPGGC/IGEO/UFCAT, pelo aprendizado, pois sem eles não seria possível realizar esse sonho.

Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. João Donizete Lima, pelo apoio e todo conhecimento para a realização desse trabalho.

Aos professores Idelvone Mendes Ferreira e Odelfa Rosa, pelas sugestões e orientações em uma das etapas do Mestrado. Aos professores Rafael de Ávila Rodrigues e Idelvone Mendes Ferreira, pelos conhecimentos e sugestões na banca de Qualificação. Agradeço também à professora Mirna Karla, pelas contribuições na banca de defesa final.

A todos os colegas do PPGGC/RC/UFG, turma 2018, que foram maravilhosos durante os dois anos de Mestrado e me ensinaram muitas coisas.

Enfim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse grande sonho.

## RESUMO

A existência de incêndios vegetacionais é considerada uma ameaça à conservação da biodiversidade. Existe uma aglomeração de razões para a ocorrência de tal fato, tais como: raios, incêndios causados pela ação antrópica, queimadas para limpezas, entre outros. As queimadas preocupam tanto os cientistas quanto os ambientalistas, além de toda a sociedade humana, por provocar uma série de consequências, os chamados impactos ambientais, que acontecem devido a recorrente incidência de incêndios vegetacionais de uma determinada região. Após os incêndios, um dos grandes prejuízos que ocorre é a perda da vegetação e, de forma sequencial, após a perda das folhas há a exposição do solo, acarretando em subsequentes erosões. Com as erosões, há um carregamento de sedimentos pelas águas na época das chuvas, podendo acarretar o assoreamento dos rios. Esses impactos acontecem de forma sequencial, prejudicando toda a área. A grande ocorrência de incêndios vegetacionais na área da BHRD (Bacia Hidrográfica do Rio Dourados - MG) vem preocupando muito os moradores da região, principalmente porque a bacia tem sua economia pautada na atividade da agricultura e pecuária, onde os incêndios vegetacionais provocam uma série de prejuízos para as populações locais. Deste modo, surge a necessidade do mapeamento das áreas com maior risco de ocorrência de incêndios vegetacionais e dos impactos que o fogo ocasiona. Para chegar a este mapeamento de riscos, é feita uma modelagem de variáveis climáticas e topográficas, que são de origem natural e variáveis e que tem como origem a ação antrópica. Por meio desse mapeamento, é possível ver se na área da bacia há o risco de ocorrer incêndios vegetacionais. Para isso, foram utilizadas as geotecnologias, entre elas o Geoprocessamento e o SIG, e a identificação destes impactos se deu a partir do trabalho de campo. Dentre os resultados encontrados estão o mapeamento de risco para cada uma das variáveis utilizadas e o risco final obtido pelo cruzamento dessas variáveis, nas quais a BHRD possui como classe predominante a de Risco Médio, com 94,45% de toda área. As demais áreas são: 2,69% com Risco Elevado e 2,86% com Risco Baixo de Incêndios Vegetacionais. Em relação aos impactos ambientais, identificou-se a perda de vegetação, impactos nas propriedades rurais e na fauna por meio do trabalho de campo. Nos demais, como a erosão do solo e o assoreamento do rio Dourados, constatou-se que esse tipo de impacto acontece não só pelos incêndios, mas por outras causas atuando juntas. Mesmo a BHRD possuindo como classe predominante a de Risco Médio, a bacia sofre com constantes Incêndios Vegetacionais, sendo esses incêndios de grandes proporções. Em sua maioria, são intencionais, ou seja, são provocados pelo ser humano. Assim sendo, uma das formas de prevenção seria a conscientização de toda a população, ao passo que a melhor maneira é prevenir a inicialização do incêndio ao invés de controlá-lo, já que a bacia possui grande capacidade de propagação do fogo.

**Palavras-chave:** Incêndio Vegetacional; Riscos; Bacia Hidrográfica do Rio Dourados; Impactos Ambientais.

## ABSTRACT

The existence of vegetation fires is considered a threat to biodiversity conservation. There are an agglomeration of reasons for the occurrence of such a fact, such as: lightning, fires caused by anthropic action, burning for cleaning, among others. The fires concern both scientists and environmentalists and also the whole human society, as it causes a series of consequences, the so-called environmental impacts, where these impacts happen due to the recurrent incidence of vegetation fires in a given region. After the fires, one of the great damages that occur is the loss of vegetation and, in a sequential way, after the loss of the leaves, the soil is exposed and subsequently can result in soil erosion. With erosion there is a load of sediment in the waters during the rainy season, which can lead to the silting up of rivers. These impacts occur in a sequential manner, harming the entire area. The great occurrence of vegetation fires in the BHRD (Rio Dourados Hydrographic Basin - MG) area, has been of great concern to the region's residents, mainly because the basin's economy is based on the activity of agriculture and livestock where vegetation fires cause a series of damage to local populations. Thus, there is a need to map the areas with the highest risk of vegetation fires and the environmental impacts caused by fire. In order to arrive at this risk mapping, a modeling of climatic and topographic variables that are of natural origin and variables, which originate from anthropic action, is made. Through this mapping it is possible to see if in the basin area there is a risk of vegetation fires. For this, geotechnologies were used, including Geoprocessing and GIS, and for the identification of environmental impacts, fieldwork was used. The results found were the risk mapping for each of the variables used, the final risk that was obtained by crossing these variables, with BHRD having as a predominant class the Medium Risk with 94.45% of the entire area. The other areas are: 2.69% with high risk and 2.86% with low risk of vegetation fires. In relation to environmental impacts, loss of vegetation, impacts on rural properties and fauna were identified through fieldwork. The others, such as soil erosion and silting up the Dourados River, found that this type of impact happens not only due to fires, but also due to other causes acting together. Even though BHRD has the Medium Risk class as its predominant class, the basin suffers from constant Vegetal Fires, these fires being of great proportions. Most of these fires are intentional, that is, they are caused by the human being. So a way to prevent it would be to raise the awareness of the entire population, as the best way is to prevent the fire from starting than to control it, because the basin has great fire propagation capacity.

**Keywords:** Vegetational fire; Scratches; River Dourados Hydrographic Basin; Environmental impacts.

## Sumário

FICHA CATALOGRÁFICA.....	
TERMO DE APROVAÇÃO .....	
AGRADECIMENTOS .....	
RESUMO.....	
ABSTRACT .....	
1 INTRODUÇÃO .....	6
2 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURADOS (MG).....	9
2.1 – Aspectos da Vegetação na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG) .....	12
2.2 Aspectos da Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG).....	18
2.3 Aspectos dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG).....	23
2.4 Aspectos do Clima da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG) .....	25
2.5 A categoria Paisagem na análise geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG) .....	27
2.5.1 Paisagem Natural .....	31
2.5.2 Paisagem Antrópica .....	32
3 INCÊNDIOS EM VEGETAÇÕES E OS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	33
3.1 Geotecnologias utilizadas no mapeamento de risco de incêndios vegetacionais e na identificação de impactos ambientais .....	40
4 METODOLOGIA DA PESQUISA .....	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	60
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	93
REFERÊNCIAS .....	97



## 1 INTRODUÇÃO

A existência de Incêndios Vegetacionais é considerada uma ameaça à conservação da biodiversidade. Existe uma aglomeração de razões para a ocorrência de tal fato, tais como: raios, incêndios causados pela ação antrópica, queimadas para limpezas, entre outros.

As condições mais propícias para a ocorrência de queimadas no Bioma Cerrado apresentam-se durante o período de seca. Nesta época, as gramíneas, que são o principal composto formador das fitofisionomias, sofrem um déficit hídrico, ficando secas e tornando-se alvo de queimadas.

Essas queimadas são consideradas, de forma geral, como técnicas agropastoris ou vegetacionais, onde o fogo é empregado de forma controlada. No cenário nacional, a utilização das queimadas em pastagens auxilia em uma renovação dessas áreas, sendo uma solução a curto prazo, visto que as pastagens rebrotam com mais força.

Contudo, as queimadas preocupam tanto os cientistas quanto os ambientalistas, além de toda a sociedade humana, por provocar uma série de consequências, os chamados impactos ambientais, que acontecem devido a recorrente incidência de incêndios vegetacionais de uma determinada região.

Após os incêndios, um dos grandes prejuízos que ocorre é a perda da vegetação e, de forma sequencial, após a perda das folhas há a exposição do solo, acarreta em subsequentes erosões dos solos. Com as erosões, há um carregamento de sedimentos pelas águas na época das chuvas, podendo acarretar o assoreamento dos rios. Esses impactos acontecem de forma sequencial, prejudicando toda a área.

Daí a necessidade de se mapear o risco de incêndio vegetal e os impactos ambientais, pois com a devida distinção de cada um e de suas causas, pode-se amenizar ou até mesmo prevenir suas consequências, que afetam tanto a população humana quanto a fauna e flora presentes na região.

A grande ocorrência de incêndios vegetacionais na área da BHRD (Bacia Hidrográfica do Rio Dourados - MG) vem preocupando muito os moradores da região, principalmente porque a bacia tem sua economia pautada na atividade da agricultura e pecuária, onde os incêndios vegetacionais provocam uma série de prejuízos para as populações locais.

Além disso, traz prejuízo também para populações que dependem indiretamente da bacia, à medida que o Rio Dourados deságua no Rio Paranaíba, sendo a bacia do Paranaíba muito importante para os Estados de Minas Gerais e Goiás e, conseqüentemente, para todo o

Brasil. Os incêndios vegetacionais causam prejuízos também às pequenas, médias e grandes propriedades, que dependem da vegetação para a criação de bovinos.

Deste modo, surge a necessidade do mapeamento das áreas com maior risco de ocorrência de incêndios vegetacionais e dos impactos ambientais que o fogo ocasiona. Quando há um conhecimento prévio do que acontece na área da bacia, se torna mais fácil fazer um planejamento, para que esses impactos não tomem maiores proporções e, até mesmo, eliminá-los.

Identificar as áreas mais propensas ao incêndio e, em decorrência desta, identificar os impactos ambientais que o fogo provoca numa área de bacia é de suma importância para todos que dependem direta ou indiretamente dela. Somente assim os Governantes locais poderão tentar amenizar esses impactos com medidas mitigadoras de prevenção e controle da causa principal, que são os incêndios vegetacionais.

Para chegar a esse mapeamento de riscos, é feita uma modelagem de variáveis climáticas e topográficas de origem natural, como a temperatura, precipitação, declividade do terreno, entre outras, e variáveis que têm como origem a ação antrópica, como o uso e cobertura da terra, e a influência das rodovias no processo de inicialização e propagação do fogo.

Por meio desse mapeamento é possível observar se a área da BHRD possui o risco de ocorrer incêndios vegetacionais. E como incêndios vegetacionais estão ocorrendo com grande frequência, causam vários impactos ambientais na bacia. Logo, essa pesquisa teve como finalidade mapear o risco de incêndios vegetacionais na BHRD.

Este trabalho buscou demonstrar, através de mapeamentos diversos, as áreas mais propensas a incêndios, ou as que possuem elevada incidência de ocorrências. Também se identificou os impactos ambientais, pautados nas seguintes questões: Quais variáveis contribuem para a inicialização e propagação do fogo, e em que proporção esses riscos ocorrem?

A partir dessas duas questões, quais impactos ocorrem na BHRD, sendo que esses podem trazer prejuízos para as pequenas, médias e grandes propriedades rurais. Podem trazer prejuízos também para a fauna e flora presente na bacia? Há uma redução do volume de água do Rio Dourados? Os solos também são afetados? Esses questionamentos nortearam o desenvolvimento desta pesquisa.

Através da análise do mapeamento de risco de incêndios vegetacionais e dos impactos ambientais que acontecem na área da bacia, tornou-se possível aos gestores públicos a implementação de medidas mitigadoras a fim de prevenção e controle, para que estes incêndios vegetacionais não ocorram com frequência, como vem acontecendo nos últimos anos na BHRD.

Assim sendo, essa pesquisa teve como objetivo geral o mapeamento de risco de incêndio vegetal na BHRD e a análise dos impactos ambientais provocados em decorrência dos incêndios vegetacionais, por meio de ferramentas de *softwares* de Geoprocessamento.

Esta dissertação está dividida em 6 capítulos, no qual o primeiro trouxe uma parte introdutória sobre o tema, os objetivos e a área de estudo. O segundo capítulo descreve a caracterização e localização da BHRD, mesclando também à categoria de análise geográfica utilizada: a Paisagem, enquanto o terceiro capítulo traz a questão dos incêndios vegetacionais, as causas, impactos que o fogo provoca e as geotecnologias utilizadas para o mapeamento. O quarto capítulo descreve a metodologia utilizada.

Já o quinto capítulo, mostra os resultados obtidos, tanto para o mapeamento de risco quanto para os impactos ambientais identificados na bacia. O sexto capítulo traz as considerações finais, expondo um apanhado de todos os resultados alcançados e, por fim, apresenta-se as referências base para o desenvolvimento dessa pesquisa.

## 2 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURADOS (MG)

Nos estudos direcionados para a Ciência Geográfica, o estabelecimento de uma proposta sistêmica e a adoção de uma unidade básica para o estudo vem se tornando cada vez mais usual. Nesse sentido, a utilização de uma bacia hidrográfica como unidade de estudo é ideal para análises ambientais, facilitando a análise da integração das ações naturais e antrópicas (LEITE *et al.*, 2014).

Mas para que esse tipo de estudo aconteça, o pesquisador precisa entender o que é uma bacia hidrográfica, à medida que esse termo não designa uma área qualquer. Uma bacia hidrográfica é um sistema considerado aberto, pois cada elemento exerce interação com todo o sistema. Se há uma modificação em algum elemento que compõe a bacia, todo sistema sofrerá uma alteração, mas manterá o equilíbrio dinâmico, como pode-se observar no texto de Carvalho (2018):

[...] as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio e evapotranspiração. Desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Desta maneira, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e promover o estado de equilíbrio dinâmico (CARVALHO, 2018, p. 39).

O termo “bacia hidrográfica” pode ser descrito como uma região que possui diversos cursos d’água. Quando a chuva cai no interior da bacia, grande parte escoar pela superfície e uma parte infiltra no solo. A parte superficial escoar até um curso de água principal, o rio, e são descarregadas por um único exutório na parte mais baixa da bacia (ANA, 2011).

Já para Garlet *et al.* (2013) uma bacia hidrográfica significa:

[...] áreas drenadas por um determinado rio ou por um sistema fluvial até seu exutório, funcionando como um sistema aberto, no qual a quantidade de água que chega até o sistema fluvial depende da área da bacia, da precipitação total e das perdas devido à evapotranspiração e à infiltração, em que cada um dos elementos possui uma função própria, se estruturando e se inter-relacionando (GARLET *et al.*, 2013, p. 236).

Para se ter uma bacia hidrográfica, é necessário ter uma delimitação topográfica. Essa delimitação e os elementos que formam uma bacia podem ser vistos na **Figura 1**, na qual é possível ver a nascente, os afluentes do curso principal e os divisores de água – regiões geralmente com relevo bem acentuado que, como o próprio nome diz, irá dividir a região, ou seja, para que direção as águas escoam.

**Figura 1** – Esquema de uma bacia hidrográfica



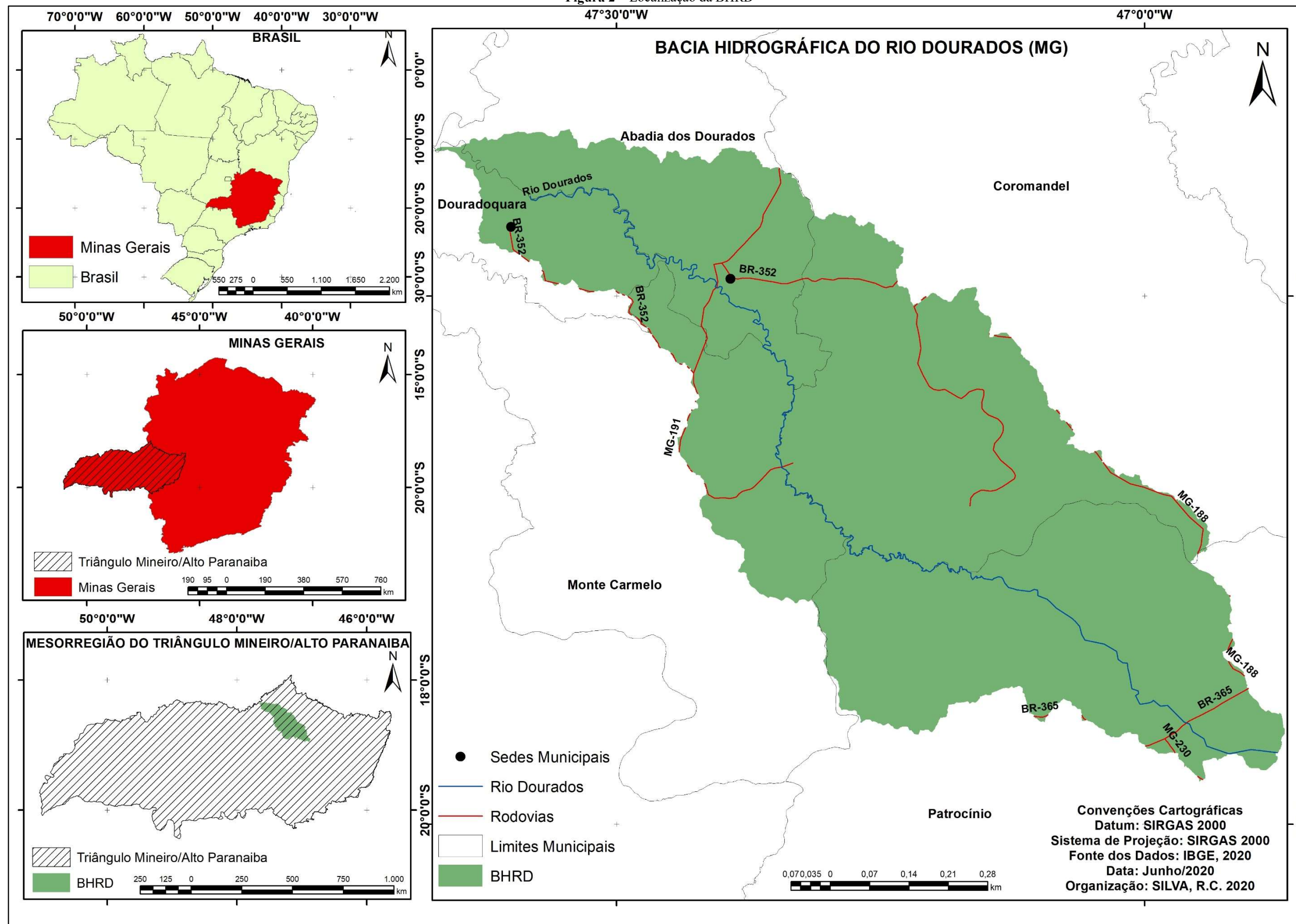
Fonte: Notícias Botucatu (2018)

A partir do conceito de bacia hidrográfica, a área de estudo é a BHRD, localizada na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (TM/AP), no Estado de Minas Gerais. A bacia compreende parte da área de cinco municípios: Abadia dos Dourados, Coromandel, Douradoquara, Monte Carmelo e Patrocínio. A localização da BHRD pode ser vista na **Figura 2**.

A BHRD possui uma área de 2.408,33 km<sup>2</sup> e está inserida no Bioma Cerrado. Possui altitude variando de 621,7 m a 1278,4 m, sendo os menores valores localizados na jusante do rio e os maiores valores na nascente, temperatura média anual de 22°C e precipitação média anual de 1400 mm. Em relação à economia, esta é pautada na agricultura, pecuária leiteira e também bovinos de corte. Possui alguns grandes produtores de grãos localizados na região da nascente do Rio Dourados no município de Patrocínio (MG), produtores de soja e milho com foco na exportação dessas commodities.

O Rio Dourados, o principal da bacia, possui 120 km de extensão e sua nascente se encontra na região do Domo de Serra Negra, no município de Patrocínio. Sua foz se dá no Rio Paranaíba, na divisa dos municípios de Abadia dos Dourados e Douradoquara (CPRM, 2017).

Figura 2 – Localização da BHRD



Organização: SILVA, R.C. (2020)



Essa região dômica de Serra Negra é descrita por Novais (2011) como sendo:

[...] uma estrutura circular resultante de atividade intrusiva (plutonismo ou fenômenos magmáticos) que provocou arqueamento da paleomorfologia, com consequente elaboração de abóbada topográfica. Os melhores exemplos são observados em sequências litoestratigráficas em conformação com a disposição do corpo intrusivo. A elevada temperatura do material intrusivo gera metamorfismo de contato, alterando o comportamento físico ou as propriedades geomorfológicas das rochas (NOVAIS, 2011, p. 29-30).

Seu afluente, o Rio Douradinho, de acordo com dados do CPRM (2017) também possuía alto potencial para extração de diamantes. Atualmente, todos os garimpos estão paralisados devido a questões legais.

Após a descrição de sua localização e de suas atividades econômicas principais, é feito um apanhado de todas as características físicas da bacia, dentre elas, o tipo de vegetação (item 2.1), a Geologia (item 2.2), os Solos (item 2.3) e o Clima (item 2.4), que por sinal estão todas interligadas, formando assim as Paisagens Naturais e Antrópicas que são descritos no item 2.5, utilizados no mapeamento de risco de incêndio vegetal e na identificação dos impactos ambientais.

## **2.1 – Aspectos da Vegetação na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**

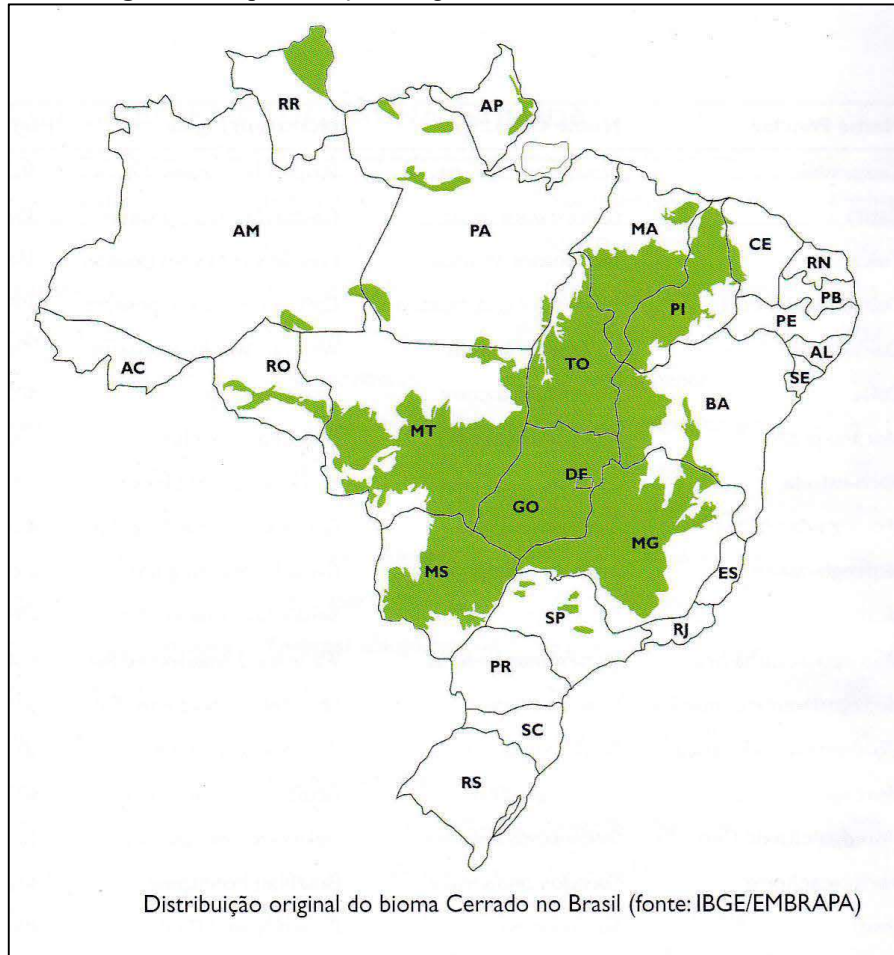
A BHRD possui vegetação típica do Bioma Cerrado, onde este Bioma ocupa cerca de 22% do território nacional, como é mostrado na **Figura 3**. Sua abrangência continua incide sobre os Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal. Nesse bioma, se encontra as quatro maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica, São Francisco, Prata e Araguaia-Tocantins), que resulta em um elevado potencial aquífero, favorecendo sua biodiversidade (MMA, 2018).

No Cerrado, há a presença de invernos secos e verões chuvosos, o clima é classificado como Tropical Chuvoso (classificação de Köppen) com precipitação média anual de 1500 mm. A estação chuvosa vai de outubro a março, com temperatura média no mês mais frio de 18°C. A altitude varia nas partes mais baixas, com valores inferiores a 300 m e nas chapadas varia entre 900 e 1600 m ocasionando uma diversidade térmica (MMA, 2018).

O termo Bioma sugere a ideia de homogeneidade, mas a configuração espacial apresenta uma diversidade de vegetação, sendo a configuração atual do Bioma Cerrado definida no texto de Santos (2010, p.4) como sendo “[...] fruto tanto do processo de ocupação de suas terras,

quanto da intensidade desta ocupação, que se configurou de diferentes maneiras ao longo dos anos. ”

**Figura 3** – Espacialização Geográfica do Bioma Cerrado no Brasil

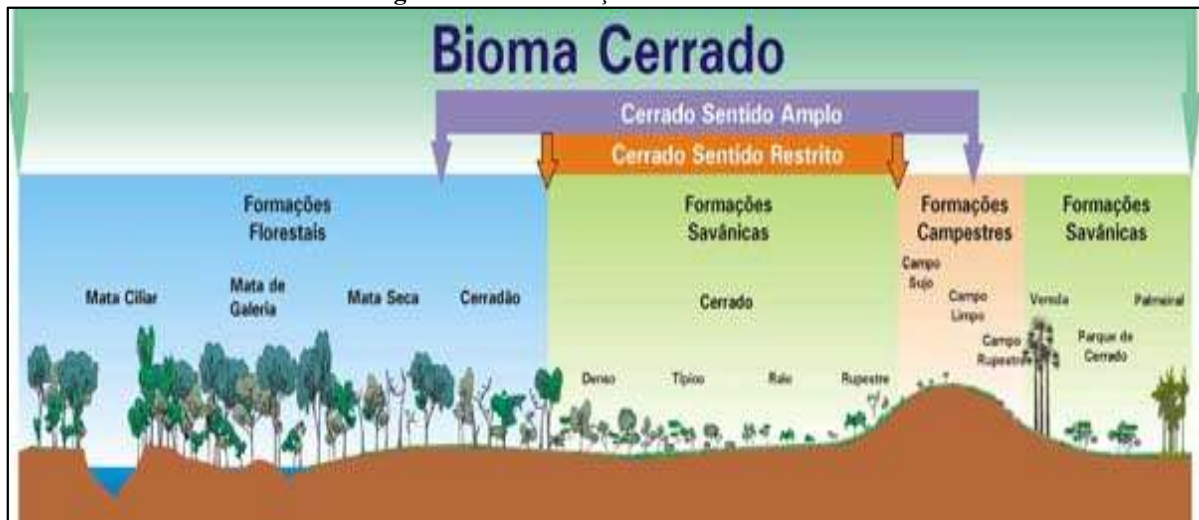


Fonte: KUHLMANN (2018)

Em relação às fitofisionomias, o Cerrado é dividido em três grandes formações: Formações Vegetacionais, Formações Savânicas e Formações Campestres, nas quais se subdividem, como é visto na **Figura 4**. Para Santos (2010), as diferenciações são baseadas nas fisionomias, ou seja, são diferenciadas pela estrutura, formas de crescimento, pelas mudanças das estações, pelos aspectos do ambiente e também pela composição florística.

As Formações Vegetacionais são tipos de vegetação com a presença de espécies arbóreas, com a formação de dossel. Esse tipo se subdivide em: Mata Ciliar e Mata de Galeria, que estão associadas aos cursos de água. Mata Seca e Cerradão geralmente acontecem em terrenos bem drenados, e cada um desses tipos se divide. A Mata de Galeria divide-se em não inundável e inundável. A Mata Seca divide-se em Sempre Verde, Semidecídua e Decídua. E o Cerradão é classificado em Mesotrófico e Distrófico (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Figura 4 – Classificação do Bioma Cerrado



Fonte: RIBEIRO; WALTER, (2008)

As Matas Ciliares são aquelas que acompanham os rios de médio e grande porte, onde a vegetação não forma galerias. As árvores presentes possuem altura que variam de 20 a 25 me. As espécies típicas são caducifólias, ou seja, é uma mata com aspecto semidecíduo. Algumas espécies encontradas nesse tipo de formação são: *Anadenanthera* spp. (angicos), *Apydosperma* spp. (perobas), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), entre outras (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Já as Matas de Galerias, de acordo com Ribeiro e Walter (2008), são aquelas que acompanham os pequenos rios e córregos, como o próprio nome diz, formando galerias sobre seu leito. Localizam-se em fundos de vales ou nascentes onde os cursos de água ainda não formaram os canais definitivos. Possui árvores com altura entre 20 e 30 m. Esse tipo de mata pode se dividir em outros dois subtipos que variam de acordo com a topografia e com a variação do lençol freático: a não inundável e a inundável.

A do tipo não inundável é aquela em que o lençol freático não está localizado próximo ou sobre a superfície do terreno, mesmo na estação chuvosa. Possui solos bem drenados e o leito do córrego bem definido. Algumas espécies de árvores encontradas são: *Baubinia rufa* (pata de vaca), *Cariniana rubra* (jequitibá), *Vocbysia tucanorum* (pau de tucano), *Xylopia sericea* (pindaíba vermelha), entre outras (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Já a do tipo inundável é aquela em que a vegetação que acompanha o curso de água está próxima ou sobre a superfície do lençol freático, na maior parte dos trechos mesmo na estação seca. Possui drenagem deficiente e o leito do córrego não é bem definido. Está presente nesse tipo de mata as espécies *Croton urucurana* (sangra d'água), *Dendropanax cuneatum* (maria mole), *Ocotea aciphylla* (canela amarela), entre outras (RIBEIRO; WALTER, 2008).

A Mata Seca, de acordo com Ribeiro e Walter (2008), é caracterizada pelos diversos níveis de caducifolia na estação seca. Esse tipo, não está associado aos cursos de água. Elas se dividem em três subtipos: Sempre Verde, Semidecídua e Decídua. Possui estrato arbóreo variando entre 15 e 25 m de altura. As espécies encontradas nesse tipo de mata são: *Amburana cearensis* (imburanas), *Anadenanthera colubrina* (angicos), *Cedrela fissilis* (cedro), *Dilodendron bippinatum* (maria pobre), *Myracrodruon urundeuoa* (aroeira), *Terminalia* spp (capitão) entre outras.

A última divisão das Formações Vegetacionais é o Cerradão. Este, caracteriza-se pela presença de espécies que ocorrem no Cerrado Sentido Restrito e por espécies de mata. Apresenta dossel contínuo com altura do estrato arbóreo variando de 8 a 15 m. O Cerradão se divide em dois tipos que varia devido a fertilidades dos solos: Cerradão Distrófico, característico de solos pobres, e em Cerradão Mesotrófico, que possui solos ricos. Algumas espécies frequentes são: *Caryocar brasiliense* (pequi), *Copaifera langsdorffii* (copaíba), *Hirtella glandulosa* (oiti), *Xylopia aromatica* (pindaíba), *Bowdichia virgilioides* (sucupira preta), *Dalbergia miscolobium* (jacarandá) entre outras (RIBEIRO; WALTER, 2008).

As Formações Savânicas são divididas em quatro tipos: Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, os Palmeirais e as Veredas. O tipo chamado de Cerrado Sentido Restrito, de acordo com Ribeiro e Walter (2008), é aquele que apresenta estrato arbóreo e arbustivo-herbáceo bem definidos. Já no Parque de Cerrado, existem árvores concentradas em locais específicos. Os Palmeirais podem ocorrer em áreas bem drenadas ou em áreas mal drenadas, com a presença obrigatória de alguma espécie de palmeira. A Vereda também possui uma espécie de palmeira, sendo essa palmeira *Mauritia vinifera*, o Buriti, e a Vereda circundada por uma vegetação arbustiva-herbácea característica.

O Cerrado Sentido Restrito pode dividir-se em quatro subtipos (denso, típico, ralo e rupestre) e o Palmeiral varia de acordo com as espécies encontradas. O Cerrado Sentido Restrito possui árvores baixas, inclinadas, tortuosas e geralmente existem evidências de queimadas. Os arbustos são espalhados, com alguns órgãos subterrâneos que permitem a rebrota após a queima. Os troncos possuem cortiça grossa, as folhas são rígidas, o que favorece a adaptação a seca (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Esse tipo de Cerrado, de acordo com Ribeiro e Walter (2008), possui solos das classes dos Latossolos Vermelho Escuro, Vermelho-Amarelo e Roxo. São solos fortes ou ácidos. Pode ocorrer também Cambissolos, Areias Quartzosas, em que, nesse último tipo, a área fica vulnerável a erosões. Algumas espécies vegetais encontradas são: sucupira preta, murici, lixeira, mangaba, jacarandá, ipê, carvoeiro.

O tipo Parque de Cerrado possui um agrupado de árvores com pequenas elevações do terreno, chamados de murundus. As árvores possuem altura de 3 m a 6 m, e os solos são hidromórficos. Os Palmeirais, quando se têm o domínio de determinada espécie, recebem denominação a que se refere. Por exemplo: se tem muita macaúba, é um Macaubal, e assim por diante. Já a Vereda, a formação que possui a palmeira *Mauritia vinífera*, e o Buriti, possui solos hidromórficos, saturados (RIBEIRO; WALTER, 2008).

As Formações Campestres são divididas em: Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre, em que cada uma dessas fisionomias se subdivide, possuindo particularidades. O Campo Sujo possui estrato herbáceo-arbustivo, com indivíduos menos desenvolvidos. Esse tipo de formação é encontrado em solos rasos, como os Cambissolos, ou em solos profundos, como os Latossolos e Areias Quartzosas (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O Campo Sujo pode, ainda, subdividir-se em: Campo Sujo Seco, onde o lençol freático é profundo, Campo Sujo Úmido, com o lençol freático alto, e Campo Sujo, com murundus. O Campo Rupestre possui estrato herbáceo-arbustivo, com algumas árvores pouco desenvolvidas (apenas dois metros de altura). Esse tipo de campo ocupa áreas com afloramentos rochosos e altitudes superiores a 900 metros (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O tipo Campo Limpo, de acordo com Ribeiro e Walter (2008), possui estrato herbáceo com alguns arbustos e nenhuma árvore. É encontrado em encostas e chapadas, possuindo solos do tipo Litossolos e Cambissolos. Há também uma subdivisão nesse tipo de campo, variando com o lençol freático. Se o lençol freático for profundo, tem-se o Campo Limpo Seco, se o lençol freático é alto, tem-se o Campo Limpo Úmido, e se tem murundus é o Campo Sujo com Murundus.

Após esta breve descrição de todas as fitofisionomias do Bioma Cerrado, pode-se inferir que a BHRD possui algumas dessas fisionomias, sendo elas o Cerrado Sentido Restrito, que é o tipo de vegetação predominante mostrado na **Foto 1**, as Matas de Galeria, os Campos Sujos (**Foto 2**), alguns pontos que possuem os Cerradões e alguns tipos de Palmeirais.



**Foto 1** – Amostra de Cerrado Sentido Restrito localizado próximo ao Rio Dourados no município de Abadia dos Dourados (MG)



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)

**Foto 2** – Amostra do tipo Campo Sujo encontrado na área da BHRD, no município de Abadia dos Dourados (MG)



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)



Como a vegetação está interligada às demais caracterizações físicas de uma bacia, no próximo item estão descritos os aspectos da geologia da área estudada, a BHRD, no qual foram descritas todas as formações geológicas presentes na área.

## 2.2 Aspectos da Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)

A BHRD possui diferentes Formações Geológicas, o que leva a uma grande diversidade de rochas na sua composição. O mapa contendo todas as Formações Geológicas presentes na área da bacia foi compilado do *site* Portal da Geologia, vinculado à CODEMIG (Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais), e é mostrado na **Figura 5**, onde também está descrito todo o contexto das Formações mostrando sua origem, período e composição.

A legenda da **Figura 5** é composta por 14 classes, descritas a seguir:

- CSI – Cobertura Superficial Indiferenciada;
- CAD (Ia) – Complexo Abadia dos Dourados, Litofácies Anfíbolito;
- CAD (If) – Complexo Abadia dos Dourados, Litofácies Filito;
- CAD (Ima) – Complexo Abadia dos Dourados, Litofácies Metavulcânica Ácida;
- GPTD – Granito de Posicionamento Tectônico Duvidoso;
- GA (Im) – Grupo Araxá, Litofácies Micaxisto;
- GB/FM – Grupo Bauru, Formação Marília;
- GC/FCP/MHB – Grupo Canastra, Formação Chapada dos Pilões, Membro Hidroelétrica da Batalha;
- GC/FP/MSA – Grupo Canastra, Formação Paracatu, Membro Serra da Anta;
- GI/FRV – Grupo Ibiá, Formação Rio Verde;
- GMC – Grupo Mata da Corda;
- SSF/GB/SP/FSS – Supergrupo São Francisco, Grupo Bambuí, Subgrupo Paraopeba, Formação Serra da Saudade;
- SAI/CASN – Suíte Intrusiva Alcalina, Complexo Alcalino Serra Negra;
- SMC – Suíte Monte Carmelo.

A BHRD está inserida na região denominada Cratón do São Francisco, que abrange os Estados de Bahia, Goiás e Minas Gerais. O Craton é uma província geotectônica composta por um embasamento de origem Arqueano ao Paleoproterozoico, cobertos por unidades clásticas de origem mesoproterozoicas, divididas em um Supergrupo - Espinhaço, dois Grupos - Paranoá

e Canastra, e em sequências carbonáticas-siliciclasticas de origem neoproterozoicas, sendo os Grupos Rio Pardo, Estância, Una e Bambuí (REIS, 2013).

Acima dessa Unidade maior - o Craton do São Francisco, estão as diferentes Formações Geológicas encontradas na área da BHRD. A primeira Formação encontrada é a Cobertura Superficial Indiferenciada e o Granito de Posicionamento Tectônico Duvidoso. Não foram encontrados dados na literatura referentes à essas duas Formações.

Existe, também, na área da bacia, o Complexo Abadia dos Dourados, que é dividido em três Unidades, sendo estas: Litofácies Anfibolito, Litofácies Filito e Litofácies Metavulcânica Ácida. A Unidade Anfibolito é composta por anfibolitos cinzas, esverdeados e amarelos, com granulação fina e laminados (CPRM, 2015).

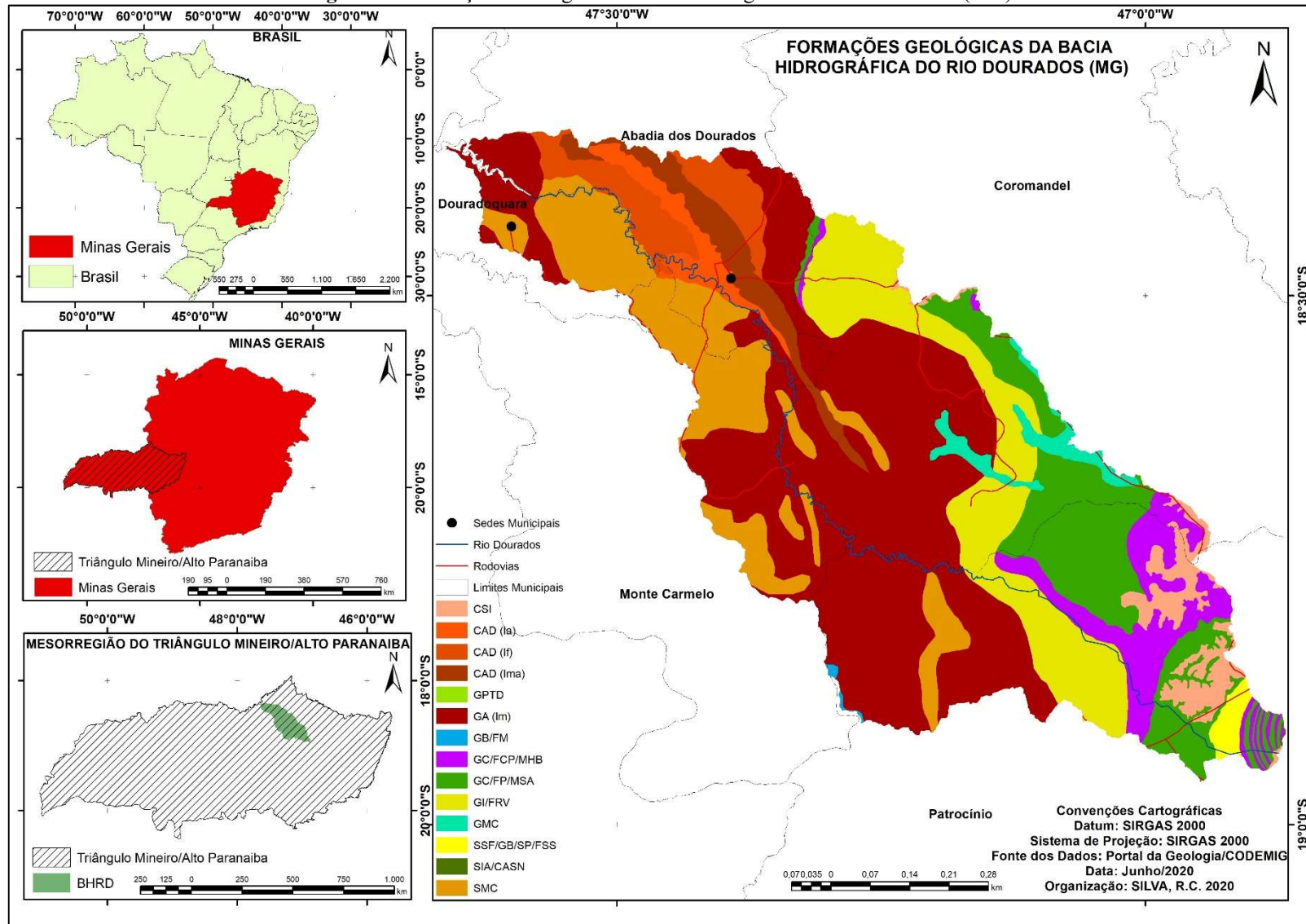
Já a Unidade Filito possui filitos sericíticos, que no geral são de cores cinza escuro a claro, prateados, róseos e avermelhados, com intercalações de filitos carbonosos e quartzitos. Já sobre a Unidade Metavulcânica Ácida, não foram encontradas descrições detalhadas na literatura (CPRM, 2015).

Seguindo as Formações Geológicas encontradas na área da bacia. tem-se o Grupo Araxá, que foi definido primeiramente por Barbosa, em 1995, na região de Araxá (Minas Gerais). Nesse Grupo, são encontrados metassedimentos denominados de eugeossinclinal, com predominância de biotita xistos, granatíferos, gnaisses, mármore calcíticos ou dolomíticos, anfibolitos e metabasitos (NAVARRO; ZANARDO; CONCEIÇÃO, 2014).

Sabaraense (2016) descreveu que o Grupo Araxá é composto por uma sequência de micaxistos e quartzitos intercalados com anfibolitos. É o que se vê na área da BHRD, já que foram encontradas rochas do tipo micaxistos na porção central, indo na direção oeste e sul, para o município de Monte Carmelo e também na foz do rio no município de Douradoquara.

Outro grande Grupo que aflora na área da bacia é o Bauru. Esse Grupo é uma entidade geotectônica com origem no Cretáceo Superior, sendo gerado por processos de abatimento com relação aos lineamentos do embasamento pré-cambriano. Sendo implantado sobre os arenitos do Grupo Caiuá, como também sobre os basaltos da Formação Serra Geral. Possui uma área de 330 mil quilômetros quadrados, abrangendo partes dos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e no Triângulo Mineiro em Minas Gerais (BATEZELLI *et al*, 2003).

**Figura 5 – Formações Geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

Este Grupo se divide em cinco formações, a saber: Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina, Uberaba e Marília. Na BHRD encontra-se a Formação Marília (BATEZELLI *et al.*, 2003; FERNANDES, 2014).

A Formação Marília teve sua primeira referência em 1981, quando Almeida e Barbosa a utilizaram para denominar a parte superior do Grupo Bauru. Após alguns trabalhos, a Formação Marília foi “definida, em superfície”, como é mostrado no trecho de Silva, Chang e Caetano-Chang (2003, p. 30): “[...] definida, em superfície, como uma unidade composta por arenitos grossos a conglomeráticos, com teor de matriz variável e raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários”.

De acordo com Fernandes (2014) a Formação Marília é dividida em três membros: Serra da Galga, Ponte Alta e Echaporã. Sua localização na área da BHRD se dá em uma pequena área, já no município de Monte Carmelo, no limite sudoeste da bacia.

Seguindo com as Formações Geológicas, tem-se o Grupo Canastra: sua seção-tipo é encontrada na estrada que corta o Chapadão dos Pilões, ficando próximo à cidade de Guarda-Mor, que atinge cerca de 2000 metros de espessura. Esse Grupo apresenta intercalações de filitos e quartzitos (PEREIRA *et al.*, 1994).

O Grupo Canastra se divide em três Formações: na base, ocorre a Formação Serra do Landim, em seguida a Formação Paracatu e no topo, a Formação Chapada dos Pilões. Na área da BHRD ocorrem as duas últimas Formações, na qual a Formação Paracatu se divide em dois membros: Morro do Ouro e Serra da Anta, aflorando as rochas do membro Serra da Anta, que são filitos intercalados com carbonatos e quartzitos. Ocorre também a Formação Chapada dos Pilões, que é subdividida em Serra de Urucânia e Membro Hidroelétrica Batalha, que se encontra na área da bacia, sendo composta essencialmente por quartzitos (SILVA *et al.*, 2012).

Tem-se o Grupo Ibiá, definido primeiramente por Barbosa *et al.* em 1970, sendo composto por calcixistos. Esse Grupo é dividido em duas Formações: a Cubatão, que se encontra na base do Grupo, e a Rio Verde, no topo - esta formação é composta por clorita muscovita xisto, calcixistos e calcifilitos, que possuem a coloração verde a acinzentada com finas camadas intercaladas de quartzitos (SABARAENSE, 2016; PEREIRA *et al.*, 1994).

Outro Grupo encontrado na BHRD é o Mata da Corda. Esse Grupo se divide em duas Formações: a Patos e a Formação Capacete. A Formação Patos possui rochas vulcânicas e subvulcânicas, constituindo a Unidade Basal. Já a Formação Capacete possui rochas vulcanoclásticas, conglomerados e arenitos epiclásticos (TRINDADE *et al.*, 2006).

A Formação Patos, que é a Unidade Basal do Grupo Mata da Corda, faz parte de um magmatismo alcalino constituindo a Província Alcalina de Minas Gerais e Goiás. Devido ao

vulcanismo Mata da Corda, surgiram os primeiros estudos sobre magmatismos, advindos da ocorrência de diamantes na região em que se encontra o Grupo (TRINDADE *et al.*, 2006). Na área da bacia não é diferente, já que a localização do Grupo Mata da Corda se dá numa região que foram encontrados vários diamantes, na proximidade do Rio Douradinho, que é um dos afluentes do Rio Dourados.

Na sequência, tem-se um supergrupo, o São Francisco, que recobre quase todo o Cratón do São Francisco. Esse supergrupo engloba duas unidades estratigráficas: o Grupo Macaúbas de origem glacio-continental e o Grupo Bambuí de origem marinha. Na BHRD se encontra o Grupo Bambuí (REIS, 2013).

De acordo com Fonseca e Viana (2012), as rochas do Grupo Bambuí são de origem de transgressões e regressões marinhas. Reis (2013) demonstra que a idade do Grupo Bambuí é neoproterozoica. Já Iglesias e Uhlein (2009) e Fonseca e Viana (2012) dizem que o Grupo possui um Subgrupo, o Paraopeba. Este, se subdivide ainda em 5 Formações: Conglomerado Basal, Formação Sete Lagoas, Formação Serra de Santa Helena, Formação Lagoa do Jacaré e Formação Serra da Saudade.

Na área da bacia encontra-se a Formação Serra da Saudade, que de acordo com Fonseca e Viana (2012, p. 21), é composta por: “Siltitos, folhelhos, ritmitos e ardósias de cor esverdeada cuja coloração se deve principalmente ao mineral glauconita. Localmente contém pequenas lentes de calcário cinza-claro e margas”. Sua localização na área da bacia é na região sudeste, próximo ao domo Serra Negra no município de Patrocínio.

Encontra-se na BHRD o Complexo Alcalino Serra Negra, que de acordo com o trecho de Borges (2018), apresenta:

[...] estrutura circular muito bem definida, sendo facilmente visível através de aerofotografias e imagens de satélite. Apresenta diâmetro aproximado de 11 a 14 km e é composto principalmente por dunitos, peridotitos, serpentinitos, piroxenitos, magnetita clino-piroxenitos glimeritos e carbonatitos, sendo raramente aflorantes devido ao espesso manto laterítico originado a partir de intenso intemperismo no período Terciário (BORGES, 2018. p.15).

A última Formação Geológica encontrada na BHRD é a Suíte Monte Carmelo, que possui rochas como os gnaisses granitoides milonitizados, de cores cinza esbranquiçados e amarelados, com granulação fina a média, com a presença de xenólitos de micaxisto, quartzito e anfibolito (CPRM, 2015).

Neste contexto, de todas as Formações Geológicas encontradas na área da BHRD, percebe-se que a composição de rochas é bem variada ocasionando uma diversidade de tipos de Solos, que é o próximo item descrito.

### 2.3 Aspectos dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)

Devido às diferentes formações geológicas encontradas na BHRD, existe também uma variedade de tipos de solos, que pode ser observada no mapa representado pela **Figura 6**, retirada de um compilado do banco de dados da EMBRAPA (2018).

Os solos são corpos naturais formados por partes sólidas, líquidas e gasosas, compostas por materiais de origem orgânica e mineral, ou seja, é a decomposição das rochas e outros itens como a vegetação que formam os variados solos que são encontrados na BHRD (EMBRAPA, 2018).

Observa-se que a bacia possui seis classes de solos diferentes, que são descritas a seguir, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018):

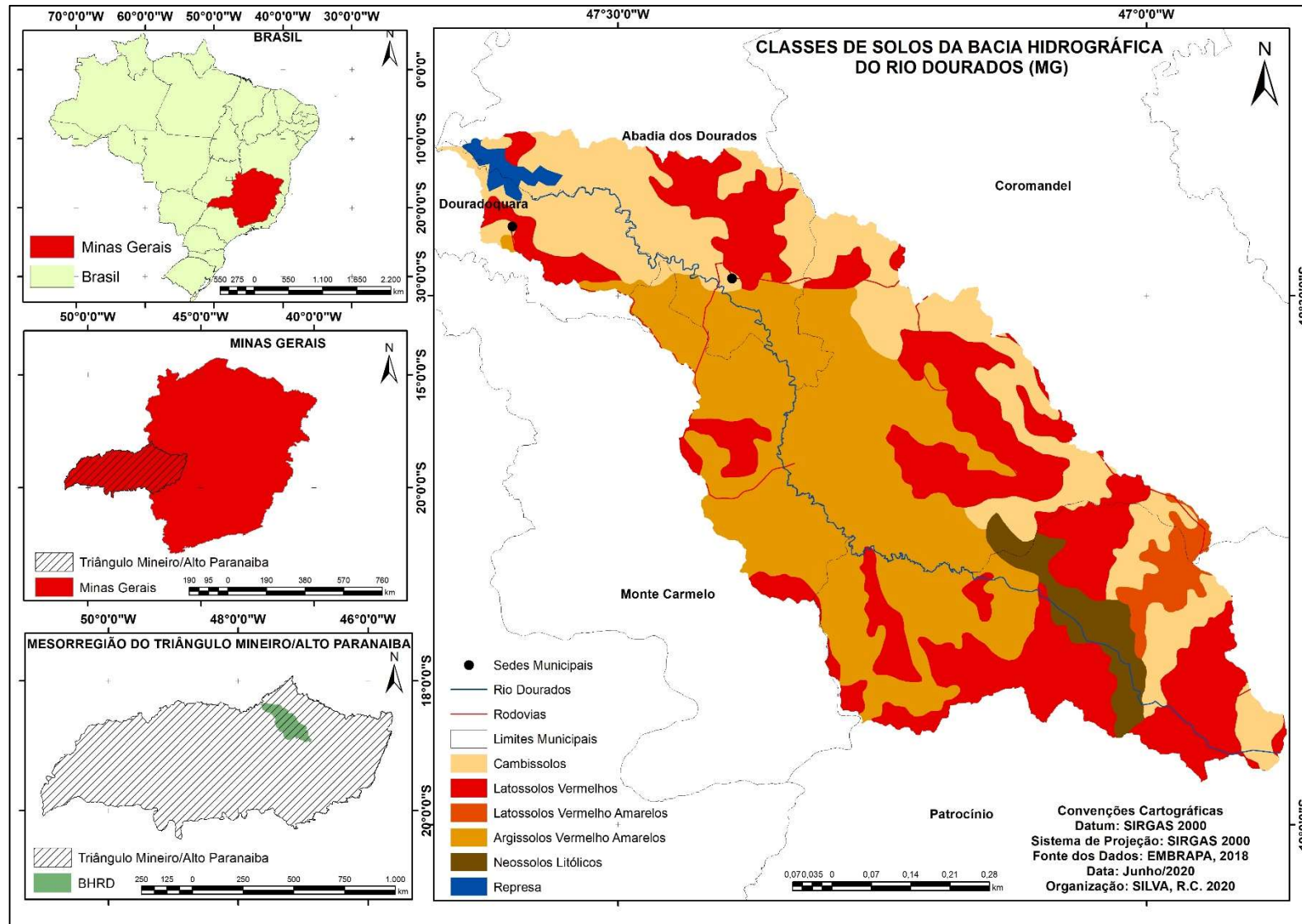
- Cambissolos;
- Latossolos Vermelhos;
- Latossolos Vermelho Amarelos;
- Argissolos Vermelho Amarelos
- Neossolos Litólicos;
- Represa.

Uma das classes de mapeamento de solos é o Cambissolo. Esse tipo, como o próprio nome sugere, é um solo que está em formação, pois o termo *cambiare* vem do latim “trocar” ou “mudar”. Esse tipo de solo é pouco desenvolvido e possui o horizonte B incipiente. No trecho do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (2018), pode-se notar o que acontece na base desse tipo de solo:

[...] pedogênese pouco avançada evidenciada pelo desenvolvimento da estrutura do solo, com alteração do material de origem expressa pela quase ausência da estrutura da rocha ou da estratificação dos sedimentos, croma mais alto, matizes mais vermelhos ou conteúdo de argila mais elevado que o dos horizontes subjacentes (EMBRAPA, 2018. p.108).



Figura 6 – Classes de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)



Organização: SILVA, R.C. (2020)

Na área da bacia, são encontrados vários tipos de Latossolos, que, de acordo com a EMBRAPA (2018, p.274), são aqueles “[...] constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 centímetros a partir da superfície do solo ou dentro de 300 centímetros se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura”.

Continuando com a descrição dos tipos de solos presentes na área da BHRD, tem-se o tipo Argissolo Vermelho Amarelo. O nome Argissolo vem do latim *argilla* e significa “argila”, esses, são solos com acumulação desse material, e apresenta argila de alta atividade e saturação por bases menores que 50% (EMBRAPA, 2004; EMBRAPA, 2018).

O último tipo de solo encontrado na bacia é o Neossolo Litólico. Neossolo, do grego *neo*, que significa “novo”, e são solos com desenvolvimento pedogenético recente. Esse solo é pouco desenvolvido, com composição de material mineral ou orgânico com menos de 20 cm de espessura (EMBRAPA, 2004; EMBRAPA, 2018).

Nota-se que acontece com os tipos de solos o mesmo que acontece com a geologia na BHRD. Como há uma composição de rochas diferentes, há também solos variados, e por sequência a vegetação se torna variada dentro do contexto do Bioma Cerrado, que é a vegetação nativa da região.

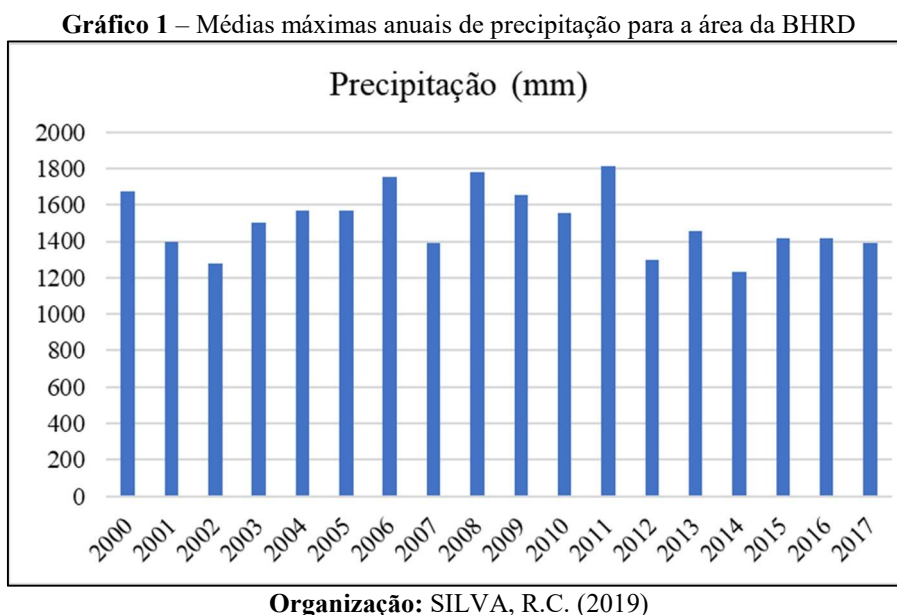
#### **2.4 Aspectos do Clima da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**

Em relação ao clima, a BHRD possui características do Bioma Cerrado, classificado como Tropical Quente-Subúmido (Aw), tendo duas estações bem definidas: uma seca e uma chuvosa. No Cerrado, a precipitação varia de 600 a 2000 mm. As temperaturas mais elevadas acontecem na primavera e no verão, com médias variando de 20°C a 36°C (PEREIRA JÚNIOR, 2002).

Na área da BHRD, as chuvas se concentram em uma estação com variação de 5 a 7 meses, onde os déficits hídricos e os excedentes são explicados pela localização da bacia, que está localizada em baixa altitude (SILVA, ASSUNÇÃO, SILVA; 2012).

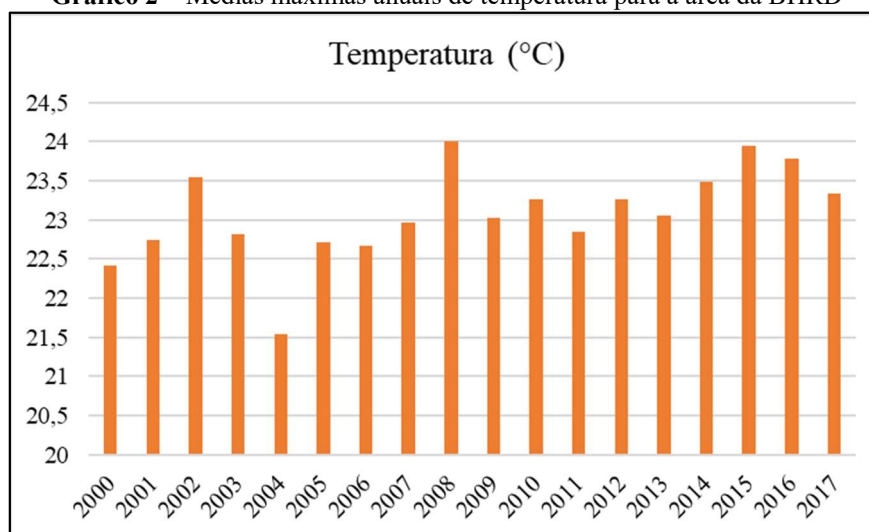
O clima na bacia apresenta uma proximidade com o comportamento dos períodos secos e úmidos, sendo os meses de outubro a abril a estação chuvosa, e de maio a setembro a estação seca. Deste modo, a bacia possui, como mostra Silva, Assunção e Silva (2012), um elevado excedente hídrico, o que contribui muito para a economia local, que é pautada na agricultura e pecuária, ou seja, ainda que apresente um déficit hídrico, este não prejudica tanto as atividades agrícolas de toda a área da bacia.

Com relação à precipitação, nos últimos anos a BHRD apresentou valores em torno de 1400 mm, como pode se notar no **Gráfico 1**. Do mesmo modo, a temperatura também foi analisada e mostrada no **Gráfico 2**.



Pode se observar pelo **Gráfico 1** que, na área da bacia, a precipitação não teve uma grande variação, se mantendo entre 1400 e 1600 mm, com o maior valor, pouco acima de 1800 mm no ano de 2011, e o menor valor acumulado durante o ano, em torno de 1200 mm no ano de 2014. Percebe-se, por esse fato, que na área da bacia há um grande acumulado de chuva durante o ano, favorecendo, assim, as atividades agrícolas da região.

Já no **Gráfico 2**, que mostra as temperaturas médias anuais, também não há uma grande variação, com valores que não ultrapassam os 24°C, sendo esse valor encontrado no ano de 2008. A menor temperatura foi de 21,5°C no ano de 2004. Pode-se, então, notar que não há um grande gradiente de temperatura.

**Gráfico 2** – Médias máximas anuais de temperatura para a área da BHRD

Organização: SILVA, R.C. (2019)

Após a descrição dos elementos físicos para a área da BHRD, para a continuação do mapeamento de risco de incêndios vegetacionais, se faz necessário a utilização de uma categoria de análise da Geografia para analisar as variáveis utilizadas. Desse modo, foi utilizada a categoria Paisagem, que está descrita no item a seguir, trazendo um contexto desde a origem do termo até os dias de hoje, mostrando também como foi utilizada no mapeamento de risco de incêndios vegetacionais para a BHRD.

## 2.5 A categoria Paisagem na análise geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)

O estudo das Ciências Geográficas se utiliza de algumas categorias para relacionar diferentes objetos. Nessa pesquisa, foi utilizada a categoria Paisagem, que teve seu conceito discutido do século XIX até os dias atuais, por diversos estudiosos da área. A partir dessa premissa, aponta-se um pequeno contexto histórico sobre a categoria desde o seu surgimento até os dias de hoje.

Percebe-se que o termo Paisagem possuía uma série de significados no decorrer do tempo, o que torna o termo elástico. Esta elasticidade decorre da forma com que o termo foi tratado pelas correntes da Geografia e, também, pela influência do contexto histórico e cultural em que ela estava inserida em determinado momento de sua conceituação. É o que está demonstrado no estudo de Vitte (2007):

A temática relativa ao conceito de paisagem e seu tratamento na geografia, acumula ao longo dos tempos uma série de polêmicas envolvendo uma enorme diversidade de

conteúdos e significados. Esta **elasticidade** demonstra, na realidade, uma complexização do conceito, em função de como o mesmo foi tratado pelas várias correntes na geografia, moldadas cada qual em um determinado contexto histórico e cultural. Isso significa dizer que uma discussão sobre a categoria paisagem remete-nos ao processo de institucionalização da geografia como ciência, ciência essa que elege a superfície da terra em seus aspectos físicos e humanos como campo de estudo (VITTE, 2007. p.72).

O conceito de Paisagem surgiu na Alemanha, instituindo Alexander Von Humboldt (1759-1859) como o precursor dessas concepções paisagísticas, ainda no século XIX. Humboldt estudou a Paisagem em relação à flora por considerar esse atributo como o mais significativo.

Já no século XX, Passarge considerou que os elementos climáticos podem destruir as Paisagens, enquanto os elementos de vegetação contribuem para a conservação. Alfred Hettner, um seguidor de Passarge, incluiu no contexto de Paisagem a relação do homem sobre o meio, trazendo uma globalidade ao termo (MOURA; SIMÕES, 2010).

Carl Troll, em 1939, acrescentou, ainda, ao conceito de Paisagem, abordagens da Ecologia, definindo a Ecologia da Paisagem e posteriormente a Geoecologia. Outros estudiosos definem ainda a Paisagem como uma aproximação da natureza, em que o homem se aproxima através da percepção dos sentidos, buscando *a priori* o visual, mas *a posteriori* será modificado pelas causas psicológicas (FALCÃO SOBRINHO, 2010; MOURA; SIMÕES, 2010).

O conceito de Paisagem evoluiu aproximando-se à atualidade, a partir da década de 1960, baseado no conceito de Bertrand (1971), que descreve a Paisagem como uma combinação de vários elementos geográficos diferentes, mas que sua evolução se dá em conjunto, como está descrito no trecho abaixo de Moura e Simões (2014), trazendo esse mesmo pensamento:

[...] uma porção do espaço, caracterizada por um tipo de combinação dinâmica e instável de elementos geográficos diferenciados (físicos, biológicos e antrópicos) que, ao reagirem dialeticamente entre si, fazem da paisagem um conjunto geográfico indissociável que evolui em bloco. Seja sob o efeito da interação dos elementos que o constituem, seja sob o da dinâmica própria de cada um de seus elementos considerados separadamente (MOURA; SIMÕES, 2010. p.184).

O termo Paisagem pode ser descrito ainda, como citou Trombeta (2015, p. 77): “[...] formada por interações existentes entre os elementos naturais e pela transformação destes pela ação humana, marcada por profundas mudanças que ocorrem ao longo do tempo de sua história de formação e do seu uso e ocupação”.

A Paisagem está conectada a elementos complexos que compõem o espaço geográfico na análise tempo-espacial, sendo única no lugar e na história. Portanto, esses complexos

elementos, tanto naturais quanto antrópicos, precisam ser organizados para se transformarem em ferramentas ao planejamento ambiental.

O termo Paisagem não remete somente à parte física do espaço geográfico, remete também a um lado social, a qual é construída a partir do imaginário coletivo dos atores sociais, agregando valor simbólico ao conceito (BARBOSA; GONÇALVES, 2014). É o que se observa no trecho de Vitte (2007):

Assim, a paisagem emerge na análise geográfica carregada de simbolismo, sendo responsável pela constituição do imaginário social que atua na condução da ação dos atores sociais, ao mesmo tempo em que mediatiza a representação do território por estes mesmos atores. Neste sentido, a paisagem como categoria social é construída pelo imaginário coletivo, historicamente determinado, que lhe atribui uma determinada função social (VITTE, 2007, p. 71).

Ou seja, quando se trabalha o conceito de Paisagem como a união de um sistema natural, complexo, há a circulação de energia e matéria, e com a ação do homem no meio. Pode-se concluir, então, por exemplo, que uma bacia hidrográfica é considerada um Geossistema, por existirem mudanças na bacia, ainda que estas mudanças não a descaracterizem como bacia. É o que demonstra o trecho abaixo:

Concluimos que o Geossistema é um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem. Pela ação antrópica poderão ocorrer pequenas alterações no sistema, afetando algumas de suas características, porém estes serão perceptíveis apenas em micro-escala e nunca com tal intensidade que o Geossistema seja totalmente transformado, descaracterizado ou condenada a desaparecer (TROPMAIR; GALINA, 2006. p.81).

Segundo os autores supracitados, o geossistema é composto por três componentes: o componente Abiótico, ou seja, a litosfera, atmosfera e hidrosfera; o componente Biótico, que seria a flora e fauna; e, por último, o componente Antrópico, formado pelo homem. É o mesmo que acontece em uma bacia hidrográfica, que também é formada por esses três componentes, sendo compatível chamá-la de Geossistema (POLLETE, 1999; BARBOSA; GONÇALVES, 2014; MACIEL; LIMA, 2011).

Essa forma de tratar a Paisagem como um geossistema vem de muitos anos, é o que consta no estudo de Pollete (1999) que traz o trecho abaixo, podendo ser uma forma de se ver, e se considerar uma bacia hidrográfica:

Paisagem pode ser definida como um sistema territorial composto por componentes e complexos de diferentes amplitudes formados a partir da influência dos processos naturais e da atividade modificadora da sociedade humana, que se encontra em

permanente interação e que se desenvolvem historicamente. Atualmente, esta adquire importância em diversas linhas de pesquisa, bem como é utilizada em diferentes escalas espaciais de compreensão por meio de relações sociais, econômicas, culturais e ecológicas (POLLETE, 1999, p. 83).

Assim sendo, uma forma de trabalhar com bacias hidrográficas é fazer uso das chamadas Unidades de Paisagem. Segundo Trombeta (2015, p. 86), “[...] as unidades de paisagem são consideradas como ponto de partida fundamentais na elaboração de ideias e procedimentos do Planejamento Ambiental e Territorial”.

Os autores Souza, Costa e Carvalho (2011, p. 74) mostraram, também, que mapear as Unidades de Paisagem possui grande importância, pois elas revelam as fragilidades relacionadas tanto às causas naturais como às antrópicas, podendo ser vistas no trecho a seguir: “[...] nesta direção o mapeamento das unidades de paisagens identificadas sob a perspectiva de suas fragilidades frente às condições materiais e possíveis intervenções humanas é de valiosa importância.”.

De acordo com os autores, revela-se que existem quatro etapas para analisar o ambiente, utilizando a integração das Unidades de Paisagem naturais e antrópicas, o que ele chama de tratamento geossistêmico:

[...] o tratamento geossistêmico visa a integração das variáveis “naturais” e “antrópicas” (etapa análise), fundindo “recursos”, “usos” e “problemas” configurados (etapa integração) em “unidades homogêneas” assumindo papel primordial na estrutura espacial (etapa síntese) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente (etapa aplicação) do diagnóstico (SOUZA; COSTA; CARVALHO, 2011. p.76, grifos dos autores).

Os autores supracitados consideram as Unidades de Paisagem como Unidades de Terreno, sobre as quais representam parte da superfície da Terra de forma homogênea, em uma determinada escala. Quando as partes são estudadas por determinadas áreas específicas do conhecimento, os autores as consideram como um corpo complexo, sendo capazes de serem entidades holísticas, mas quando são incluídos os fluxos de energia e matéria, podem ser consideradas como um sistema aberto.

Para Gois (2010), o referente termo unidade de paisagem significa:

[...] unidades territoriais básicas, polígonos de intervenção humana passíveis de georreferenciamento que contêm uma porção de terreno onde se inscreve uma combinação de eventos e interações, visíveis e invisíveis, cujo conjunto é registrado e pode ser visto na forma de imagem de um determinado momento. A compreensão destas unidades de paisagem implica no conhecimento de fatores como a geologia, o relevo, a hidrografia, o clima, os solos, a flora, o uso do solo, e todas as outras expressões da atividade humana ao longo do tempo, bem como na análise de sua interação (GOIS, 2010. p.21)

Nessa pesquisa, analisou-se as Unidades de Paisagem, ou seja, as Paisagens Naturais e Antrópicas que influenciam diretamente na incidência de incêndios vegetacionais, e que também proporcionaram os impactos ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG).

### 2.5.1 Paisagem Natural

As Paisagens Naturais são a base para a análise ambiental, pois a partir do mapeamento e descrição de cada uma dessas Paisagens, é possível compreender o que acontece numa bacia hidrográfica, sendo fundamental para o planejamento ambiental.

Para Vitte (2007, p. 75), as Paisagens Naturais seriam resultado da diferenciação na superfície terrestre entre as forças endógenas e exógenas, ou seja, onde “[...] essa consequência poderia ser observada quando se estabelecessem as relações entre as formas de relevo e os cinturões climáticos do planeta, permitindo, com isto, um zoneamento dos fenômenos da natureza na face da Terra em estreita dependência com os tipos climáticos”.

Já para Pollete (1999), as Paisagens Naturais são aquelas em que não houve interferência física e visível do homem. Então, a partir da explicação de Vitte (2007) de que as Paisagens Naturais, quando somadas, exercem uma influência em determinado fenômeno, e da de Pollete (1999), foram consideradas no mapeamento de risco de incêndio vegetacional aquelas que influenciam na inicialização, na propagação e no alastramento do fogo, e que não sofreram modificação diretamente pelo homem. Foram utilizadas, para tanto, a Declividade, a Orientação de Vertentes, Altitude, Precipitação, Temperatura e Evapotranspiração.

A Declividade do Terreno é considerada uma Unidade de Paisagem de origem topográfica, que acarreta elevado alastramento do fogo direcionando o sentido das chamas. À proporção que aumenta o grau de inclinação do terreno, aumenta o risco de incêndios.

Outra Unidade de Paisagem de grande importância, segundo Assis (2013), é a Orientação de Vertentes, pois as faces que estão voltadas para a luz solar propiciam um maior risco de ocorrer incêndios nessa área, devido ao aumento do calor em cima dos materiais.

A Altitude está relacionada diretamente com a umidade relativa do ar, sendo proporcional ao passo que, quando se aumenta a altimetria, também se aumenta a umidade relativa do ar. Devido ao aumento da umidade do ar, aumenta-se também a umidade dos materiais inflamáveis, havendo uma menor incidência de incêndios.

De acordo com o mesmo autor, outro fator que está relacionado com a altimetria é a Temperatura, pois ela também varia da superfície até os pontos de maior altitude. Quanto maior



a temperatura, maior a chance de incêndios, visto que a temperatura diminui a umidade dos materiais inflamáveis.

A influência da Precipitação é diretamente proporcional ao risco de incêndios, pois, quanto maior a precipitação, maior será a umidade dos materiais inflamáveis reduzindo a incidência de incêndios (ASSIS, 2013).

A Evapotranspiração, que é a perda de umidade dos materiais, também influencia na propagação do fogo. Por deixar os materiais mais secos, os torna mais inflamáveis (PRUDENTE, 2010).

Após a descrição das Paisagens Naturais que foram utilizadas no mapeamento de risco de incêndio vegetacional e o que cada uma delas influencia na inicialização ou na propagação do fogo, é feita a descrição das Paisagens Antrópicas, que também apresenta influência no risco de incêndio para a área da BHRD.

### **2.5.2 Paisagem Antrópica**

As Paisagens Antrópicas, juntamente com as Paisagens Naturais, irão compor as diferentes Unidades de Paisagem, que foram utilizadas no mapeamento final de risco de incêndios vegetacionais para a BHRD.

As Paisagens Antrópicas utilizadas foram o Uso e Cobertura da terra e a influência das Rodovias no alastramento do fogo. O Uso e Cobertura da terra apresentam onde há maior indicativo de incêndios, indicando as classes de vegetação, que são fontes para a inicialização e o alastramento do fogo.

A outra Paisagem Antrópica é a proximidade de Rodovias, que influencia no mapeamento de riscos de incêndios por serem áreas onde há o risco de concentração de incêndios de veículos, cargas e fogueiras, sendo um risco a mais para iniciar e propagar o fogo (FERRAZ; VETTORAZZI, 1998). Lançar bitucas de cigarros às margens das rodovias, especialmente em épocas de clima seco, também pode gerar incêndios vegetacionais de grande proporção.

Após a descrição das Unidades de Paisagem, é necessário compreender como que os incêndios vegetacionais acontecem e quais impactos eles trazem ao ambiente. A próxima seção descreve como acontecem os incêndios, suas causas e quais impactos ocorrem por meio do fogo. É descrito também as geotecnologias utilizadas para o mapeamento de risco e identificação dos impactos ambientais.

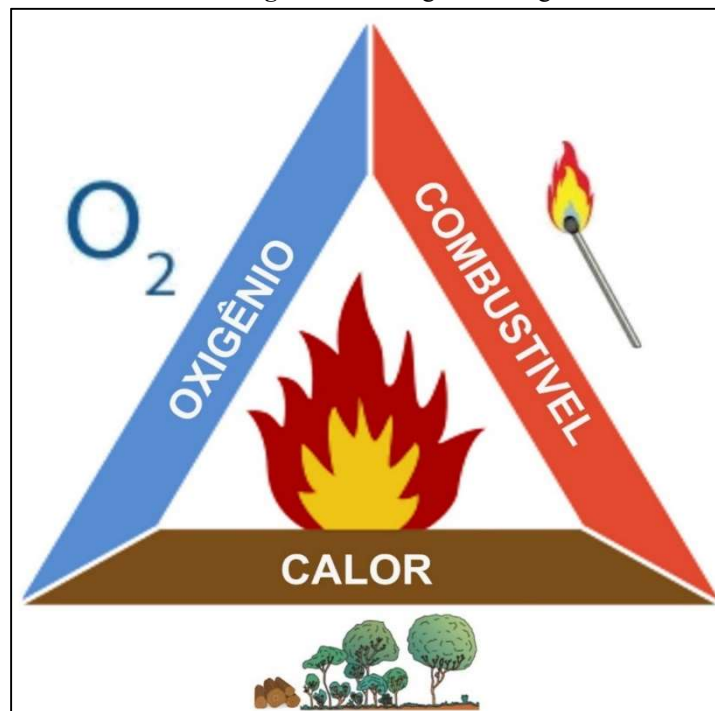
### 3 INCÊNDIOS EM VEGETAÇÕES E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

No Cerrado, a ocorrência de fogo é antiga. Torna-se anual, para recuperação das pastagens, sendo feita no final da estiagem. Esse fato ocorre, pois de acordo com Fidelis e Pivello (2011, p. 13) “[...] a maior parte das fisionomias do Cerrado são tidas como ecossistemas dependentes do fogo, pois evoluíram sob sua influência e dele dependem para manter seus processos ecológicos”.

Os estudos de Silva *et al.* (2011) mostraram que o registro mais antigo da utilização do fogo, é de 32 mil anos atrás, sendo anterior até mesmo a chegada do homem no Continente Americano. Porém, a utilização do fogo associado a práticas de caça dos índios e ao manejo das espécies vegetais passou a ter uma frequência maior nos últimos 10 mil anos.

Mas como surge o fogo? O termo “fogo” geralmente é utilizado para a junção de oxigênio, algum material comburente e calor e, a partir disso, são geradas as chamas. Esse processo é denominado de combustão. A combustão gerada é chamada de triângulo do fogo (**Figura 7**). A diminuição de qualquer um dos elementos inviabiliza a combustão, evitando assim o incêndio.

**Figura 7** – Triângulo do Fogo



**Fonte:** The University of Waikato ([www.sciencelearn.org.nz](http://www.sciencelearn.org.nz))  
**Org. e Adapt.:** SILVA, R. C.; LIMA, J. D. (2018)

Os incêndios vegetacionais são definidos por uma combustão sem controle, consumindo toda a vegetação, sendo a propagação influenciada por variações do ambiente entre as vegetações e os combustíveis naturais, o clima e a topografia.

Mas para ocorrer os incêndios na vegetação é necessário um fator inicial, que provoque essa combustão, como Medeiros e Fiedler (2003) expõem, em que as causas dos incêndios vegetacionais podem ser por raios ou pela ação do homem. Ou, como citou Prudente (2010), essas causas podem ser ainda incêndios criminosos, focos causados por cigarros, fogueiras, balões, queima de lixo, queima de terreno para atividades agrícolas, raios.

Prudente (2010) cita também incêndios causados por fagulhas de máquinas e de grandes veículos, como os caminhões, e pelo rompimento de cabos de energia elétrica, sendo estes últimos mais comuns e de origem acidental.

As ocorrências de incêndios oriundas de raios têm sido pouco estudadas e registradas, mas normalmente após os raios vem a chuva, que acaba por apagar os focos de fogo, provocando um impacto menor. Esses incêndios, provocados pelos raios, são frequentes e acontecem na época de transição da seca para a época chuvosa. De forma geral, não atingem áreas grandes pois a chuva que acontece posteriormente acaba por eliminar os focos (FIEDLER *et al.*, 2004).

Já os incêndios que têm a origem causada pela ação antrópica, acontecem geralmente no período de estiagem, período este que contém as condições ideais para a ocorrência do fogo, como a vegetação seca, umidade do ar baixa e ventos fortes propiciando grandes incêndios na vegetação existente na região.

Nesta época de estiagem, que pode durar de três a quatro meses, a vegetação se encontra seca, tornando-se ruim para o gado, causando um emagrecimento do animal e também uma queda na produção de leite. Então, a prática de manejo mais viável utilizada pelos proprietários de fazendas é a queimada, ou seja, ela será iniciada de forma proposital, após a queima a vegetação daquela área rebrota se tornando boa para os animais por possuir alto teor de proteínas, celulose e sais minerais (LOMBARDI, 2003).

No Cerrado, a utilização das queimadas provocadas pela ação antrópica tem outra grande utilidade para os fazendeiros, que é para a expansão agrícola, como nos mostra Lombardi (2003):

Outra atividade importante para justificar as queimadas está relacionada à expansão da fronteira agrícola, visto que as terras dos Cerrados têm baixo custo e proveem condições favoráveis à produção intensiva de cereais. O emprego de técnicas de irrigação permite que a produtividade agrícola seja duplicada e que duas safras ao ano sejam viáveis. Desta forma, grandes extensões de vegetação do Cerrado são roçadas

e queimadas ao final do período seco (agosto-setembro) e convertidas em novas áreas agrícolas (LOMBARDI, 2003, p. 34).

Dessa forma, os incêndios em vegetação preocupam porque podem destruir os ecossistemas naturais e, quando ocorre de forma descontrolada, ele pode causar uma perturbação permanente trazendo perdas e danos materiais. Ou seja, quando se tem regimes inadequados de fogo, isso leva à degradação da vegetação e do solo, como também à perda da biodiversidade (FIDELIS; PIVELLO, 2011).

Outros autores, como Souza *et al.* (2015), descreveram que os incêndios vegetacionais causam vários prejuízos ao ambiente, dentre eles a redução de estoques genéticos, destruição de habitats, extinção de nascentes, prejudicando também áreas de preservação permanente, infertilidade e até mesmo desertificação do solo, processos erosivos e extinção tanto de algumas espécies da flora quanto da fauna.

Da mesma forma que o fogo é prejudicial para o Cerrado, ele pode ser benéfico. Prudente (2010) mostrou que o fogo é importante, se em pequenas extensões. Já ao atingir grandes extensões, o fogo se torna prejudicial para o bioma, como pode ser observado no trecho a seguir:

[...] apesar do fogo ser um agente importante para o Cerrado, ele não é extensivo a todas as formações vegetais desse bioma. Queimadas de grandes proporções, como as que são empregadas por fazendeiros, prejudicam a fauna de mamíferos como os tamanduás-bandeira, que são rapidamente incinerados devido à pelagem espessa e longa, muito inflamável. Consequentemente, o fogo também destrói as matas-galerias que protegem as drenagens. As queimadas de pequenas extensões são, no entanto, integradas ao ecossistema dos cerrados. As gramíneas, na ausência do fogo, podem dominar a diversidade dos cerrados e tornar as áreas impróprias para a rica fauna do Cerrado. O fogo promove o rebrotamento de várias espécies do estrato herbáceo, criando habitats para a ema e o veado-campeiro (PRUDENTE, 2010, p. 40).

Prudente (2010, p. 40) ressalta que “[...] a completa supressão do fogo também acarreta efeitos ambientais no Cerrado, como a redução da biodiversidade e aumento da densidade de plantas lenhosa com alteração na composição florística e fisionômica da vegetação”.

Um dos efeitos dos incêndios é a elevação de temperatura, fazendo com que as superfícies que foram queimadas absorvam muita radiação solar, que tem como consequência a elevação da temperatura dos solos em um curto espaço de tempo (BARCELLOS, 2001). Altera, também, a composição química do solo, ocasionando na sequência a má nutrição das plantas e uma série de prejuízos (PRUDENTE, 2010).

A utilização do fogo é proibida no Brasil, mas alguns órgãos federais permitem a queimada, de forma controlada, como pode ser visto no Decreto 2661, de 8 de julho de 1998:

Art. 2º Observadas as normas e condições estabelecidas por este Decreto, é permitido o emprego do fogo em práticas agropastoris e vegetacionais, mediante Queima Controlada.

Parágrafo único. Considera-se Queima Controlada o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades agropastoris ou vegetacionais, e para fins de pesquisa científica e tecnológica, em áreas com limites físicos previamente definidos.

Art. 3º O emprego do fogo mediante Queima Controlada depende de prévia autorização, a ser obtida pelo interessado junto ao órgão do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, com atuação na área onde se realizará a operação (BRASIL (b),1998)

O homem utiliza o fogo na forma de queimada controlada, como está demonstrado no trecho abaixo:

A queimada controlada é considerada como método barato para preparar a terra para o plantio de culturas e para a renovação de pastagens, pois além de eliminar a vegetação da área, as árvores derrubadas e queimadas produzem cinzas ricas em nutrientes que fertilizam o solo e, no curto prazo, aumentam sua produtividade. O fogo é usado também para estimular o crescimento de gramíneas forrageiras de pastagens e matar as plantas invasoras lenhosas que invadem essas pastagens. Sem o fogo, os proprietários rurais teriam, certamente, de investir na compra de máquinas para remover as árvores caídas e despende tempo roçando as ervas daninhas que invadem as pastagens (LARA; FIEDLER; MEDEIROS, 2007. p.10).

Mas, na maioria das vezes, essa utilização do fogo de forma controlada acaba saindo do controle e ocasionando incêndios vegetacionais de grandes proporções, ainda que incêndios vegetacionais seja considerado um crime, como está assegurado na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998:

Art. 41. Provocar incêndio em mata ou floresta: Pena - reclusão, de dois a quatro anos, e multa.

Parágrafo único. Se é crime culposo, a pena é de detenção de seis meses a um ano, e multa.

Art. 42. Fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação, em áreas urbanas ou qualquer tipo de assentamento humano: Pena - detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente (BRASIL (c), 1998)

Partindo desse contexto dos incêndios vegetacionais, o mesmo pode trazer uma série de prejuízos para o ambiente, inclusive o denominado impacto ambiental, que pode ser notado na fala de Jurandyr Ross (2005), descrevendo sobre esse fato:

Toda causa tem seu efeito correspondente, todo benefício que o homem extrai da natureza tem certamente também seus malefícios. Desse modo, parte-se do princípio de que toda ação humana no ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando, às vezes, as condições ambientais a processos irreversíveis (ROSS, 2005, p. 14-15).

Se toda ação causa uma reação, no ambiente também acontece do mesmo modo. Se causam incêndio, ele traz como reação o impacto ambiental. Então, de acordo com a resolução do CONAMA nº 01/1986, Artigo 1º, o impacto ambiental é definido como sendo:

Art. 1. Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; qualidade dos recursos ambientais (BRASIL (a), 1986, p. 2548-2549).

O fogo acarreta uma série de prejuízos, sendo de principal impacto a perda de vegetação, pois a capacidade de rebrotar das plantas acaba sendo limitada pelo regime de fogo, ou seja, quando se tem queimadas anuais, as plantas diminuem a altura e o diâmetro, aumentando, assim, a taxa de mortalidade de algumas espécies (SILVA *et al.*, 2011).

Já Brito (2014) aponta que o fogo incide sobre a vegetação trazendo prejuízo em termos florísticos e fitossociológicos, pois influenciam na dormência das sementes, na floração, polinização, densidade e crescimento da morte de algumas plantas.

Cunha, Bacani e Ayach (2013) demonstram, que após a perda da cobertura vegetal, há um aumento do escoamento superficial das águas da chuva acelerando o processo erosivo. Altera a umidade do solo pela pouca infiltração da água, tornando o solo impermeável. Outra forma de modificação do solo em relação ao fogo é pela deposição de cinzas, redução da acidez, disponibilização de nutrientes e também a elevação da temperatura (SILVA *et al.*, 2011; BRITO, 2014).

Gigante e Zavala (2007), afirmam que as queimadas, além de eliminar a cobertura vegetal do solo, favorecem o escoamento superficial das águas das chuvas, aumentando o processo de erosão, que pode ser explicado pela ausência de proteção da camada superficial do solo, em que este irá sofrer uma grande compactação, tornando-se, assim, impermeável, o que acaba por dificultar a infiltração dessa água no solo e na rebrota da vegetação. Esse processo altera a umidade do solo, tornando-o mais duro e propício a grandes erosões.

Mas o fogo não afeta somente a flora e o solo, afeta também a fauna, pois cada espécie reage de uma forma diferente em relação ao fogo. Algumas espécies são capazes de sentir o fogo e conseguem fugir, já outras são vulneráveis ao fogo e acabam morrendo por não conseguirem fugir a tempo (BRITO, 2014).

Outro ponto afetado pelo fogo são os rios, que além de sofrerem assoreamento pelo carregamento de sedimentos na época das chuvas, sofrem também com alterações físico-químicas de suas águas, como é visto no estudo de Brito (2014) no trecho transcrito abaixo:

Com o período chuvoso nas áreas queimadas, uma grande quantidade de nutrientes e de material particulado presente nas cinzas é transportada para os rios, acarretando alterações nas propriedades físico-químicas desses ambientes (LARANJEIRA e LEITÃO, 2008). De acordo com Shakesby e Doerr (2006), o pH dos rios pode ser afetado pela deposição das cinzas nos cursos de água após o fogo, e após um ano do fogo, o aumento dos valores de pH dos solos pode contribuir para o aumento do pH da água dos rios. A condutividade elétrica (CE) e o pH nos rios aumentam após as cinzas de áreas queimadas alcançarem a água, e o oxigênio dissolvido (OD) diminui (BRITO, 2014, p. 18).

Além dos rios, as queimadas também afetam o ciclo hidrológico, pois após o desmatamento advindo das queimadas, todas as funções de uma bacia hidrográfica são perdidas, e as florestas que ali se encontravam são convertidas em pastagens. A precipitação nessas áreas queimadas escoar rapidamente, formando grandes enchentes seguidas por grandes períodos de pouca ou nenhuma precipitação, chegando a interromper o fluxo de alguns rios. Ou seja, é uma sequência, altera o ciclo hidrológico, altera os rios, os solos, a vegetação (GIGANTE; ZAVALA, 2007).

Ainda sobre os impactos que o fogo ocasiona, um impacto que é pouco falado é em relação as propriedades rurais. Sejam elas de pequeno, médio ou grande porte, também são afetadas pela frequente utilização do fogo, que pode queimar áreas indesejadas, desestimulando os fazendeiros a investir nas fazendas como demonstrado na fala de Lara, Fiedler e Medeiros (2007):

Esse risco do fogo sem controle desestimula os proprietários a investirem em suas propriedades, perpetuando o domínio da pecuária e da agricultura extensivas e queima em detrimento do estabelecimento de sistemas agrícolas, pecuários e silviculturais mais adequados do ponto de vista ambiental e econômico e do uso de técnicas que substituam o uso do fogo. A perda de pastagens pelas queimadas acidentais é um dos principais custos econômicos privados que atingem os proprietários rurais. A elevada inflamabilidade das áreas antropizadas, em épocas de seca, afeta os fazendeiros na medida em que uma pastagem queimada acidentalmente obriga o proprietário a buscar uma nova área de pastagem para onde possa transferir seu rebanho bovino. O tempo de uso desse pasto substituto chega, em média, a três meses, tempo necessário para que o capim se recupere da ação do fogo (LARA; FIEDLER; MEDEIROS, 2007, p. 10).

Outro aspecto em relação às propriedades rurais é que o fogo pode destruir benfeitorias, plantações e cercas. Ou seja, os proprietários das fazendas irão gastar muito para restabelecer

suas propriedades, que foram destruídas pelos incêndios vegetacionais (LARA; FIEDLER; MEDEIROS, 2007).

É o mesmo que Schroeder *et al.* (2009) descrevem, visto que para os proprietários de fazendas há a perda de gado, culturas e danos à infraestrutura, ocasionando na redução da capacidade de produção da propriedade. Com isso, acaba influenciando no tipo de uso da terra e nas decisões sobre o manejo. Quando há o risco de fogo, é melhor ter culturas anuais e criação de gado do que culturas perenes e outros tipos de uso da terra, ou seja, se há um maior risco de fogo o investimento em culturas mais sustentáveis tende a cair.

Após a descrição de alguns impactos que o fogo ocasiona numa região, como, então, prevenir ou eliminar os focos de incêndios em vegetação de uma bacia hidrográfica? Essa pergunta pode ser respondida pela determinação do risco de incêndio vegetacional a que uma determinada região possa estar submetida. Esse risco é determinado de acordo com Koproski *et al.* (2011, p.551-552) sendo a “[...] correlação entre diversas variáveis ambientais, que influenciam a ignição e a propagação do fogo e que, quando associadas, criam condições que dificultam o seu controle”.

Para se determinar o risco que uma região específica está submetida, são feitos mapas temáticos que representam o risco parcial que cada variável possui em relação ao fogo e, após essa confecção, os mapas são sobrepostos utilizando uma somatória ponderada dos mapas parciais, formando o mapa final, que contém as áreas mais propensas a ocorrer incêndios vegetacionais (KOPROSKI *et al.*, 2011).

Para realizar esse tipo de monitoramento, faz-se necessário a utilização de tecnologias que possibilitem detectar a localização dos focos, e também determinar quais áreas são mais propensas ao fogo. Para tal, utiliza-se as Geotecnologias como ferramentas para determinar áreas mais propensas e localizar os focos de incêndios já existentes, e para combater o fogo.

Em relação às Geotecnologias, no Brasil, desde a década de 1980, existe o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que faz um monitoramento de queimadas através da utilização de imagens de sensores orbitais, em que são fornecidas informações sobre a localização e a extensão dos incêndios em diferentes ambientes vegetacionais.

Esse monitoramento é feito pelo Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Vegetacionais, o PREVFOGO, inaugurado em 1989, em conjunto com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA). Esse sistema utiliza dados obtidos pelo instrumento AVHRR de uma série de satélites de órbita polar da Agência Nacional de Administração Oceânica e Atmosférica (NOAA), sendo o principal fornecedor de dados para o sistema e que são processados pelo INPE (SCHROEDER *et al.*, 2009).



Com a utilização desses dados fornecidos pelo INPE, e com as ferramentas de alguns *softwares* de Geoprocessamento, é possível realizar o mapeamento de risco de incêndios vegetacionais, sendo o próximo item descrito, sobre as tecnologias empregadas nesse tipo de estudo.

### **3.1 Geotecnologias utilizadas no mapeamento de risco de incêndios vegetacionais e na identificação de impactos ambientais**

Mapear o risco de incêndio vegetal e identificar os impactos ambientais causados pela ação do homem é uma tarefa difícil, por envolver a análise espacial e a manipulação de dados. Devido a essa dificuldade, pode-se utilizar as Unidades de Paisagem para fazer esse tipo de estudo. Leite *et al.* (2014) mostrou que, ainda com o uso dessa “artimanha” para analisar as Unidades de Paisagem, se apresenta dificuldade. Uma das formas é a integração das Unidades de Paisagem com a utilização das ferramentas de Geoprocessamento:

A análise da paisagem em bacias hidrográficas pressupõe a integração e análise de um grande número de informações de origens diversas, que se revela difícil e demorado por métodos convencionais. O geoprocessamento se encaixa com grande potencial de integração de dados ao subsidiar esta análise da paisagem em bacias (LEITE *et al.*, 2014, p. 118).

Desse modo, a utilização do Geoprocessamento, por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), é de grande valia, os SIGs possuem características que possibilitam ao usuário analisar grandes quantidades de dados, que podem ser de origem topográfica - como a declividade, altitude, ou como dados climáticos -, precipitação, temperatura entre outros, sendo assim de grande importância para os estudos ambientais.

Os SIGs são definidos por Rosa e Brito (1996, p. 8) como: “[...] sistemas destinados a aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referenciados espacialmente”. Entretanto, estes são modelados de acordo com elementos geográficos através de dois atributos: o espacial, usado para referenciar, e o elemento não espacial, que será referenciado pelo atributo espacial.

Ainda assim, o termo SIG possui vários significados, sendo o mais adequado o que tem a competência operacional para entrada de dados, manejo, modificação, visualização, consultas, análises, modelagem e saída. Isto é, produzir mapas e imagens, dados estatísticos e gráficos.

Os autores Souza, Costa e Carvalho (2011, p.78) falaram que “[...] um SIG pode ser utilizado para a produção de mapas gerando um banco de dados geográficos, que dará suporte

para as análises espaciais de diversas ordens. Sendo assim, pode-se perceber que tal arte traz possibilidades grandiosas de conhecimentos e análises”.

Os SIGs podem, ainda, integrar dados de várias naturezas e fontes em uma única base de dados, podendo ser adicionadas informações espaciais advindas de dados cartográficos, dados de censos e cadastro urbano e rural, além de imagens de satélites, modelos numéricos de terreno, entre outras formas de informação. Após essa inserção de dados, eles podem ser combinados por meio de algoritmos específicos de manipulação, em diversos planos de informação para gerar vários tipos de mapeamento (CARVALHO *et al.*, 2010).

Outra divisão do Geoprocessamento é em relação a Ciência do Sensoriamento Remoto, que estuda os objetos sem ter um contato físico com eles, e em que os estudos são feitos através do mapeamento utilizando uma fonte de energia eletromagnética. A utilização do Sensoriamento Remoto facilita a compreensão e a análise do ambiente físico ocupado pelo homem, pois há um aumento da capacidade de visão do ambiente, visão esta obtida através de fotografias, aviões e, posteriormente, dos satélites (CENTENO, 2003).

Outra definição de Sensoriamento Remoto é, de acordo com Rocha (2007, p. 115), “[...] aplicação de dispositivos que, se colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra, sem contato físico com eles”.

Com o desenvolvimento de plataformas e sensores para serem utilizados na aquisição de informações espaciais, a atualização das bases de dados cartográficos teve um avanço a partir do século XXI por meio de técnicas modernas de processamento digital (SILVA; ROCHA; AQUINO, 2016). Desta forma, o Sensoriamento Remoto utiliza vários sensores para a captura das imagens, para, posteriormente, serem utilizadas e analisadas em diversas áreas do conhecimento:

Modernos sensores a bordo de aeronaves ou satélites, equipamentos para transmissão, recepção, armazenamento e processamento de dados, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre nos domínios espacial, temporal e físico, através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra (ROCHA, 2007, p. 116).

Esses sensores são capazes de rebater a radiação em uma faixa determinada do espectro eletromagnético, a faixa do visível, gerando um produto que pode ser interpretado e analisado pelo usuário. Produto esse que são as imagens de satélite, as quais Silva, Rocha e Aquino (2016) enfatizaram que:

As imagens orbitais de alta resolução permitem a identificação e caracterização dos aspectos geoambientais, bem como proporcionam uma visão de conjunto e

multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. Esta visão sinóptica do meio ambiente possibilita estudos regionais e integrados, evidenciando as paisagens em sua evolução, destacando os impactos ambientais de origem natural e antrópica (SILVA; ROCHA; AQUINO, 2016, p. 179)

Para que haja entendimento dessas imagens de satélite, obtidas por meio de sensores remotos, é preciso que aconteça uma boa interpretação para extrair informações relevantes do objeto e das feições naturais. Para que aconteça essa boa interpretação, é necessário se atentar a duas questões: o número de bandas do sensor e a capacidade do usuário de interpretar o comportamento espectral dos alvos.

Para isso, deve-se levar em consideração a localização, a cor, tonalidade, sombra, tamanho, textura e o padrão dos objetos que são representados na imagem, para que isso aconteça é de extrema importância que o usuário tenha um conhecimento prévio da área imageada, tornando o trabalho de campo essencial para que haja um bom resultado na interpretação da imagem (ALMEIDA *et al.*, 2015).

A utilização de dados de satélites para o monitoramento do fogo é muito importante, já que fornece informações sistemáticas da ação do fogo em determinada região, bem como em áreas de difícil acesso, em que se houvesse observações em campo, seriam praticamente impossíveis. Atualmente, há uma gama de satélites que fazem esse monitoramento, facilitando muito a vida de pesquisadores que tratam dessa temática (SCHROEDER *et al.*, 2009).

A maioria dos sistemas de imageamento para o monitoramento do fogo, de acordo com Schroeder *et al.* (2009), age na região espectral de 4  $\mu\text{m}$ , porém o desempenho dessa detecção varia de acordo com a resolução espacial do sensor e do algoritmo utilizado.

Lombardi (2003) propõe que a identificação e a quantidade de áreas queimadas utilizando dados de sensores orbitais podem ser detectadas de duas formas diferentes, como descrito no trecho abaixo:

A identificação e quantificação de áreas queimadas a partir de dados orbitais pode ser abordada sob dois pontos de vista distintos. O primeiro, visa a observação das queimadas no momento em que estas estão ocorrendo, quando ainda estão ativas, utilizando a informação adquirida na região infravermelho termal; no segundo caso, objetiva-se a observação das áreas após a ocorrência do fogo, mediante a detecção da cicatriz do fogo deixada no terreno, utilizando dados adquiridos principalmente nas regiões visível e infravermelho próximo e médio do espectro eletromagnético (LOMBARDI, 2003. p.36).

Para que esse monitoramento seja possível, é preciso observar a caracterização espectral dessas áreas afetadas pelo fogo, a partir de dois fatores: a severidade do fogo e o tempo após a queima. Isso porque esses dois fatores apresentam reflectâncias diferentes, ou seja, é importante

conhecer o intervalo entre o tempo de ocorrência do fogo e a data de aquisição das imagens, pois irá ocorrer alterações espectrais na reflectância dessas áreas. Para melhor identificar essa área queimada nas imagens de satélite, é necessário conhecer a reflectância da vegetação antes da passagem do fogo e após (LOMBARDI, 2003).

Para dados advindos da série *TM/LANDSAT*, é mais provável identificar as mudanças que o fogo provoca na vegetação na região do infravermelho próximo, do que na região do visível em função da quantidade de material combustível, como pode-se observar no trecho transcrito abaixo de Lombardi (2003):

As mudanças induzidas pelo fogo nas propriedades espectrais da vegetação são mais evidentes na região do infravermelho próximo (IVP) do que na região do visível, principalmente quando as condições anteriores ao fogo apresentam alto conteúdo de material combustível e os processos de combustão produzem grandes quantidades de resíduos de carvão vegetal. Nas áreas de cobertura vegetal esparsa, típicas de ecossistemas semi-áridos, onde os solos apresentam valores de níveis de cinza mais baixos, a produção de carvão vegetal é menos abundante, a redução de biomassa vegetal é menor e a cicatriz do fogo se diferencia menos da resposta espectral das condições anteriores à queima (LOMBARDI, 2003. p.40).

Nas bandas do Sistema *LANDSAT 8*, a do infravermelho próximo corresponde a banda 5, sendo a mais adequada para identificar cicatrizes de fogo (LOMBARDI et al., 2003). Já para os autores Rocha, Martins e Pedrosa (2014), a melhor composição para identificar o grau de intensidade do fogo é por meio da utilização da banda do visível azul (banda 4), a do infravermelho próximo (banda 5) e a *SWIR* (banda 7). Para isso, é necessário que haja diferença entre as bandas 5 e 7, que resultará em alguns *pixels* com valores negativos, sendo as áreas com um impacto maior do fogo.

Em formações arbustivas e arbóreas, como as encontradas no Bioma Cerrado, Lombardi (2003) descreve que as maiores diferenças de reflectância de áreas queimadas se encontram na banda 7 e na banda 5 para imagens obtidas por meio do sensor *TM/LANDSAT*. Na banda 7, essa reflectância é mantida até duas semanas após a queima. Ou seja, quando se tem um fogo ativo, a melhor banda para detectá-lo é a banda 7, já para cicatrizes de queimadas é aconselhável utilizar a banda 5.

Nesse sentido, existem ferramentas de Geoprocessamento que podem ser utilizadas no Mapeamento de Risco de Incêndios Vegetacionais, por exemplo a Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto, que consiste em identificar os *pixels* que possuem a mesma reflectância e agrupá-los em classes, gerando, assim, mapas temáticos que representam, por exemplo, o uso e cobertura da terra em uma região da superfície terrestre, que é uma das variáveis utilizadas

em mapeamento de risco de incêndio. Isso pode ser identificado na fala de Leite e Rosa (2012), a respeito da importância do mapeamento de uso e cobertura da terra:

Uso, ocupação e cobertura da terra podem ser sintetizados através de mapas. Estes indicam a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de análise em imagens remotamente sensoriadas. Sua identificação, quando atualizada, é de grande importância ao planejamento e orienta à ocupação da paisagem, respeitando sua capacidade de suporte e/ou sua estabilidade/vulnerabilidade (LEITE; ROSA, 2012, p. 91).

Quando há o conhecimento e o monitoramento do uso e ocupação da terra, este mapeamento torna-se muito importante para compreender a organização do espaço, ou seja, conhecer como o homem utiliza, ou não, as categorias de vegetação e também sua localização. Então a expressão ‘uso da terra’ nada mais é que a forma que o espaço está sendo utilizado pelo ser humano (LEITE; ROSA, 2012).

As imagens de Sensoriamento Remoto mostram somente a cobertura da terra, ou seja, a cobertura natural ou artificial, elas não registram atividades diretamente. Para isso, é necessário que o usuário saiba interpretar as imagens, distinguir as reflectâncias, texturas, estruturas e os padrões de forma das várias atividades de uso (LEITE; ROSA, 2012).

A melhor forma de se fazer o mapeamento de uso e cobertura da terra é através da classificação de imagem, na qual a composição ideal para diferenciar as feições de vegetação, solo exposto, água entre outros, é utilizar a composição com as bandas 3, 4 e 5, que são respectivamente a banda do vermelho, do infravermelho próximo e infravermelho médio.

É o que se expõe no trecho extraído do estudo de Leite e Rosa (2012), mostrando que a melhor forma de diferenciar as feições numa imagem, é através da falsa cor:

[...] cores, texturas, arranjos e formas são exemplos de características espectrais de feições observadas nas imagens que revelam os alvos imageados, permitindo a identificação de padrões essenciais na interpretação de imagens e a classificação do tipo de Cobertura e de Uso da Terra. Para a interpretação dessas características a utilização das imagens falsa-cor é bastante útil para melhor discriminar os alvos analisados (LEITE; ROSA, 2012, p. 97).

Para se fazer a classificação de imagem existem vários métodos, entre eles a Classificação Supervisionada e a Não Supervisionada, que não necessita de um conhecimento prévio do usuário sobre a área, o algoritmo do programa é que realiza essa classificação. Esse algoritmo irá associar os *pixels* a um rótulo que mais se assemelha à descrição real de um objeto.

Ou seja, a Classificação Não Supervisionada é a delimitação das áreas por meio da combinação das bandas da imagem, em que o usuário delimita arbitrariamente a quantidade de

classes, ou seja, uma classificação automática, onde o computador é que define onde que cada pixel será agrupado (GARLET *et al.*, 2014; BERNARDI *et al.*, 2007).

Já a Classificação Supervisionada requer um conhecimento prévio do usuário acerca da área, visto que é necessário diferenciar as classes em uma etapa de pré-classificação, denominada Área de treinamento, e após essa etapa o algoritmo fará a associação dos *pixels* da imagem com esses *pixels* pré-definidos anteriormente, gerando as classes temáticas de uso, segundo o texto de Leite e Rosa (2012):

No processo de classificação qualifica-se cada pixel disposto na imagem, adotando os mesmos procedimentos da análise visual de imagens. Assim, resgata-se aspectos como padrão, tonalidade e cor, forma e tamanho, textura e sombra, qualidade do produto, somadas a experiência do interprete acerca da área de estudo e dos processos de interpretação. O alvo estudado ganha denominações genéricas de classes ou classes temáticas (LEITE; ROSA, 2012. p.99).

Já para Garlet *et al.* (2014), na Classificação Supervisionada existem algoritmos próprios, mas estes requerem um conhecimento prévio do usuário sobre a área em relação ao número de classes de uso da terra na realidade, para transferir para a imagem no *software*. Neste, são coletadas amostras de cada uma dessas classes para gerar o mapa de uso da terra que mais se assemelha com o real. Como cita Bernardi *et al.* (2007), na Classificação Supervisionada o usuário identifica alguns *pixels* que pertencem a determinadas classes, e o computador localiza os demais pertencentes à mesma classe através de algoritmos. Por isso a necessidade de o usuário conhecer a área para saber distinguir cada classe.

Dentro da Classificação Supervisionada existem alguns algoritmos utilizados. Pode-se citar ao menos dois dos algoritmos mais utilizados: o da Distância Mínima e o da Máxima Verossimilhança. O da Distância Mínima é o que o autor Oliveira (1999) apresenta no trecho abaixo:

O método da mínima distância é a estratégia mais simples de classificação (CHUVIECO, 1990; LELLESAND, 1994). Primeiro deve-se determinar, dentro de cada banda e para cada classe, a média dos valores dos pixels. Considerando apenas 2 bandas, o pixel desconhecido pode ser classificado através do cálculo da distância entre o pixel de valor desconhecido e o ponto que representa a média de cada classe (OLIVEIRA, 1999, p. 38).

Já o algoritmo MaxVer, o de Máxima Verossimilhança, é o mais utilizado para imagens de satélite. De acordo com Oliveira *et al.* (2014), esse algoritmo consiste em:

[...] um método paramétrico, o qual supõe que cada classe é determinada por um modelo gaussiano multivariado e determina, a partir de dados de treinamento, o vetor

médio ( $m$ ) e a matriz de covariância ( $S$ ). A eficácia do MaxVer depende principalmente de uma precisão razoável da estimativa de  $m$  e de  $S$ , o que depende da quantidade de pixels incluídos nas amostras de treinamento (TISOT et al., 2005). CRÓSTA (1993) considera que o método MaxVer deve ser aplicado quando o analista conhece bem a imagem a ser classificada, para que possa definir classes que sejam representativas (OLIVEIRA et al., 2014, p. 928).

Já para Oliveira (1999, p. 40), esse algoritmo avalia tanto a variância quanto a covariância dos padrões espectrais de cada *pixel*, ou seja, analisa os padrões de resposta de cada *pixel* por meio de um vetor de médias, para poder definir para qual tipo particular de cobertura de terra esse *pixel* pertence. Então “[...] o objetivo desta fase é reunir um conjunto de dados estatísticos que descrevam as características espectrais de cada cobertura” (OLIVEIRA, 1999).

Devido a confiança e a rapidez que esse processo de classificação apresenta, traz uma grande facilidade de adquirir dados, afirmando a importância desse tipo de mapeamento de uso e cobertura da terra numa determinada região, como por exemplo, uma bacia hidrográfica (PAULA; CABRAL; MARTINS, 2012). Os autores explicam que, através desse tipo de mapeamento, é possível identificar regiões impactadas, pois o uso e cobertura da terra mostra a forma que o ser humano se relaciona com o ambiente.

Dessa forma, esse tipo de estudo possui grande relevância para analisar e avaliar os impactos ambientais na bacia hidrográfica, o que se observa na fala dos autores Paula, Cabral e Martins (2012):

Os estudos das formas e da dinâmica da ocupação da terra são instrumentos de grande importância para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade ambiental, diante das diversas atividades empregadas na produção, pois o conhecimento fornecem subsídios para as análises e avaliações dos impactos ambientais (PAULA; CABRAL; MARTINS, 2012, p. 1486).

Os impactos que o mau uso da terra pode provocar estão demonstrados no trecho abaixo, retirado do trabalho de Nunes e Roig (2015, p. 26), que aponta como o mau uso da terra pode provocar grandes impactos numa bacia, retomando a importância em haver um bom planejamento para o uso da terra.

O uso e ocupação inadequados do solo podem comprometer a integridade das bacias hidrográficas (ARCOVA & CICCIO, 1999; DONATIO et al., 2005). O desmatamento pode levar ao surgimento de feições erosivas e assoreamento dos rios e reservatórios. A impermeabilização do solo através da expansão urbana pode afetar a percolação das águas pluviais e o regime hídrico (CARVALHO et al., 2000), e a expansão agrícola extensiva pode causar a contaminação das águas por fertilizantes e agrotóxicos, através do processo natural de lixiviação (MACEDO, 2004). Portanto, devido à importância dos recursos naturais presentes



na Bacia e ao histórico de ocupação irregular, torna-se imprescindível que haja planejamento integrado do uso e cobertura da terra (NUNES; ROIG, 2015).

Por conseguinte, a utilização desse tipo de mapeamento traz o costume de como o ser humano se relaciona com o ambiente, sendo essa relação muito importante pois, na medida que os efeitos do mau uso causam desequilíbrios, este mapeamento traz subsídios para recuperar e preservar o ambiente.

#### 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa foi dividida em quatro etapas: Pesquisa Teórica, Pesquisa Documental, Pesquisa de Campo e Pesquisa de Laboratório.

A Pesquisa Teórica pautou-se na revisão literária de autores que tratam da temática dos incêndios vegetacionais, impactos ambientais, paisagem como categoria de análise em Geografia e as Geotecnologias utilizadas na detecção dos riscos de incêndios vegetacionais e na análise dos impactos ambientais decorrentes.

Foram analisados autores que tratam da temática dos incêndios florestais e/ou vegetacionais e os impactos ambientais que o fogo provoca, como: Assis (2013), Barcellos (2001), Carvalho (2009), Fiedler (2004), Medeiros e Fiedler (2003), entre outros. Também, autores que tratam da temática da Paisagem, como: Moura e Simões (2010), Trombeta (2015), Sauer (1998), Bertrand (1971), Ab'Sáber (1977; 1979), Mosca (2008), entre outros autores. Em relação às Geotecnologias, autores como: Centeno (2003), Rocha (2007), Rosa (2009), Rosa e Brito (1996), Ribeiro e Walter (2008), entre outros.

A Pesquisa Documental foi feita em órgãos como o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), do qual foi utilizado a imagem do satélite *LANDSA-8*, órbita 220, ponto 073, data de 25 de setembro de 2018. Foi utilizado, também, uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) folha 18S48-ZN, com resolução espacial de 30 metros obtida no site Topodata vinculado ao INPE.

No INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), obteve-se dados de precipitação anual, temperatura, evapotranspiração de estações meteorológicas convencionas localizadas dentro ou mais próximas da área da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados, as estações utilizadas foram a de Catalão, em Goiás, Patos de Minas e Uberaba, ambas no estado de Minas Gerais, com um período de dados de 1987 a 2017.

No IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), no ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), na ANA (Agência Nacional de Águas), entre outros órgãos, também foram fornecidos dados para o mapeamento dos incêndios, nas diferentes fitofisionomias na região da Bacia.

Na etapa de Laboratório, foram tratadas as imagens e feito o mapeamento de risco, as análises dos dados em que se obteve os resultados da pesquisa. Nesta etapa, foi utilizado o *software Arc Map 10.5*, versão acadêmica, para o tratamento dos dados. Para a elaboração dos

mapas temáticos e o mapa final, contendo as áreas de risco ao incêndio vegetacional foi utilizada a metodologia proposta por Santos, Louzada e Eugênio (2010).

Essa metodologia descreve o passo a passo do Mapeamento de Risco de Incêndio para a região de Arecê (ES), que foi adaptada para a área da BHRD. O **Quadro 1** é um exemplo desta metodologia utilizada.

**Quadro 1** - Classes, níveis de risco e coeficientes para a variável declividade para a área de Arecê (ES)

Classes Originais	Nível de Risco de Incêndio	Coeficientes
< 12%	Baixo	1
12 – 40%	Médio	2
>40%	Elevado	3

Fonte: Santos, Louzada e Eugênio (2010, p. 138)

No Mapeamento de Risco de Incêndios para a BHRD foram utilizadas oito variáveis, que foram chamadas de Unidades de Paisagem, formando os mapas base da área de estudo. Essas variáveis foram escolhidas por serem as que mais influenciam na inicialização e propagação do fogo, sendo elas:

- Declividade;
- Orientação de Vertentes;
- Altitude;
- Precipitação;
- Temperatura;
- Evapotranspiração;
- Uso e Cobertura da terra;
- Distância das Rodovias (federais e estaduais).

O Mapa da Unidade de Paisagem – Declividade foi feito a partir da imagem SRTM processada pelo *software Arc Map*, através da ferramenta *Slope*, contida no menu *3D Analyst Tools – Raster Surface*, obtendo valores que variaram de 7,9% a valores maiores de 35,5%.

Já o Mapa da Unidade de Paisagem – Orientação de Vertentes foi confeccionado da seguinte maneira: a imagem SRTM foi utilizada, sendo processada pela ferramenta *Aspect*, contida no menu *3D Analyst Tools – Raster Surface*, obtendo nove classes.

O Mapa da Unidade de Paisagem – Altitude foi processado no *Arc Map* a partir da imagem SRTM, sendo modificado somente o número de classes para cinco classes e alterado a paleta de cores. Assim a altitude variou de 621,7m até 1.278,4m.

Os dados para a confecção dos Mapas das Unidades de Paisagem – Precipitação, Temperatura e Evapotranspiração foram obtidos no site do INMET (Instituto Nacional de

Meteorologia). Esses dados foram compilados do *site* na forma de dados mensais para os anos de 1987 a 2017, dados das estações convencionais em operação das cidades mais próximas a área da Bacia, que são Catalão (GO), Patos de Minas (MG) e Uberaba (MG). A partir desses dados mensais, foi feita a média anual, sendo esses dados utilizados no mapeamento.

Para a confecção dos mapas das Unidades de Paisagem – Precipitação, Temperatura e Evapotranspiração, utilizou-se os dados obtidos no *site* do INMET, a partir das estações que são mostradas no **Quadro 2**. Para isso, foi utilizado o método de interpolação dos dados por meio do interpolador IDW (*Inverse Distance Weighting*), que pode ser encontrado no menu *Spatial Analyst Tools – Interpolation*.

**Quadro 2** – Dados das estações utilizadas: Catalão (GO), Patos de Minas (MG) e Uberaba (MG)

Nome	Código da Estação	Período	Latitude	Longitude	Altitude
Catalão	83526	1987-2017	-18,18	-47,95	840,47 m
Patos de Minas	83531	1987-2017	-18,51	-4643	840,47 m
Uberaba	83577	1987-2017	-19,73	-47,95	737 m

Fonte: INMET, (2019)

Organização: SILVA, R.C. (2019)

Para o Mapa da Unidade de Paisagem – Uso e Cobertura da terra, seguiu-se os seguintes passos: com a imagem de satélite foi feita a composição RGB (*Red, Green e Blue*) utilizando todas as bandas espectrais, inclusive a banda pancromática, pois com a utilização dessa banda a resolução espacial da imagem chega a 15m. Em seguida, a imagem foi modificada para a composição falsa cor, por meio das bandas 5, 4 e 3. Após, coletou-se amostras de seis classes pré-definidas: água, silvicultura, vegetação nativa, culturas anuais, pastagens e solo exposto que são mostradas nas **Fotos 3, 4, 5, 6, 7 e 8**.

**Foto 3** – Classe: Água presente na área da BHRD



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)

Foram consideradas essas seis classes *a priori* pelo conhecimento da área de estudo, a **Foto 3** mostra a classe Água que, devido a resolução espacial da imagem, que é de 15m, possibilitou somente a distinção do Rio Dourados, mas sabe-se que existem várias represas e córregos para a utilização da água que saciam a sede dos rebanhos, entre outras finalidades.

Já a classe de Silvicultura pode ser observada na **Foto 4**, sendo muito presente na Bacia, e predominantemente formada pela espécie Eucalipto.

**Foto 4** – Classe: Silvicultura presente na área da BHRD



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)

A classe de Vegetação Nativa adquiriu essa nomeação pois, pela imagem, não é possível fazer a distinção das várias classes do Cerrado, vegetação predominante na região, o que pode ser visto na **Foto 5**.

**Foto 5** - Classe: Vegetação Nativa – Cerrado, presente na área da BHRD



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)



A classe que representa as Culturas Anuais, visível na **Foto 6**, é formada pelo plantio principalmente em rotação de cultura de soja e milho. A foto demonstra a cultura da soja.

**Foto 6** – Classe: Culturas Anuais presente na área da BHRD



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)

A classe de Pastagens (**Foto 7**) tem a vegetação dominante, em sua maioria, composta pela Braquiária em boas condições de uso.

**Foto 7** – Classe: Pastagens presente na área da BHRD



**Autora:** SILVA, R.C; (2019).



Já a classe Solo Exposto é, na verdade, uma consequência extrema da degradação das Pastagens, em conjunto com alguns tipos de solos pobres em nutrientes, como se observa na **Foto 8**.

**Foto 8** – Classe: Solo Exposto presente na área da BHRD



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)

Para a classificação supervisionada da imagem, que é a forma de se obter essas classes de uso e cobertura da terra, há três métodos: o do paralelepípedo, o da distância mínima e da máxima verossimilhança. O utilizado foi o método de classificação da máxima verossimilhança, que classifica a imagem por pontos ou *pixels*, através da distância entre as médias por meio de parâmetros estatísticos.

Esse método necessita de grandes quantidades de *pixels* para se ter uma base segura ao tratamento estatístico (BELUCO, 2002. p.14), sendo escolhido por ser o mais utilizado, e por apresentar melhor resposta para a análise de cada classe de uso e cobertura da terra.

Já a Unidade de Paisagem – Distância das Rodovias, se deu da seguinte forma: com o *shapefile* de rodovias, obtido no *site* do DNIT, gerou-se múltiplos *buffers*. Os *buffers* são áreas de influência ao redor das rodovias, delimitando-se à proporção que o risco de incêndio propaga, sendo 1000m da rodovia uma área de risco elevado de inicialização do incêndio, isto porque com o fluxo de veículos nas rodovias pode acontecer de algum passageiro jogar uma bituca de cigarro, iniciando o fogo na vegetação as margens dessa rodovia.

O fogo também pode ser iniciado em acidentes, se houver fogo no veículo, queimando a vegetação. Áreas com distância de 2000m possuem um risco médio e, quanto mais se afasta da rodovia, menor é o risco, ou seja, em áreas maiores que 2000m da rodovia, o risco de incêndio diminui.

Após a elaboração desses mapas base, foram reclassificados para três classes de risco: risco baixo, risco médio e risco elevado, de ocorrência de incêndios vegetacionais, para posteriormente fazer o cruzamento desses mapas, obtendo, assim, o mapa final, que mostra as áreas mais propensas a ocorrer incêndios vegetacionais. O passo a passo dessa reclassificação desses mapas está descrito a seguir.

Após a elaboração do mapa da Unidade de Paisagem – Declividade, o mesmo foi reclassificado através da ferramenta *Reclassify*, que pode ser encontrada no menu *Spatial Analyst Tools - Reclass*, a partir dos dados contidos no **Quadro 3**.

Este quadro foi modificado seguindo o exemplo de Santos, Louzada e Eugênio (2010) para a área da BHRD, que para aclives com porcentagens inferiores a 15% possui risco baixo (coeficiente 1), de 15% a 35,4% possui risco médio (coeficiente 2) e valores acima de 35,5% possui risco elevado (coeficiente 3) de incidência de incêndios vegetacionais, ao passo que quanto mais aclive, maior a chance da ocorrência e propagação de incêndios vegetacionais.

**Quadro 3** – Reclassificação para a Unidade de Paisagem – Declividade

Classes Originais	Nível de Risco de Incêndio	Coefficientes
<15%	Baixo	1
15,1% - 35,4%	Médio	2
>35,5%	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010, p.138)

Para o Mapa da Unidade de Paisagem - Orientação de Vertentes a reclassificação se deu utilizando a ferramenta *Reclassify* de acordo com os dados contido no **Quadro 4**.

**Quadro 4** – Reclassificação para a Unidade de Paisagem - Orientação de Vertentes

Classes Originais	Nível de Risco de Incêndio	Coefficientes
Plano	Baixo	1
Sul	Baixo	1
Sudeste	Baixo	1
Sudoeste	Baixo	1
Leste	Médio	2
Oeste	Médio	2
Norte	Elevado	3
Nordeste	Elevado	3
Noroeste	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010, p.138)

Após a confecção do Mapa da Unidade de Paisagem – Altitude, este foi reclassificado através da ferramenta *Reclassify*, de acordo com os dados do **Quadro 5**.

**Quadro 5** – Reclassificação para a Unidade de Paisagem – Altitude

Classes Originais	Nível de Risco de Incêndio	Coefficientes
1.001 m – 1278,4 m	Baixo	1
821 m – 1.000 m	Médio	2
621,7 m – 820 m	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010, p.138)

Já o Mapa da Unidade de Paisagem – Precipitação, foi reclassificado no **Quadro 6**, áreas que possuem precipitação anual inferior a 1397,6mm possui risco elevado (coeficiente 3) por serem áreas de pouca chuva, por isso risco maior, valores intermediários de precipitação (1397,7 a 1415,7mm), possui risco médio (coeficiente 2) e áreas com precipitação superior a esse valor (1415,8mm), possui risco baixo (coeficiente 1).

**Quadro 6** – Reclassificação para a Unidade de Paisagem – Precipitação

Classes Originais	Nível de Risco de Incêndio	Coefficientes
>1415,7 mm	Baixo	1
1397,7 mm – 1415,7 mm	Médio	2
<1397,6 mm	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010, p.138)

Após a elaboração do Mapa da Unidade de Paisagem - Temperatura, reclassificou-se de acordo com o **Quadro 7**. Regiões que possuem temperaturas menores que 22,4°C possuem risco baixo (coeficiente 1), temperaturas entre 22,4°C e 22,9°C possuem risco médio e temperaturas maiores que 22,9°C possui risco elevado (coeficiente 3).

**Quadro 7** – Reclassificação para a Unidade de Paisagem – Temperatura

Classes Originais	Nível de Risco de Incêndio	Coefficientes
<22,4°C	Baixo	1
22,4°C – 22,9°C	Médio	2
22,9°C – 23,4°C	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010, p.138)

Depois da confecção do mapa da Unidade de Paisagem – Evapotranspiração, o mesmo foi reclassificado, sendo apresentado no **Quadro 8**. Áreas com menores valores de evapotranspiração têm menor risco, quanto menos evapotranspiração mais úmido. Dessa forma, áreas com valores abaixo de 1124 mm apresentam risco baixo (coeficiente 1), áreas com valores

intermediários 1124 mm a 1173,2 mm são de risco médio (coeficiente 2) e áreas com maior quantidade de evapotranspiração, valores acima de 1173,2 mm, risco elevado (coeficiente 3).

**Quadro 8** – Reclassificação para a Unidade de Paisagem – Evapotranspiração

Classes Originais	Nível de Risco de Incêndio	Coefficientes
>1173,2 mm	Elevado	3
1124 mm – 1173,2mm	Médio	2
< 1124 mm	Baixo	1

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010, p.138)

Após a elaboração do Mapa da Unidade de Paisagem - Uso e Cobertura da terra, o mapa foi reclassificado utilizando a ferramenta *Reclassify*. Os dados se encontram no **Quadro 9**.

**Quadro 9** – Reclassificação para a Unidade de Paisagem - Uso e Cobertura da terra

Classes Originais	Nível de Risco de Incêndio	Coefficientes
Água	Não tem risco	1
Silvicultura	Elevado	3
Vegetação Nativa	Elevado	3
Culturas Anuais	Médio	2
Pastagens	Elevado	3
Solo Exposto	Não tem risco/baixo	1

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010, p.138)

A classe representada pela Água e pelo Solo Exposto não apresenta risco por serem áreas onde não há o que ser consumido pelo fogo, ou seja, a vegetação.

As classes de Silvicultura, Vegetação Nativa e Pastagens possuem risco elevado (coeficiente 3) por apresentar grande quantidade de material combustível para ser queimado pelo fogo. A Silvicultura é representada por Eucalipto (*Eucalyptus* sp), que mesmo ficando viçosa e verde durante todo o período seco, possui alta capacidade de pegar fogo. Assim como a Vegetação Nativa, que possui risco elevado, por ser formada pelas várias formações do Bioma Cerrado. Este Bioma possui alta capacidade de incendiar e propagar o fogo. E por último, as Pastagens, pois na época em que ocorrem mais incêndios elas se encontram totalmente secas, sendo um ótimo combustível para iniciar um incêndio.

Já a classe de Culturas Anuais possui risco médio (coeficiente 2), na época seca apresenta em algumas áreas uma palhada seca após a colheita, para proteção do solo, sendo essa palhada também material combustível para o incêndio.

Em seguida, o Mapa da Unidade de Paisagem – Distância das Rodovias foi reclassificado, o que se observa no **Quadro 10**. Quanto mais próximos das rodovias, maior a

incidência de incêndios (coeficiente 3), valores intermediários possuem risco médio (coeficiente 2) e quanto mais distante das rodovias, menores são as chances de se iniciar um incêndio (coeficiente 1).

**Quadro 10** – Reclassificação para a Unidade de Paisagem - Distância das Rodovias

Classes Originais	Nível de Risco de Incêndio	Coeficientes
>2000 m	Baixo	1
1000 – 2000 m	Médio	2
< 1000 m	Elevado	3

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010, p.138)

Cada variável tem um peso no mapeamento de risco de incêndio, como mostra Santos, Louzada e Eugênio (2010). Para a BHRD, esse peso foi adaptado de acordo com o mapeamento feito, mostrado no **Quadro 11**.

**Quadro 11** – Peso para cada variável

Variável	Peso
Declividade	10
Orientação de Vertentes	10
Altitude	5
Precipitação	10
Temperatura	10
Evapotranspiração	10
Uso e Cobertura da terra	25
Distância à Rodovias	20

Fonte: Adaptado de Santos, Louzada e Eugênio (2010, p.138)

O uso e cobertura da terra possuem maior importância, por isso recebeu o maior peso (25). Para que haja fogo, é necessário possuir material combustível, que no caso é a vegetação. A Distância à Rodovias tem o segundo maior peso (20), sendo importante por contribuir na inicialização da ocorrência do fogo.

Os pesos da Declividade, Temperatura, Precipitação e Evapotranspiração estão em terceiro lugar (10). A Declividade influencia na propagação do fogo direcionando as chamas, pois quanto mais a inclinação do terreno, maior a propagação do fogo, tal como a Precipitação, a Temperatura e a Evapotranspiração.

Já a Altitude recebeu o menor peso (5), sendo a Unidade de Paisagem menos influente, por influenciar somente a umidade dos materiais.

A combinação das variáveis utilizadas, com o respectivo peso para a elaboração do Mapa de Risco de Incêndio, foi feita através da ferramenta *Weighted Overlay*, que se encontra no menu *Spatial Analyst Tools – Overlay*, do *Arc Map*, obtendo o Mapa Final de Risco de Incêndio para a BHRD. Essa ferramenta é como uma Álgebra de Mapas.

Essa combinação de cada Unidade de Paisagem com seu respectivo risco gera um mapa final mostrando o risco que a bacia está submetida, quanto ao incêndio vegetal. Este mapa mostra a distribuição espacial das áreas mais propensas ao incêndio, sendo utilizado para avaliar a condição do meio ambiente como Padilha, Centeno e Farias (2017) descreve:

A combinação das áreas de risco e suas intensidades locais permite identificar e gerenciar riscos ambientais, identificar espacialmente níveis de baixo (áreas intactas) e alto risco (áreas ameaçadas). O modelo de risco final reflete a distribuição espacial dos valores de intensidade acumulados para todos os elementos de risco que podem ser usados para avaliar a condição do meio ambiente, sua vulnerabilidade às pressões ambientais, ou ser usado como uma entrada para outros estudos. (PADILHA; CENTENO; FARIAS, 2017, p. 760)

Após o mapeamento de risco, foi feita a identificação e a análises dos impactos ambientais. Para a identificação das cicatrizes de queimadas, por meio de imagens de satélite (*LANDSAT 8*), diferenciou-se bandas. Este passo foi realizado no *software ArcGis*, no menu *Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculation*. Foram utilizadas as bandas 7 e 5, e identificados como locais com cicatrizes de queimadas as áreas com *pixels* negativos.

Para os demais impactos, como em relação ao solo e assoreamento do Rio Dourados, percebeu-se impacto em relação às propriedades rurais e a fauna e realizou-se uma pesquisa de campo/trabalho de campo, com a intenção de obter essas informações.

A Pesquisa de Campo, atrelada às Geotecnologias, foi necessária para relacionar o que foi obtido em laboratório com a realidade em campo, possibilitando então comprovar se estes os impactos ocorrem na bacia hidrográfica. Por meio dessa pesquisa de campo, foi possível verificar alguns impactos *in loco*, que por meio de imagens de satélite não seriam possíveis, como a destruição de cercas, por exemplo.

Após o mapeamento, analisou-se cada mapa temático intermediário, além do Mapa Final, que está descrito na próxima seção (Resultados e Discussões).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro resultado foi obtido através dos mapas base e, em seguida, sua reclassificação em relação ao nível de risco para cada variável. O **Mapa 1** corresponde à Unidade de Paisagem Declividade, apresentando variação de 7,9% a valores maiores que 35,5%. Neste mapa, áreas de menor declividade representam um menor risco de incêndio e áreas com uma maior declividade, como, por exemplo, aclives com porcentagem maiores que 35,5%, que representam um alto risco de incêndio vegetal.

Já o risco de incêndio para a Unidade de Paisagem Declividade pode ser visto no **Mapa 2**, por meio da classificação baixo, médio e elevado risco que a área está sujeita, quanto ao risco de incêndio vegetal. Nota-se que 57,73% da área corresponde a um risco baixo de ocorrência de incêndio, e isso se deve devido a declividade não acentuada dessas áreas. O risco médio de ocorrer o incêndio vegetal corresponde a 40,31% da área total, e uma pequena área possui risco elevado de ocorrência de incêndio sendo de 1,96% como é demonstrado no **Quadro 12**.

**Quadro 12** – Porcentagem da Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Declividade

Risco de Incêndio	Porcentagem da Área da BHRD
Baixo	57,73%
Médio	40,31%
Elevado	1,96%

Organização: SILVA, R.C. (2020)

Já o **Quadro 13** apresenta áreas correspondentes a cada classe de risco, mapeado para a Unidade de Paisagem - Declividade.

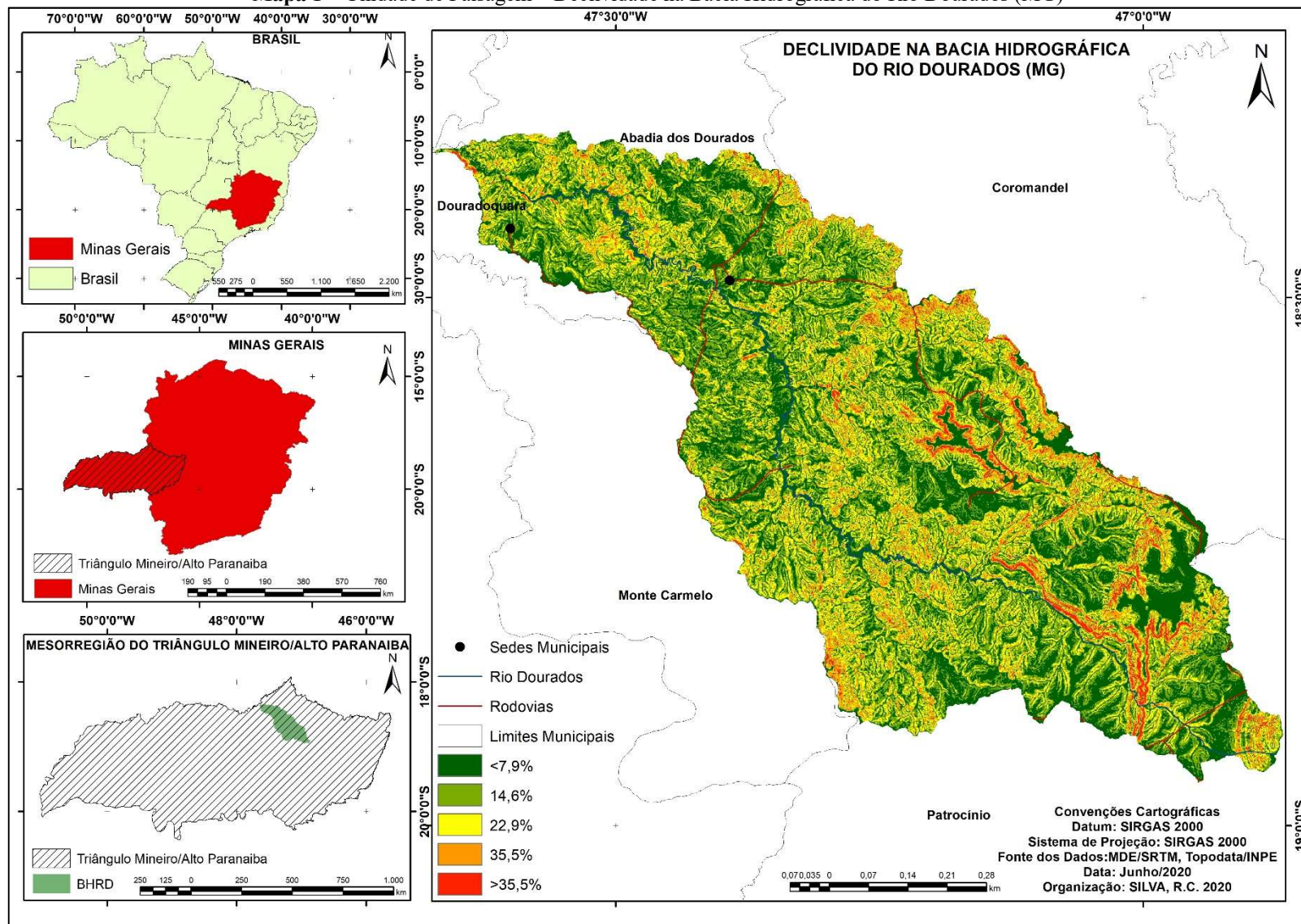
**Quadro 13** – Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Declividade

Risco de Incêndio	Área da BHRD
Baixo	1628,07 km <sup>2</sup>
Médio	732,93 km <sup>2</sup>
Elevado	47,33 km <sup>2</sup>

Organização: SILVA, R.C. (2020)

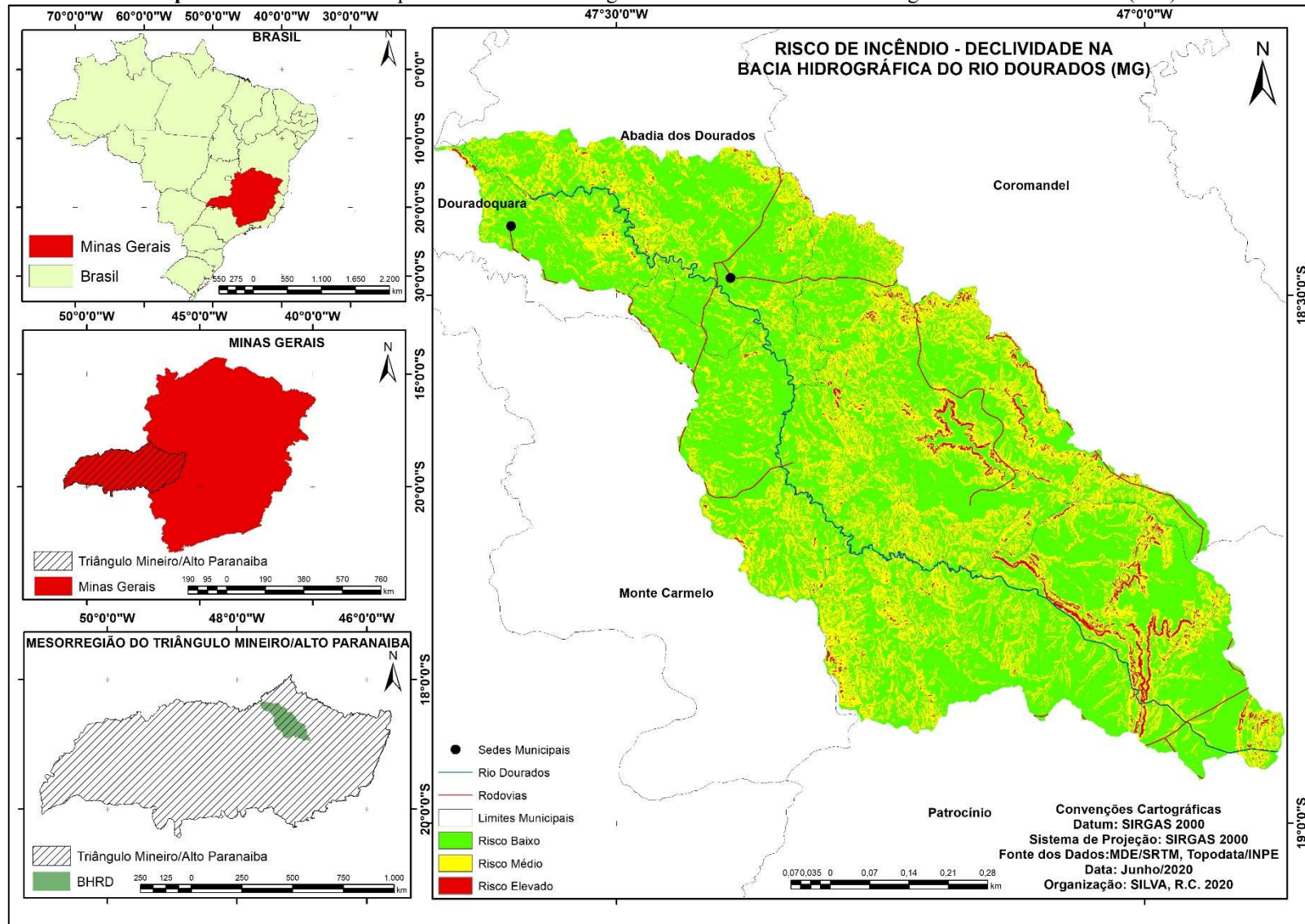


**Mapa 1 – Unidade de Paisagem – Declividade na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

**Mapa 2 – Risco de Incêndio para a Unidade de Paisagem – Declividade na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

Em seguida, foi obtido o **Mapa 3**, referente a Unidade de Paisagem Orientação de Vertentes, sendo as faces do terreno voltadas para a luz solar. Obteve-se as classes de plano, norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste, noroeste e norte.

Já o **Mapa 4** apresenta o risco de incêndio para a Unidade de Paisagem Orientação de Vertentes, podendo-se observar um equilíbrio entre as três classes. Cerca de 32,45% da BHRD possui um risco baixo ao incêndio, e essa classe é representada pelas direções: sudeste, sul, sudoeste e também pelo relevo plano. Outros 27,99% da área total da bacia correspondem a um risco médio de ocorrência de incêndios vegetacionais, correspondendo às direções leste e oeste.

A BHRD possui um Risco Elevado ao incêndio, em um total de 39,56% de sua área, nas direções norte, nordeste e noroeste, como está demonstrado no **Quadro 14**.

**Quadro 14** - Porcentagem da Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem - Orientação de Vertentes

Risco de Incêndio	Porcentagem da Área da BHRD
Baixo	32,45%
Médio	27,99%
Elevado	39,56%

Organização: SILVA, R.C. (2020)

O **Quadro 15** mostra as áreas correspondentes a cada classe de risco, mapeado em relação a Unidade de Paisagem Orientação de Vertentes.

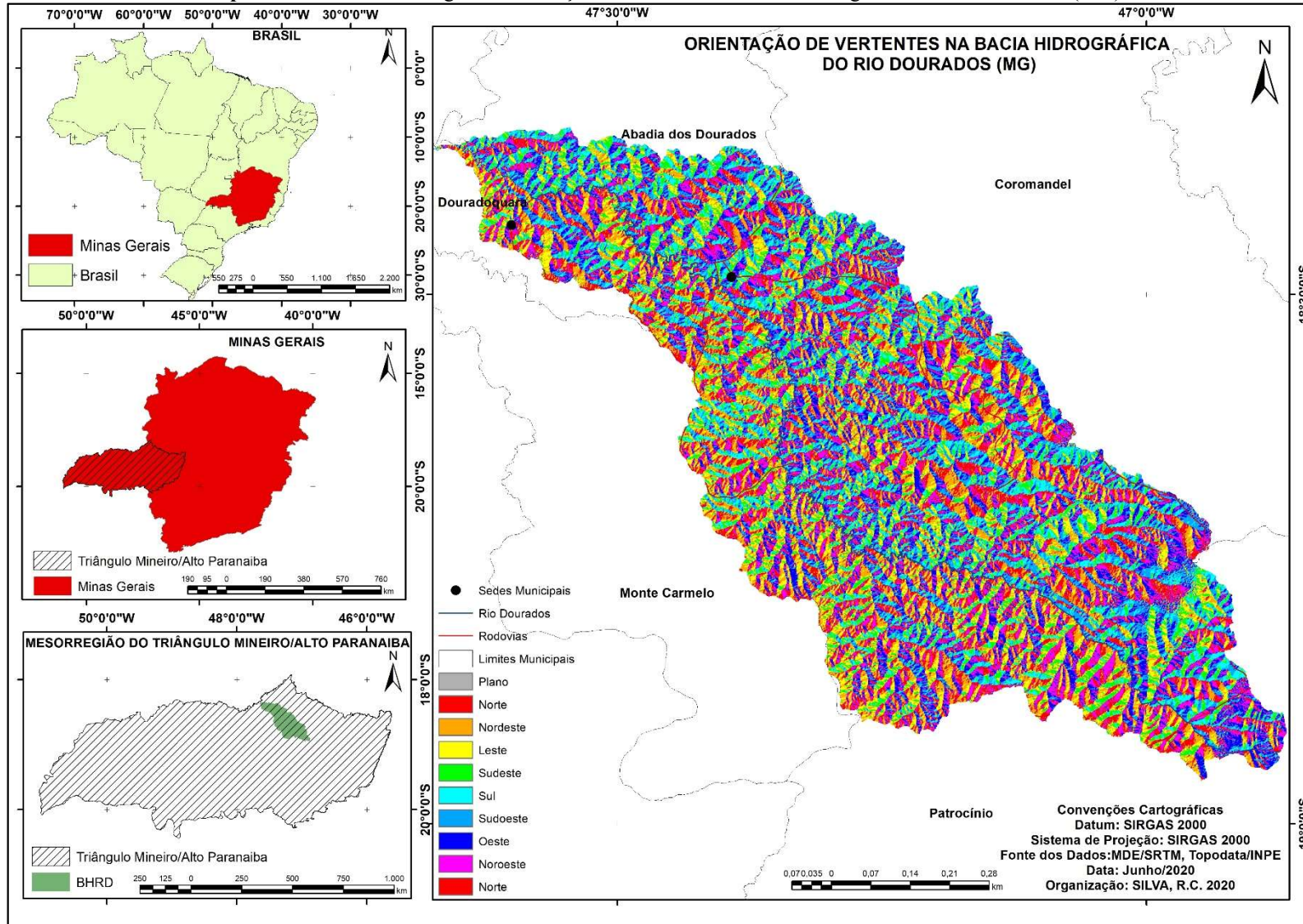
**Quadro 15** –Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Orientação de Vertentes

Risco de Incêndio	Área da BHRD
Baixo	805,11 km <sup>2</sup>
Médio	615,15 km <sup>2</sup>
Elevado	988,07 km <sup>2</sup>

Organização: SILVA, R.C. (2020)

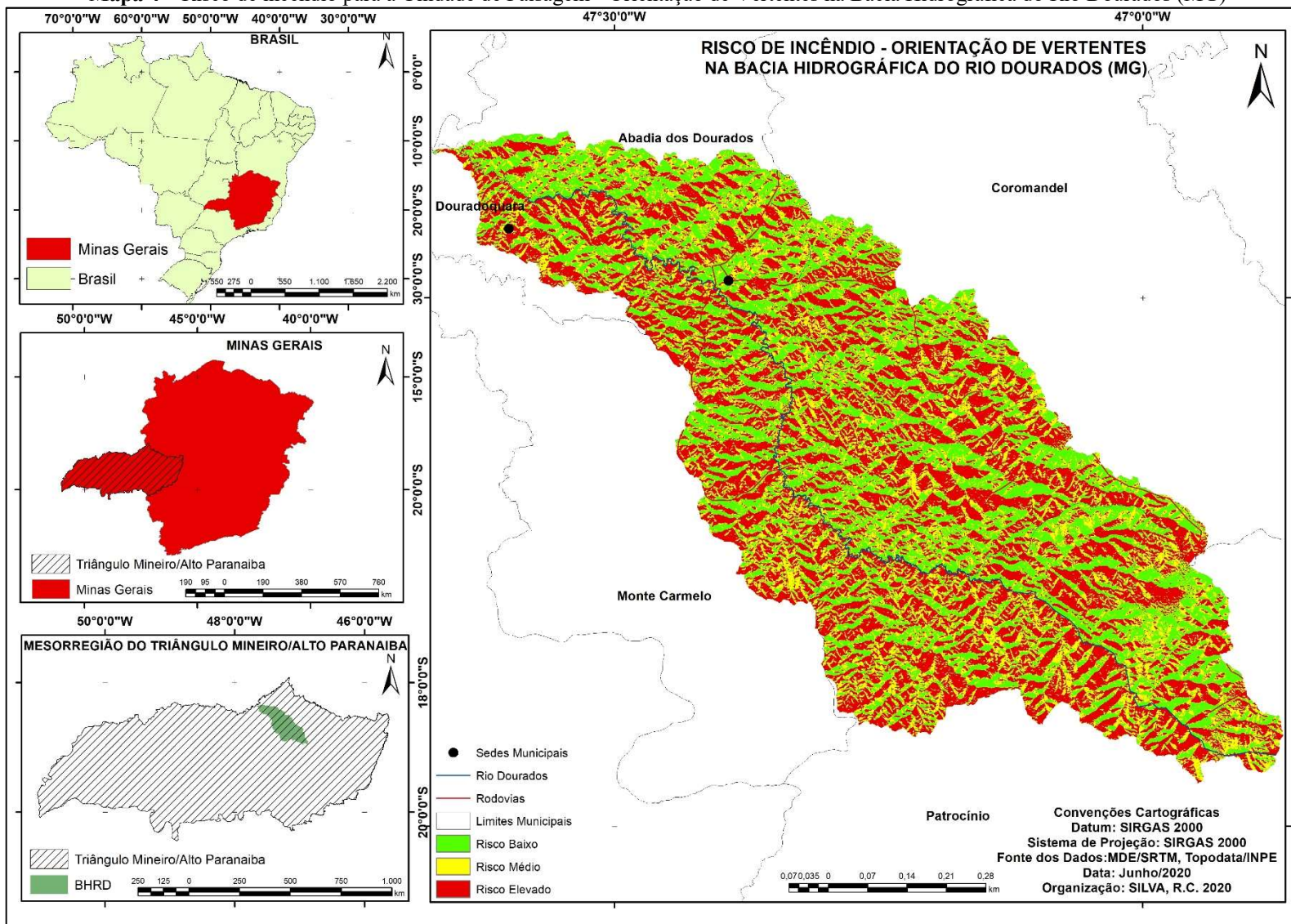


**Mapa 3 – Unidade de Paisagem - Orientação de Vertentes na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

**Mapa 4 – Risco de incêndio para a Unidade de Paisagem - Orientação de Vertentes na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

Já a Unidade de Paisagem Altitude está demonstrada no **Mapa 5**. Foi apresentada uma variação de 621,7m a áreas com 1278,2m. As áreas que apresentam uma menor altitude são as que estão localizadas próximas ao exutório da bacia e por todo o percurso do Rio Dourados. As áreas com maiores altitudes estão presentes nas áreas correspondente à nascente do Rio Dourados, especialmente na porção leste da bacia.

O risco de incêndio à Unidade de Paisagem Altitude é apresentado no **Mapa 6** que, após a reclassificação, obteve-se 68,72% da bacia com risco médio de ocorrência de incêndios, por apresentar altitudes moderadas. O menor risco de ocorrência de incêndios, correspondendo a 9,53% da área, está localizado na porção leste da bacia, e o maior risco, que representa 21,75% da área, está localizado nas áreas com valores menores de altitude, conforme o **Quadro 16**.

**Quadro 16** - Porcentagem da Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Altitude

Risco de Incêndio	Porcentagem da área da BHRD
Baixo	9,53%
Médio	68,72%
Elevado	21,75%

Organização: SILVA, R.C. (2020)

Tem-se, no **Quadro 17**, as áreas correspondentes a cada classe de risco mapeado, em relação a Unidade de Paisagem Altitude.

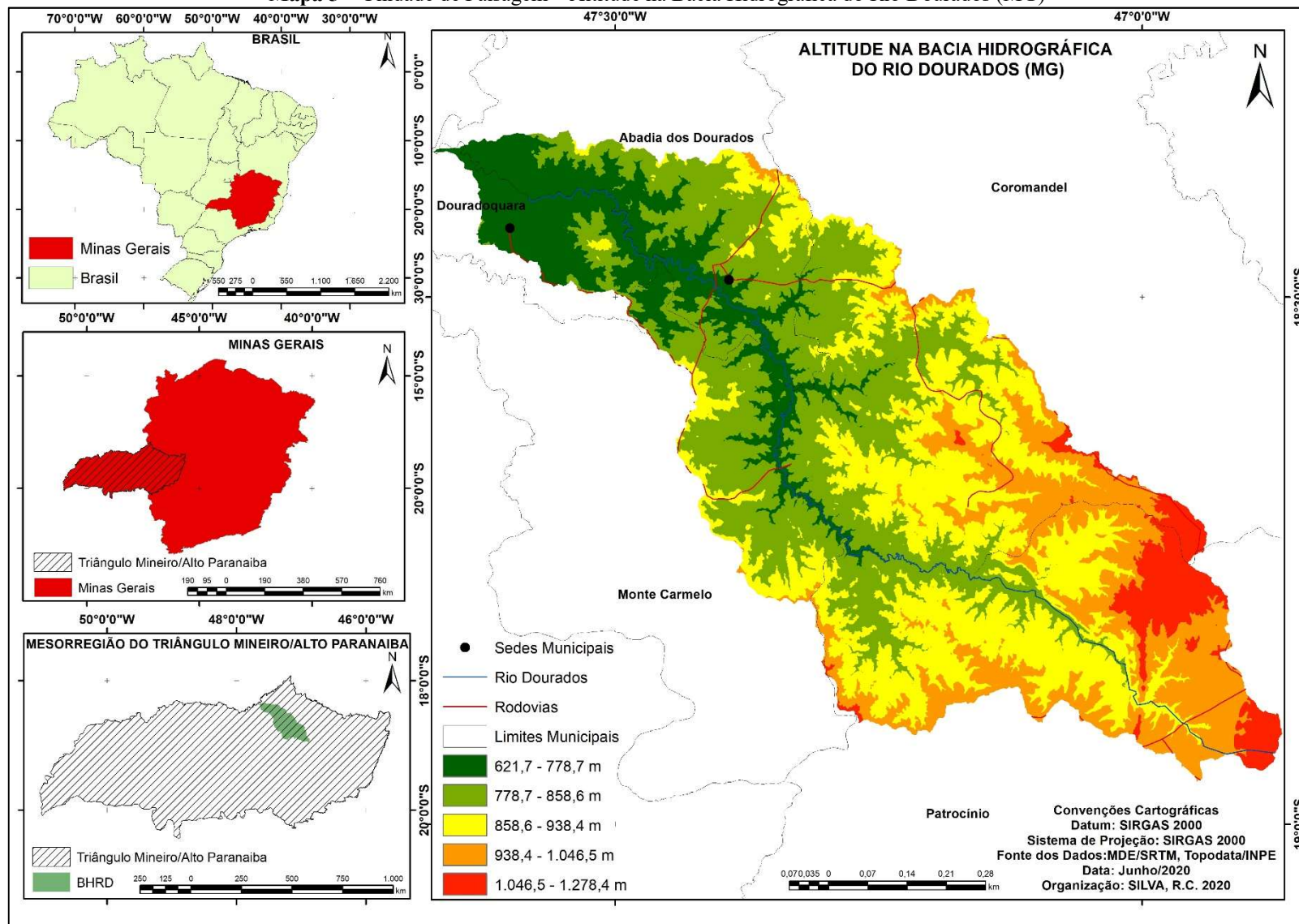
**Quadro 17** –Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Altitude

Risco de Incêndio	Área da BHRD
Baixo	228,77 km <sup>2</sup>
Médio	1457,53 km <sup>2</sup>
Elevado	722,03 km <sup>2</sup>

Organização: SILVA, R.C. (2020)

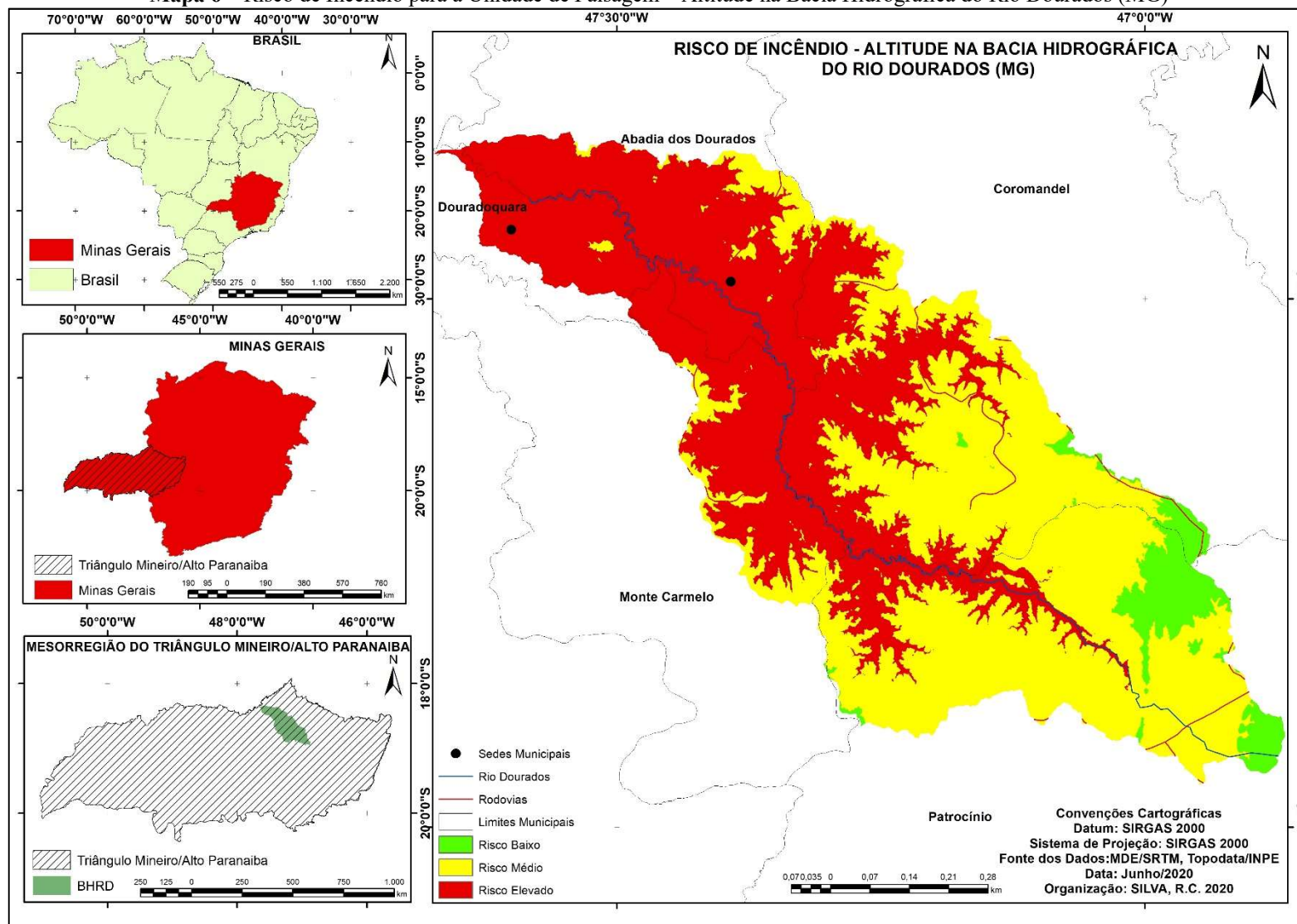


**Mapa 5 – Unidade de Paisagem – Altitude na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

**Mapa 6 – Risco de Incêndio para a Unidade de Paisagem – Altitude na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)



O **Mapa 7** evidencia a Unidade de Paisagem Precipitação, que obteve uma variação de 1373,2mm a 1433,2mm, apresentando pouca diversidade no acumulado anual das chuvas. As maiores concentrações se deram na parte sudoeste da bacia, e os menores valores na parte sudeste.

O **Mapa 8** explicita o risco de incêndio para a Unidade de Paisagem Precipitação que, após a reclassificação, apresentou que a parte sudoeste da área da BHRD possui risco baixo, com um total de 11,76% da área, já a parte central da área da bacia possui risco médio de ocorrer incêndio para essa Unidade de Paisagem, com um total de 51,84%. As partes oeste e nordeste da foz do Rio Dourados possuem risco elevado (36,4%), como é mostrado na **Quadro 18**.

**Quadro 18** - Porcentagem da Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Precipitação

Risco de Incêndio	Porcentagem da área da BHRD
Baixo	11,76%
Médio	51,84%
Elevado	36,4%

Organização: SILVA, R.C. (2020)

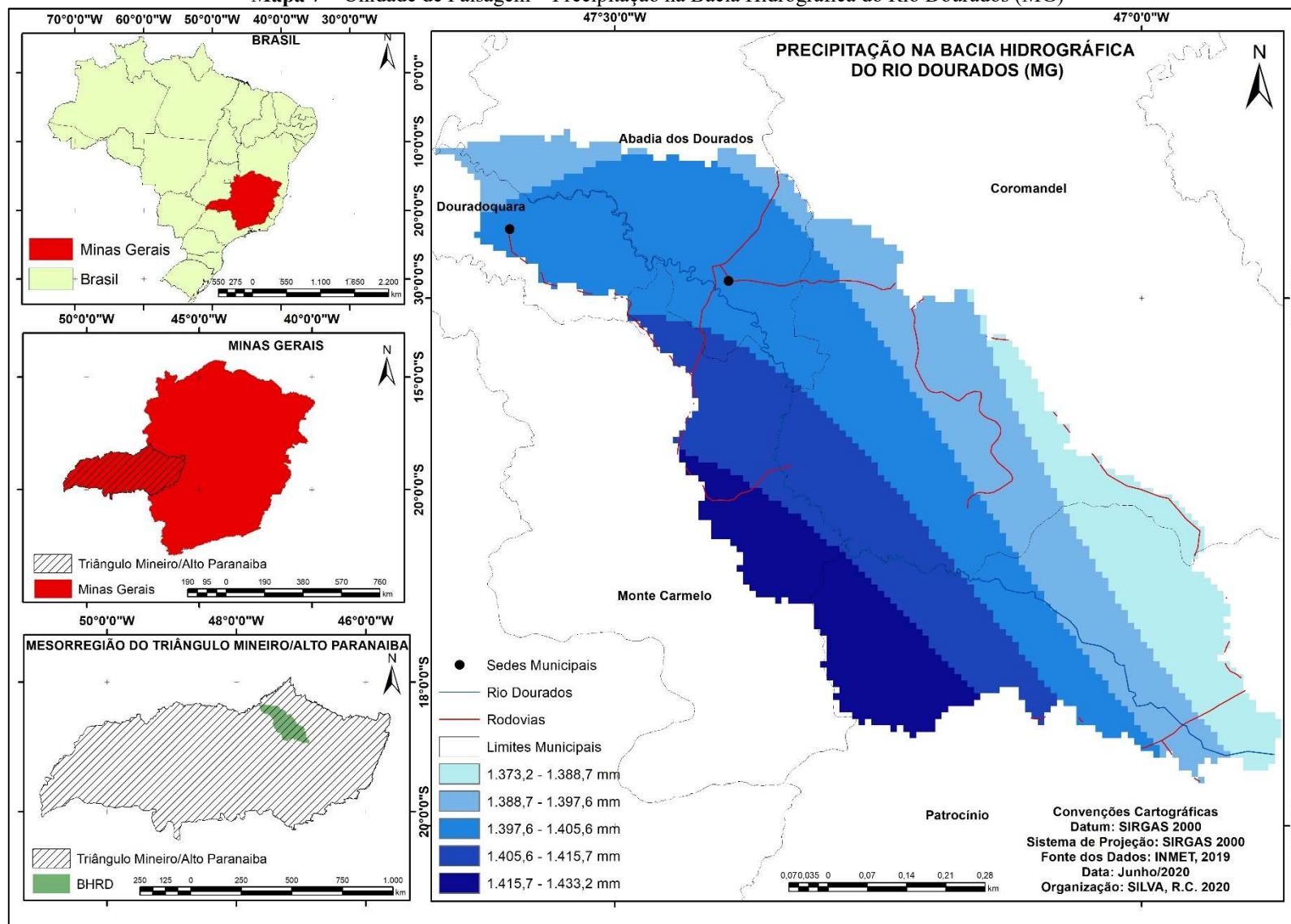
No **Quadro 19**, observa-se as áreas correspondentes a cada classe de risco mapeado em relação a Unidade de Paisagem Precipitação.

**Quadro 19** – Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Precipitação

Risco de Incêndio	Área da BHRD
Baixo	283,36 km <sup>2</sup>
Médio	1248,57 km <sup>2</sup>
Elevado	876,4 km <sup>2</sup>

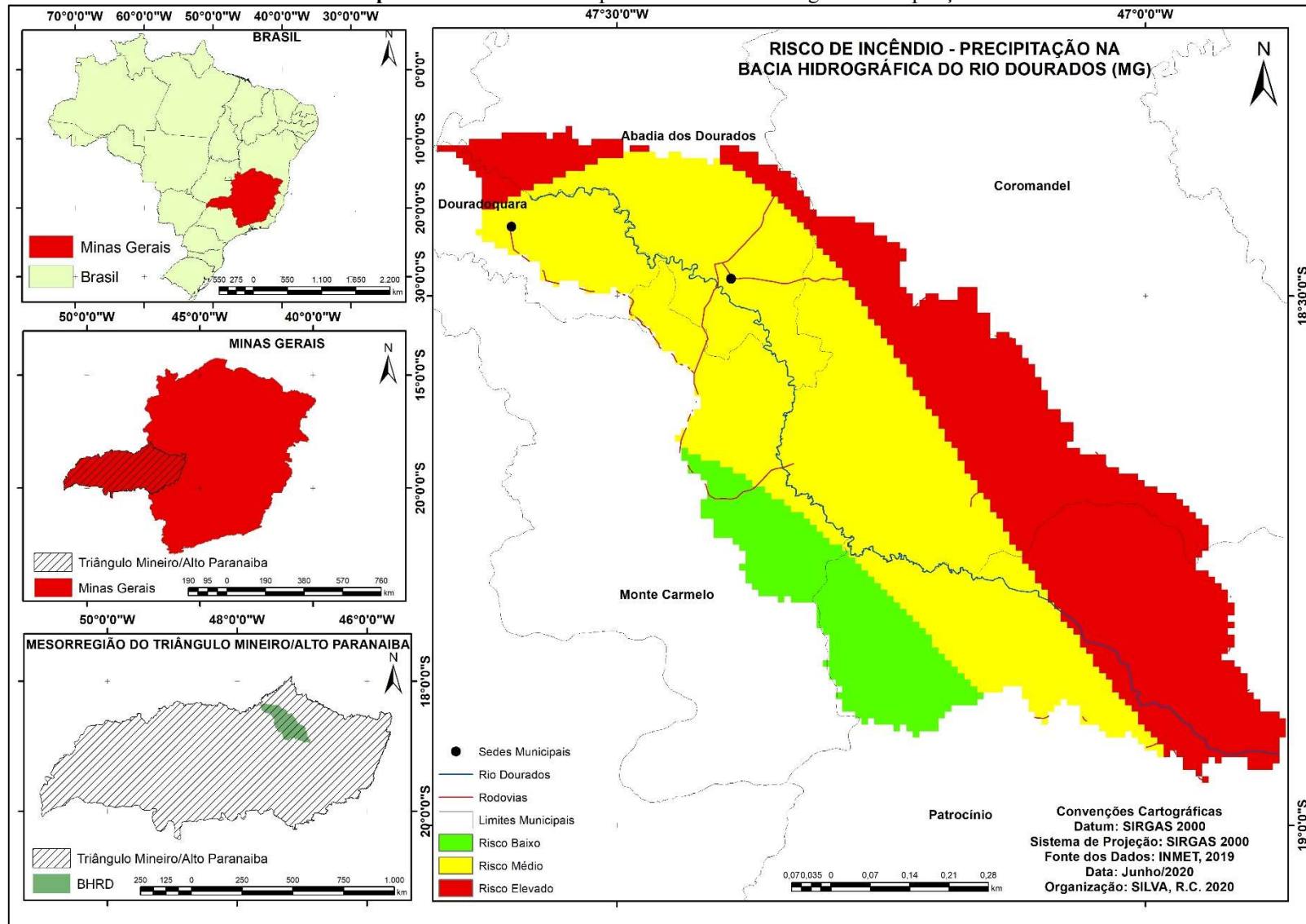
Organização: SILVA, R.C. (2020)

**Mapa 7 – Unidade de Paisagem – Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

**Mapa 8 – Risco de Incêndio para a Unidade de Paisagem – Precipitação**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

O **Mapa 9** evidencia a Unidade de Paisagem Temperatura, que variou de 21,8°C a 23,4°C, apresentando uma pequena variação na temperatura, em que os menores valores estão na parte leste da área da bacia, os maiores valores na parte oeste e os valores intermediários de temperatura na parte central da área.

O risco de incêndio para a Unidade de Paisagem Temperatura, é demonstrado no **Mapa 10**, o qual, após a reclassificação, apresenta que a parte leste da BHRD possui risco baixo, com um total de 44,58% da área, a parte central da área da bacia, risco médio, com um total de 43%, e a parte oeste da bacia em direção a foz do Rio Dourados apresenta risco elevado de ocorrer incêndio, com um total de 12,42%, explicitado no **Quadro 20**.

**Quadro 20** - Porcentagem da Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Temperatura

<b>Risco de Incêndio</b>	<b>Porcentagem da área da BHRD</b>
Baixo	44,58%
Médio	43%
Elevado	12,42%

**Organização:** SILVA, R.C. (2020)

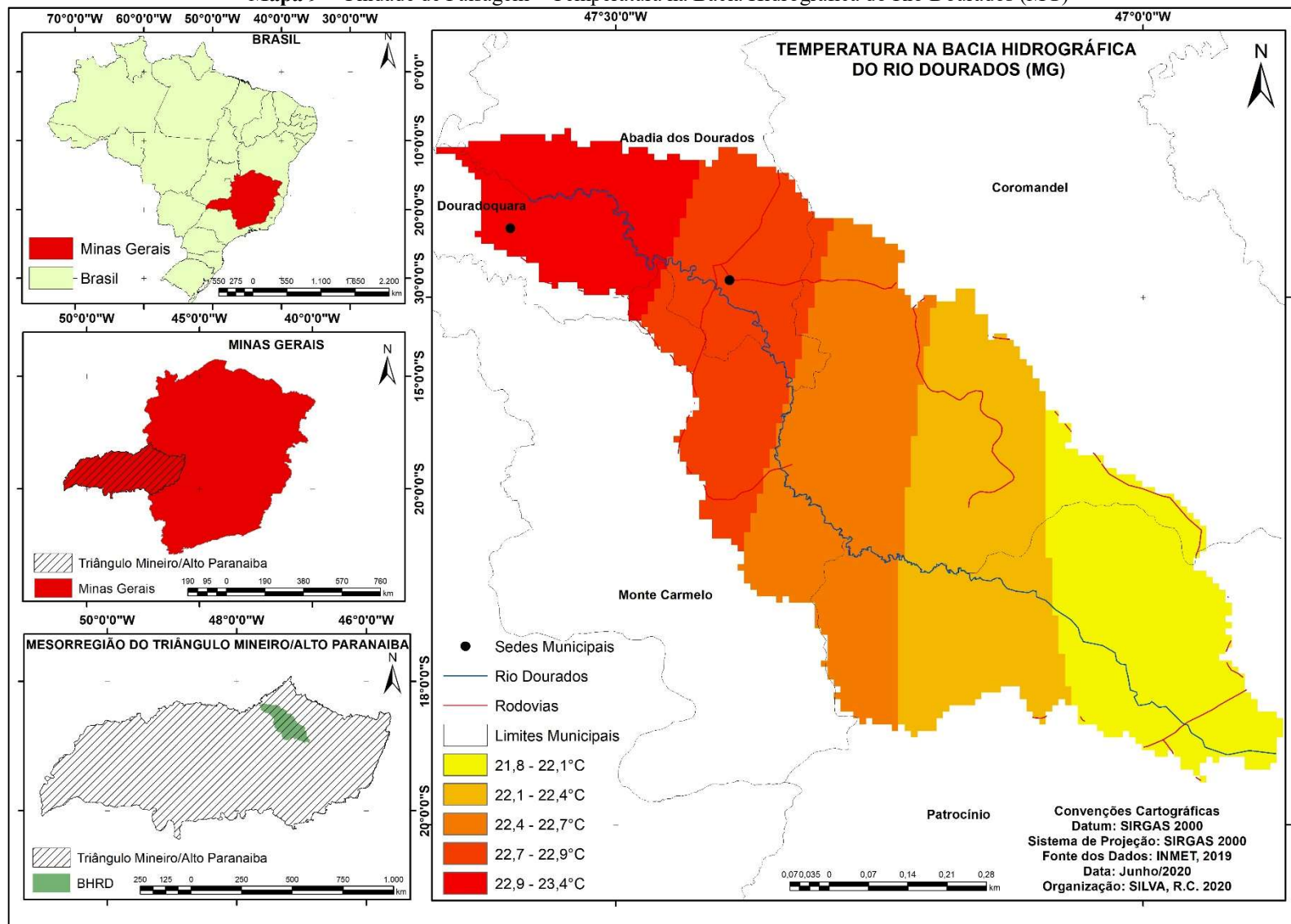
O **Quadro 21** contém áreas correspondentes às classes de risco mapeado em relação a Unidade de Paisagem Temperatura.

**Quadro 21** –Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Temperatura

<b>Risco de Incêndio</b>	<b>Área da BHRD</b>
Baixo	1073,63 km <sup>2</sup>
Médio	1035,82 km <sup>2</sup>
Elevado	298,88 km <sup>2</sup>

**Organização:** SILVA, R.C. (2020)

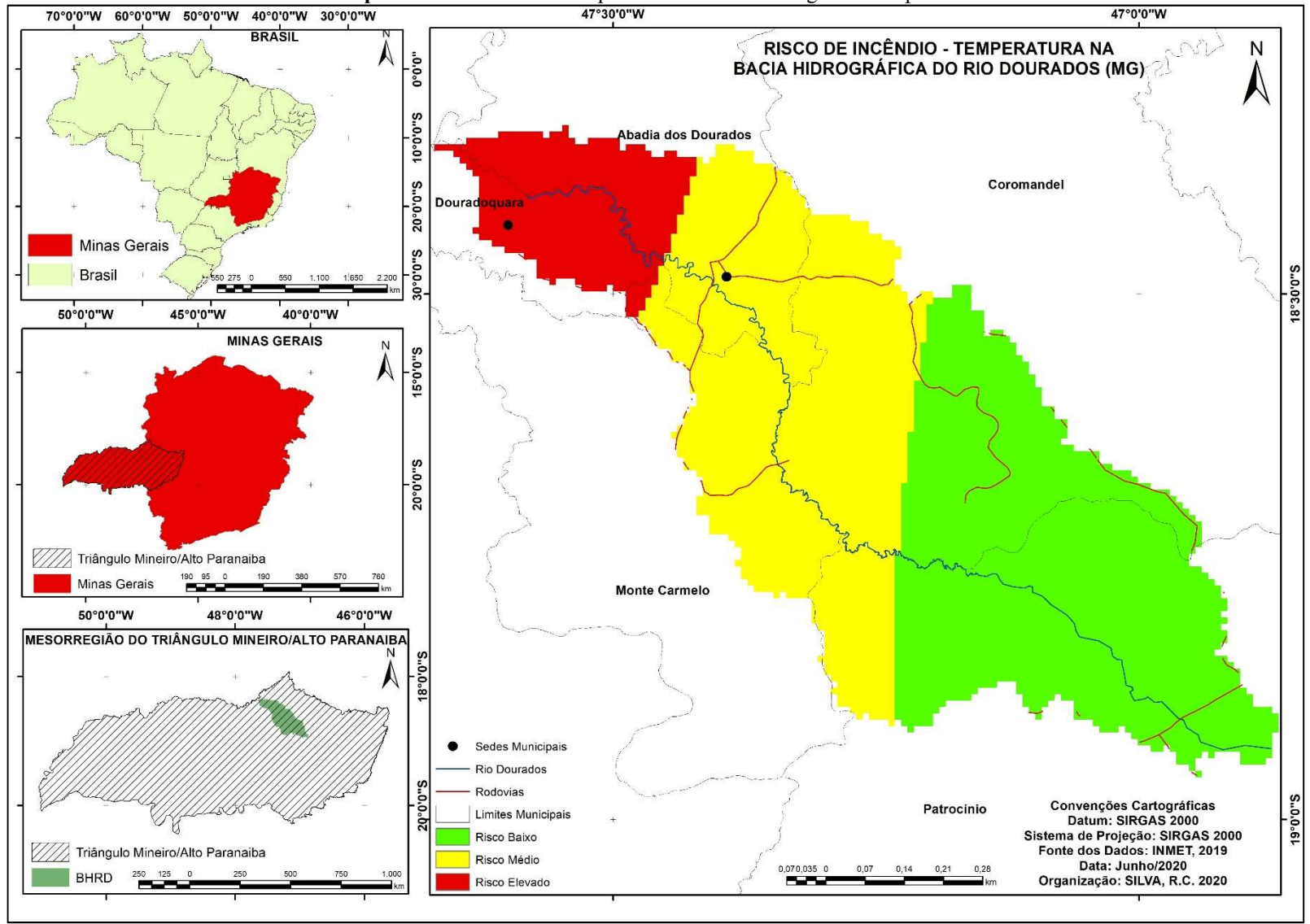
**Mapa 9** – Unidade de Paisagem – Temperatura na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)



Organização: SILVA, R.C. (2020)



Mapa 10 – Risco de Incêndio para a Unidade de Paisagem – Temperatura



Organização: SILVA, R.C. (2020)

O **Mapa 11** indica a Unidade de Paisagem Evapotranspiração, na qual ocorreu uma variação de 1073,9mm a 1207,3mm, percebendo-se que há pouca variação na taxa de evapotranspiração. Os menores valores estão concentrados na parte leste da área da bacia, e os maiores valores estão na parte oeste no sentido da foz da bacia.

O **Mapa 12** designa-se ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem Evapotranspiração, em que, após a reclassificação a parte leste da BHRD, apresentou risco baixo, com um total de 43,90% da área, na parte central da área da bacia possui risco médio, representando 43,32%, e na parte oeste da bacia possui risco elevado de ocorrer incêndio para essa Unidade de Paisagem, com um total de 12,78%, evidenciado no **Quadro 22**.

**Quadro 22** - Porcentagem da Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Evapotranspiração

Risco de Incêndio	Porcentagem da área da BHRD
Baixo	43,90%
Médio	43,32 %
Elevado	12,78%

**Organização:** SILVA, R.C. (2020)

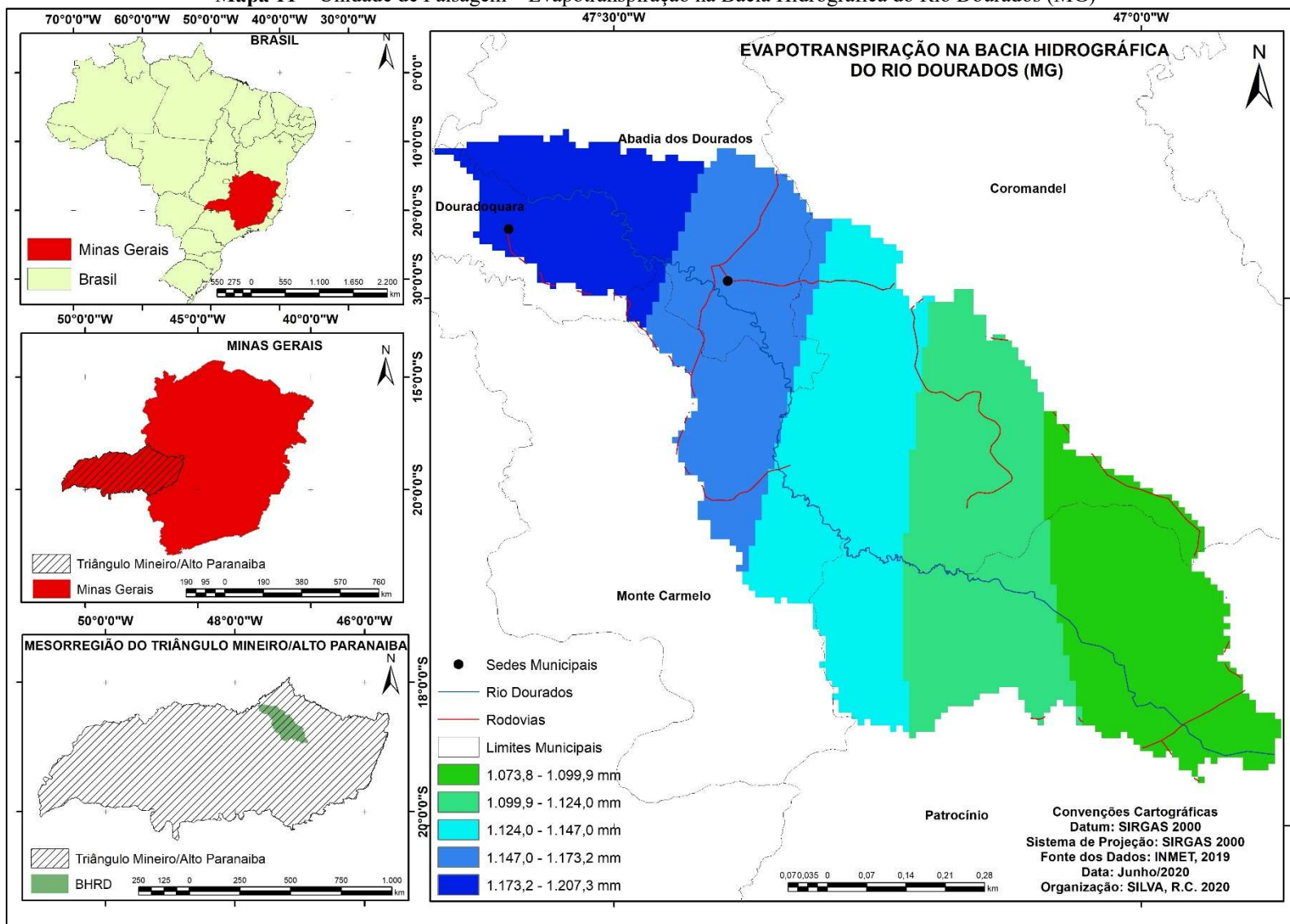
O **Quadro 23** apresenta as áreas correspondentes a cada classe de risco mapeado em relação a Unidade de Paisagem Evapotranspiração.

**Quadro 23** –Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Evapotranspiração

Risco de Incêndio	Área da BHRD
Baixo	1057,35 km <sup>2</sup>
Médio	1043,35 km <sup>2</sup>
Elevado	307,63 km <sup>2</sup>

**Organização:** SILVA, R.C. (2020)

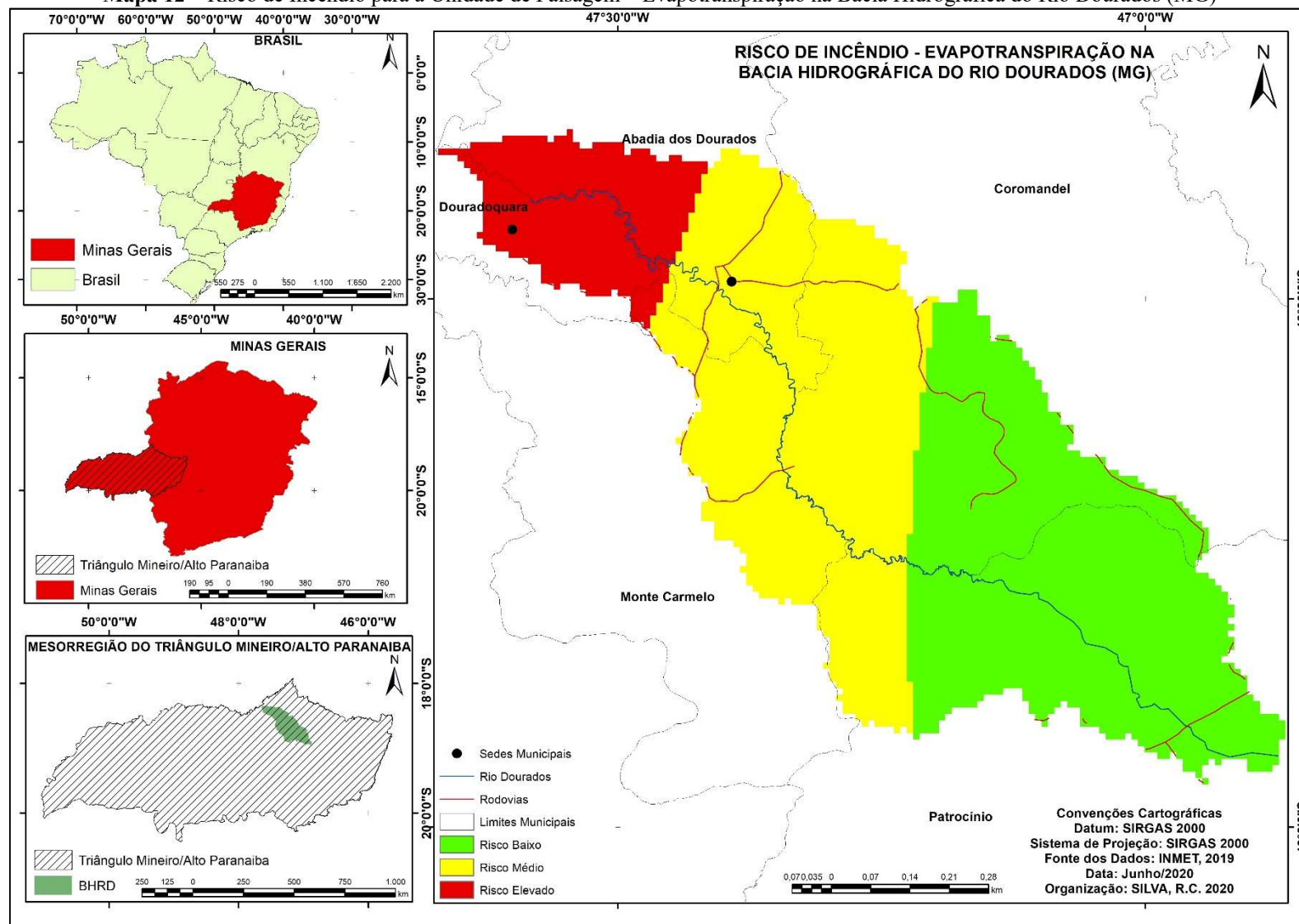
**Mapa 11** – Unidade de Paisagem – Evapotranspiração na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)



**Organização:** SILVA, R.C. (2020)



**Mapa 12 – Risco de Incêndio para a Unidade de Paisagem – Evapotranspiração na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

O **Mapa 13** demonstra a Unidade de Paisagem Uso e Cobertura da terra para a BHRD. A classe de uso predominante na BHRD é a Vegetação Nativa, seguida pelas Pastagens e, por último, a classe de Água, como pode ser visto no **Quadro 24**.

**Quadro 24** – Área em km<sup>2</sup> da BHRD para a Unidade de Paisagem – Uso e Cobertura da terra

Classes	Área da BHRD
Água	32,6 km <sup>2</sup>
Silvicultura	336,70 km <sup>2</sup>
Vegetação Nativa	927 km <sup>2</sup>
Culturas Anuais	444,9 km <sup>2</sup>
Pastagens	509 km <sup>2</sup>
Solo Exposto	158,13 km <sup>2</sup>

Organização: SILVA, R.C. (2020)

Na BHRD, a classe correspondente à Água possui uma área de 32,6km<sup>2</sup> ou 1,36%, caracterizando o Rio Dourados e seus afluentes, que se deve a resolução espacial da imagem de apenas 15m, impedindo de localizar outros pequenos represamentos.

A classe de Silvicultura possui 336,70km<sup>2</sup> de área, o que corresponde a 13,98%, sendo principalmente áreas plantadas com a espécie eucalipto. A Vegetação Nativa ocupa uma área de 927km<sup>2</sup>, correspondendo a 38,49% da área total da bacia, distribuído por toda extensão da BHRD.

As Culturas Anuais, que na área da bacia são caracterizadas principalmente pela cultura da soja, tendo rotação com a cultura do milho, correspondem a 444,9km<sup>2</sup> ou 18,48% da área total, localizadas nas áreas próximas a nascente do Rio Dourados, já no município de Patrocínio.

A classe de Pastagens é bem distribuída por toda a área da bacia, ocupando uma área de 509km<sup>2</sup>, ou seja, 21,13% de toda a área. Por fim, a classe de Solo Exposto corresponde a 158,13km<sup>2</sup>, 6,56% da área total da bacia. Esse Solo Exposto é advindo da degradação extrema de algumas pastagens oriundas da prática de criação de bovinos e, também, devido ao solo fraco dessas áreas, provocando erosões e deixando o solo totalmente desprotegido. Se localizam com maior destaque no município de Douradoquara, Abadia dos Dourados e, em menor quantidade, no município de Monte Carmelo (MG).

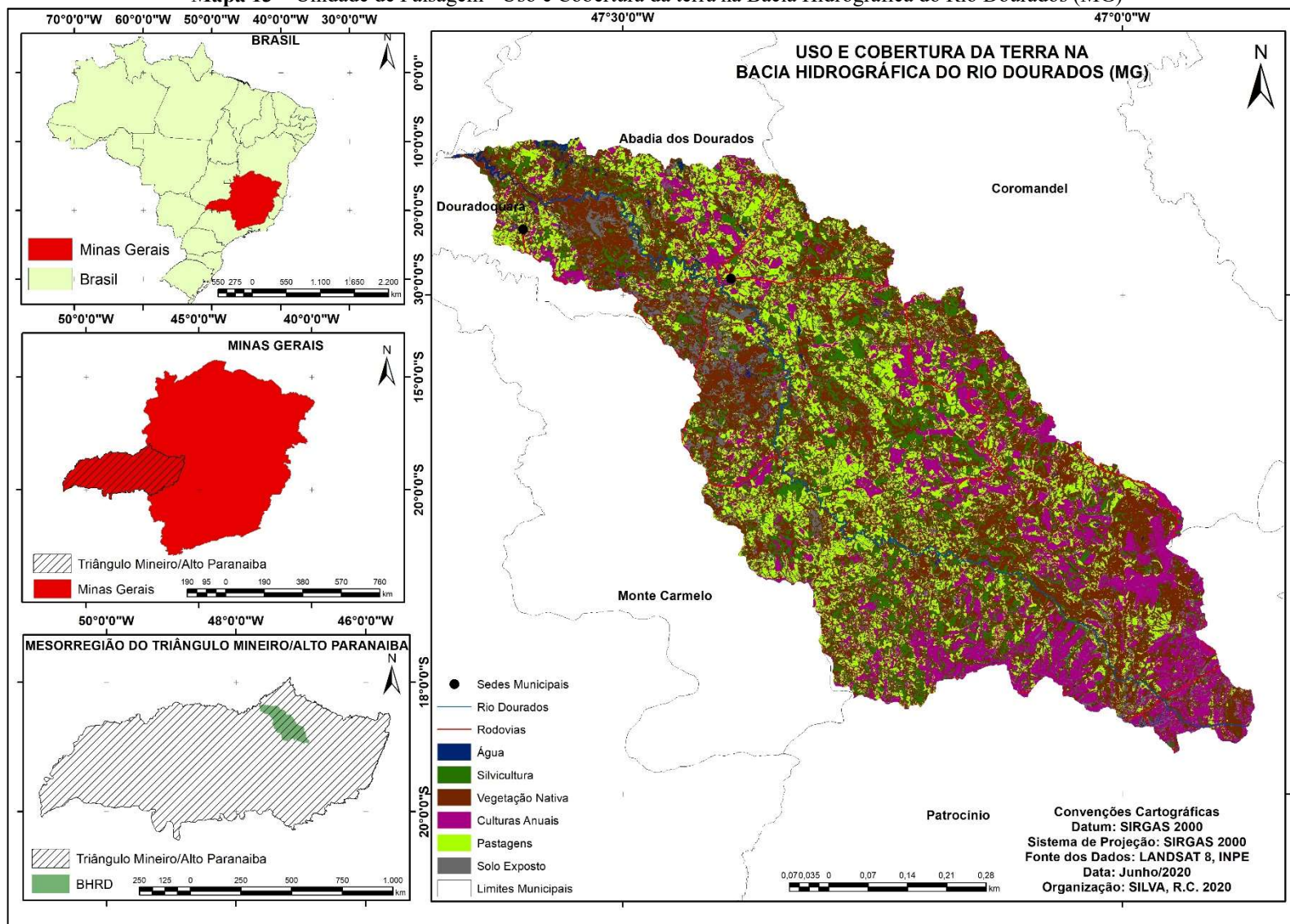
O **Mapa 14** demonstra o risco de incêndio para a Unidade de Paisagem Uso e Cobertura da terra, em que o risco baixo de incidência de incêndio tem uma porcentagem de 6,76%. Para o risco médio de incidência de incêndios vegetacionais, tem-se 17,47% da área. E, para o risco elevado, representa 75,77% da área, como pode ser visto no **Quadro 25**.

**Quadro 25** - Porcentagem da Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem – Uso e Cobertura da terra

<b>Risco de Incêndio</b>	<b>Porcentagem da área da BHRD</b>
Baixo	6,76%
Médio	17,47%
Elevado	75,77%

**Organização:** SILVA, R.C. (2020)

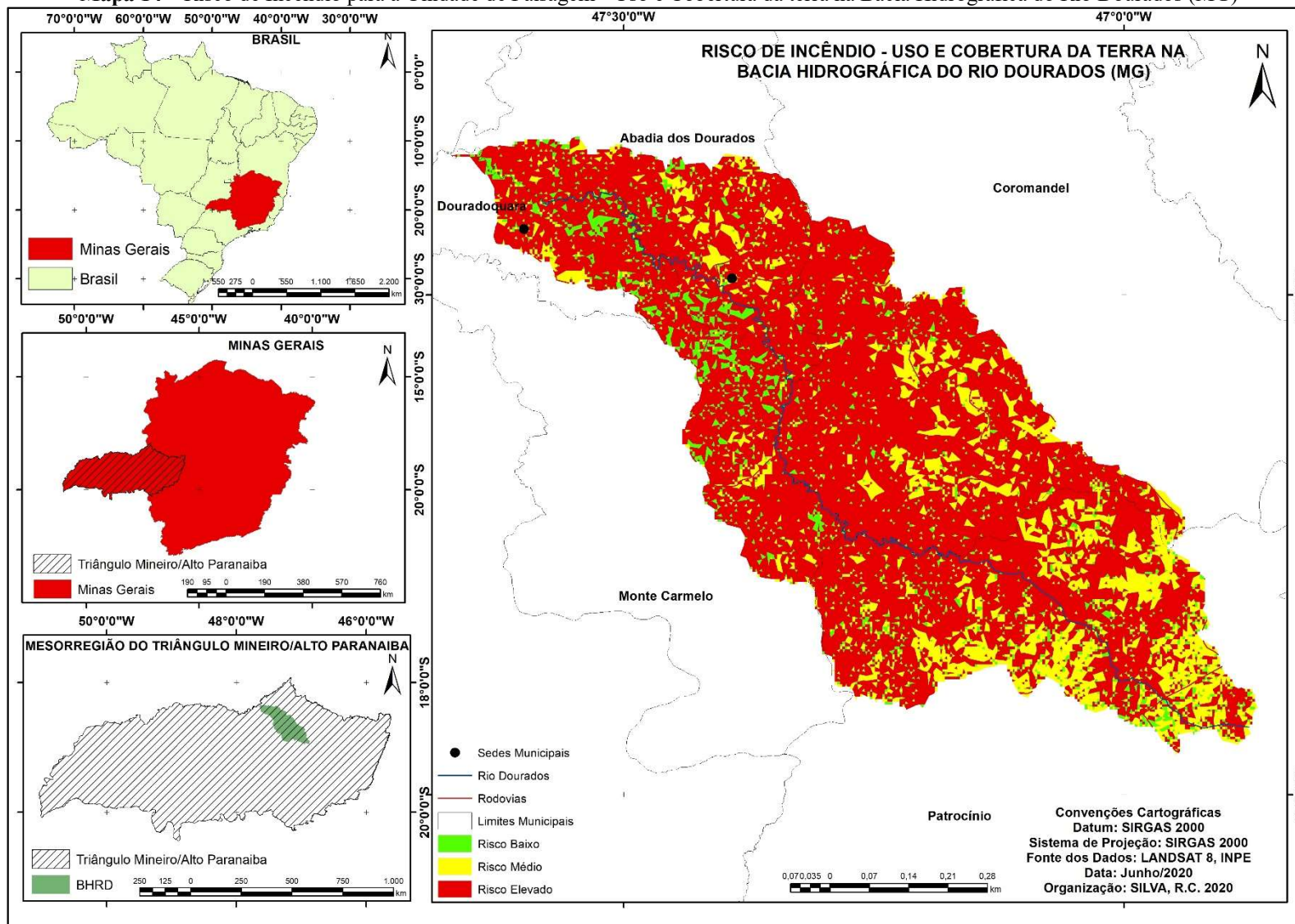
**Mapa 13 – Unidade de Paisagem - Uso e Cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)



**Mapa 14 – Risco de Incêndio para a Unidade de Paisagem - Uso e Cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

O **Mapa 15** expõe a Unidade de Paisagem Distância das Rodovias, e foi confeccionado utilizando o *shapefile* de rodovias do Estado de Minas Gerais obtido no site do DNIT; foram gerados múltiplos *buffers* com distâncias de 1000m, 2000m e faixas maiores que 2000m de distância das rodovias.

As rodovias que cortam a área da BHRD são as rodovias federais BR 352, que liga a cidade de Abadia dos Dourados ao Estado de Goiás, e a BR 365, que corta a área da bacia na parte da nascente do Rio Dourados no município de Patrocínio. Na área da bacia, tem-se também rodovias estaduais, sendo a MG 188 e a MG 190.

O **Mapa 16** indica a reclassificação. Pode-se ver que distâncias de 1000m da rodovia possuem risco elevado de inicialização do incêndio. Faixas de 2000m possuem risco médio e faixas com distâncias maiores que 2000m possuem risco baixo de inicialização do incêndio vegetacional.

As porcentagens das áreas correspondentes para cada classe mapeada em relação ao risco de incêndio estão apresentadas no **Quadro 26** e as respectivas áreas estão demonstradas no **Quadro 27**.

**Quadro 26** - Porcentagem da Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem - Distância das Rodovias

Risco de Incêndio	Porcentagem da área da BHRD
Baixo	76,2%
Médio	11,9%
Elevado	11,9%

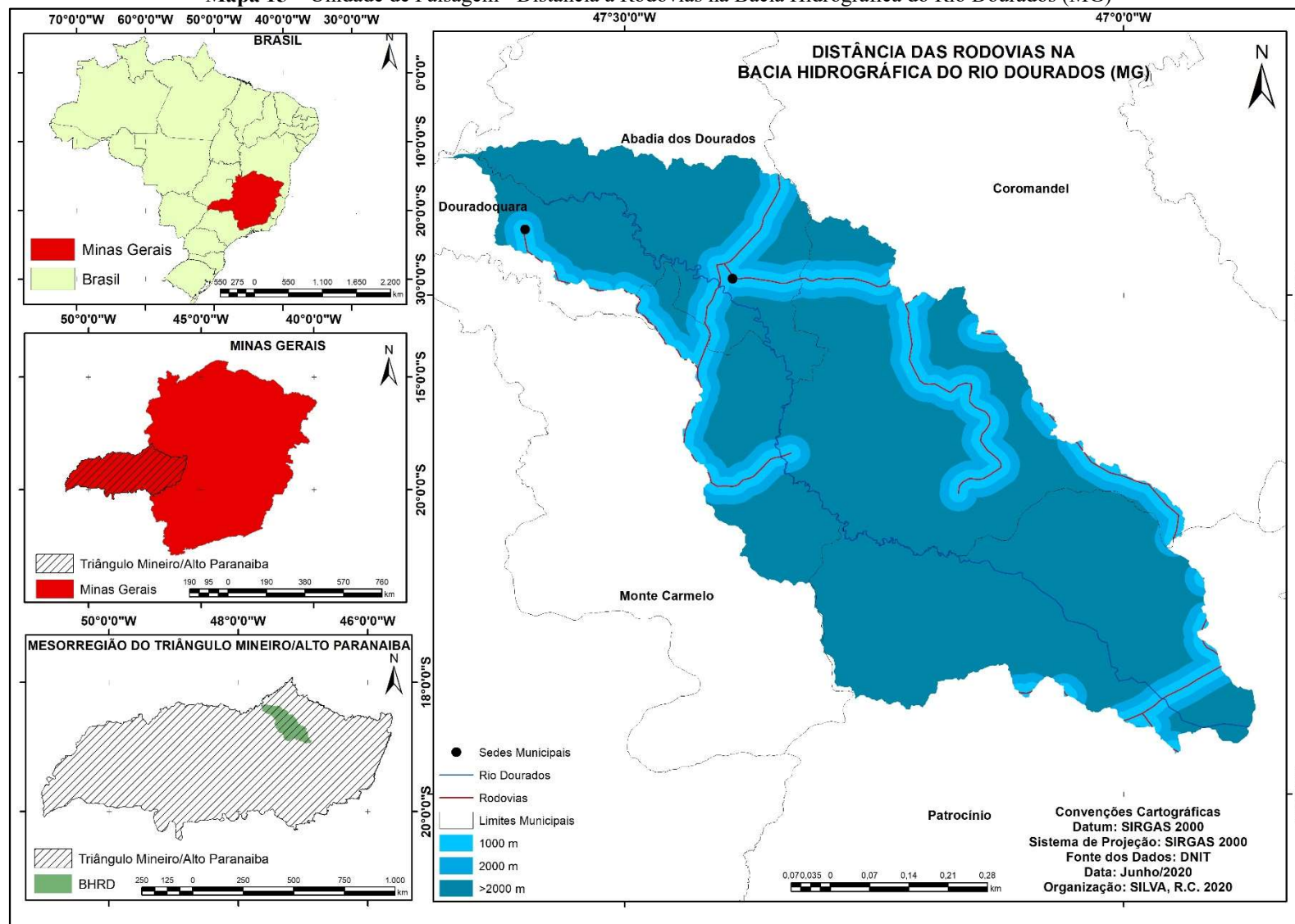
Organização: SILVA, R.C. (2020)

**Quadro 27** –Área da BHRD em relação ao risco de incêndio para a Unidade de Paisagem - Distância das Rodovias

Risco de Incêndio	Área da BHRD
Baixo	1836,83 km <sup>2</sup>
Médio	286,25 km <sup>2</sup>
Elevado	285,25 km <sup>2</sup>

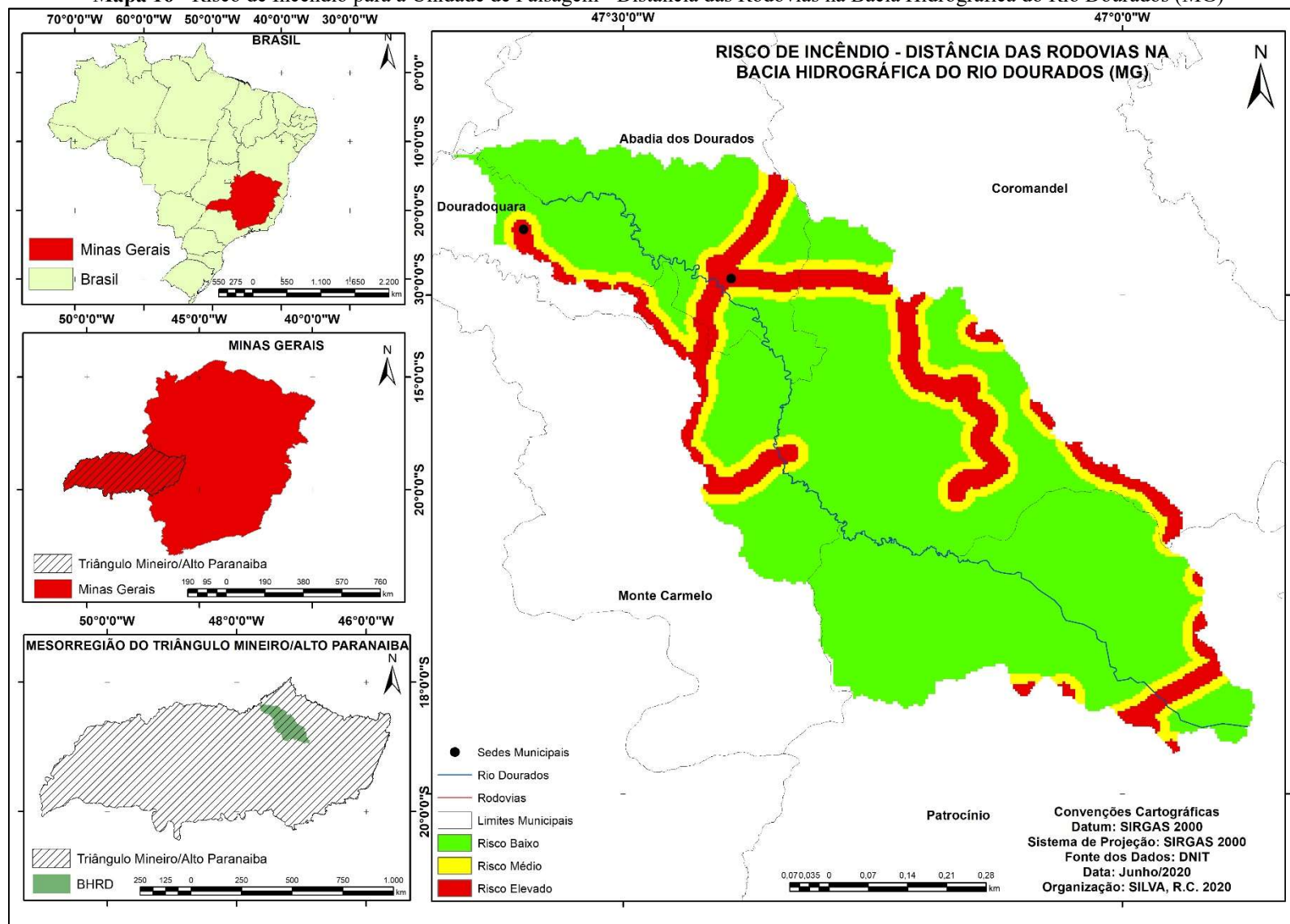
Organização: SILVA, R.C. (2020)

**Mapa 15 – Unidade de Paisagem - Distância a Rodovias na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)

**Mapa 16 - Risco de Incêndio para a Unidade de Paisagem - Distância das Rodovias na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)**



Organização: SILVA, R.C. (2020)



Após o cruzamento de todas as Unidades de Paisagem, se obteve o Mapa Final com as áreas de risco de incêndio para a BHRD, que é exibido no **Mapa 17**.

A classe de risco baixo possui uma área de 68,9km<sup>2</sup>, a classe correspondente ao risco médio, uma área de 2.274,76km<sup>2</sup>, e a classe de risco elevado, uma área de 64,67km<sup>2</sup>. Ou seja, a BHRD possui como classe predominante a classe de risco médio a incêndios vegetacionais. A porcentagem para cada classe de risco está a seguir, no **Quadro 28**.

**Quadro 28** - Porcentagem da Área da BHRD em relação ao Risco de Incêndio.

<b>Risco de Incêndio</b>	<b>Porcentagem da área da BHRD</b>
Baixo	2,86%
Médio	94,45%
Elevado	2,69%

**Organização:** SILVA, R.C. (2020)

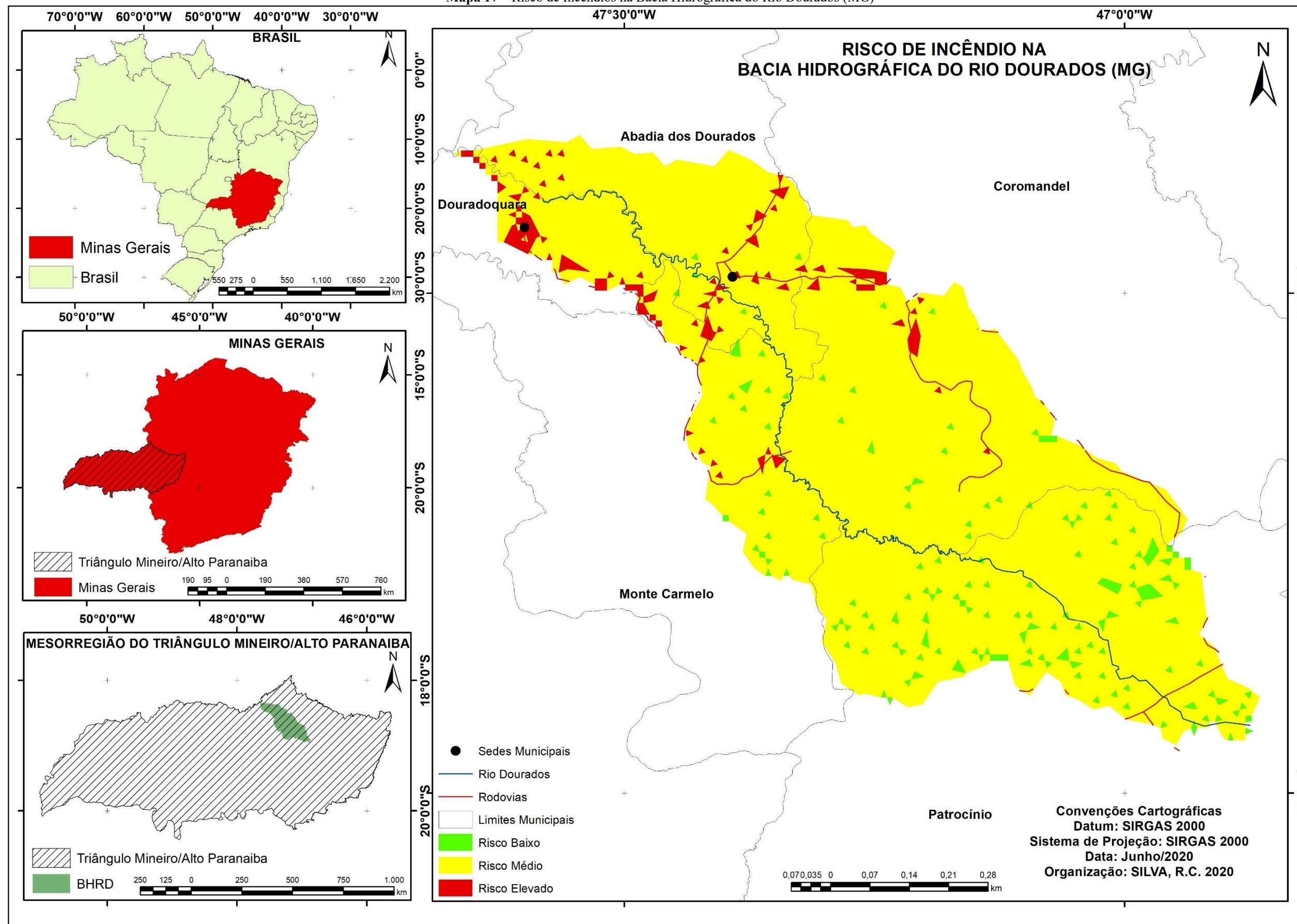
Com base no estudo realizado por Silva (2016), em que realizou-se o mesmo procedimento proposto por Santos, Louzada e Eugênio (2010) para a BHRD, utilizando como variáveis para o mapeamento de risco o NDVI, a proximidade de rodovias, declividade, precipitação, temperatura, orientação de vertentes e altitude, obteve-se os seguintes resultados: a classe de Risco Baixo teve uma porcentagem de 14%, Risco Médio de 85,12% e risco elevado apenas 0,88%. Percebe-se, portanto, que não houve muitas alterações.

O atual estudo apresenta uma mudança que não é tão significativa em relação a porcentagem para cada classe de risco, ao passo que o risco baixo teve uma diminuição, caindo para 2,86%; o risco médio, que continua sendo a classe predominante, teve sua porcentagem elevada, alcançando 94,45%. A classe de risco elevado também teve aumento, sendo este de 2,69%.

Dessa forma, ainda que haja a mudança de uma variável, trocando o NDVI pelo mapeamento de uso da terra e aumentando mais uma variável, sendo a evapotranspiração, a classe predominante de risco de incêndio na BHRD, continua sendo a de Risco Médio.

Portanto, mesmo a área da bacia não possuindo um risco elevado de incidência de incêndios vegetacionais, ela continua sofrendo com constantes queimadas. Assim, é possível afirmar que a maioria dessas queimadas é de origem criminosa, causando uma série de prejuízos para todos que dependem dela.

Mapa 17 – Risco de Incêndios na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)



Organização: SILVA, R.C. (2020)

Em relação aos impactos ambientais, foram identificados impactos na vegetação, por meio do mapeamento das Cicatrizes de Queimadas, obtido pelo software *ArcGis*, por uma diferença de bandas. Porém, esse tipo de mapeamento não se mostrou eficaz para a região da BHRD, devido a configuração natural que a região possui, como se pode observar no **Mapa 18**.

Nesse mapeamento, boa parte da área da bacia apresenta locais que foram queimados pelo fogo, ainda que não sejam. As áreas mostradas no mapa em tons de preto (*pixels* negativos) levam a inferir que há uma faixa extensão de queimada. Esse fato acontece devido a configuração natural que a bacia possui.

Essa configuração pode ser observada nas **Fotos 9 e 10**, sendo possível visualizar que além da vegetação típica de Campo Sujo, ou seja, capim natural, há também exposição do solo e de várias rochas, típicas dessa região. Estas fazem com que haja uma confusão na reflectância desses materiais para o sensor, ocasionando em erro, ou seja, o sensor capta erroneamente essas áreas que, após o tratamento da imagem, são classificadas como se fossem áreas queimadas, mas na realidade não são.

**Foto 9** – Configuração da vegetação, solos e rochas, encontradas na área da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)



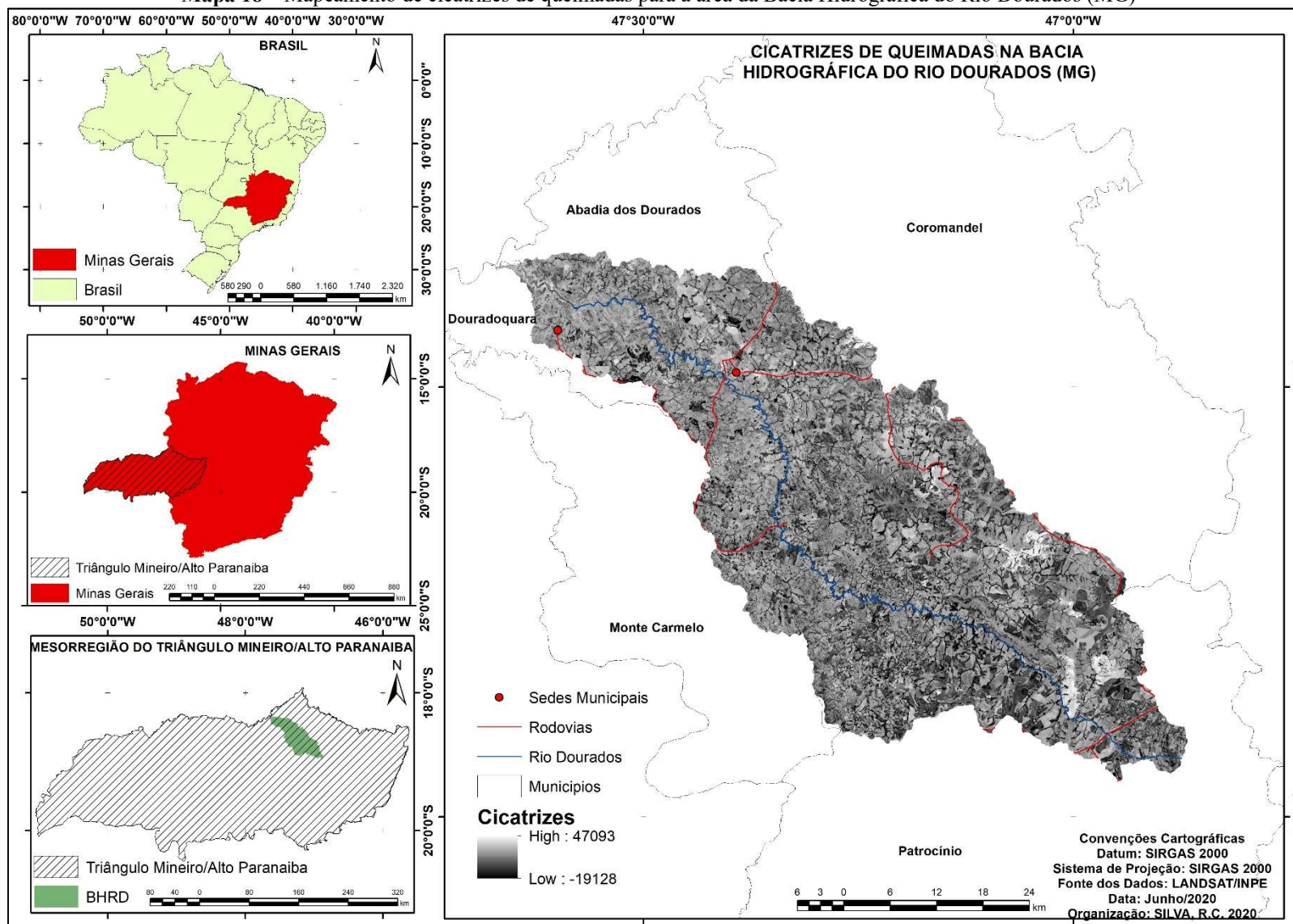
**Foto 10** – Outro exemplo da configuração de vegetação, solos e rochas encontrada na área da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)

Para a região da BHRD, esse tipo de mapeamento não é eficaz, havendo grande confusão espectral, que não condiz com a realidade. Uma solução viável seria a medição em campo dessas áreas, por meio de algum aparelho específico para esse fim.

**Mapa 18** – Mapeamento de cicatrizes de queimadas para a área da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)



Organização: SILVA, R.C. (2020)



Os demais impactos observados apresentaram-se no trabalho de campo, onde foram obtidas algumas fotos. O impacto observado sobre a fauna foi o fato de que os incêndios vegetacionais matam alguns animais, que não conseguem fugir. Não foi possível fazer uma visita *in loco* na hora de um incêndio, dessa forma não é possível a apresentação de uma foto que o demonstre, mas esse fato é extremamente prejudicial à fauna presente na área da bacia.

Em relação às propriedades rurais, independente do porte, foi observado que o incêndio vegetacional, além de destruir a vegetação, destrói cercas e até mesmo residências. Nesse período, na Bacia, não foi possível observar esse fato, pois não houve um grande incêndio que chegasse a prejudicar as propriedades rurais.

No que tange os impactos, notou-se que o solo sofreu modificações após a passagem do fogo. O solo fica descoberto e/ou exposto em função da perda de vegetação, tornando-o susceptível a compactação e a erosão. Na **Foto 11**, é possível observar uma grande erosão encontrada na área da bacia, não se sabe a principal causa, mas há indícios de que não foi somente um incêndio vegetacional.

**Foto 11** – Erosão do solo encontrada na área da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)



**Autora:** SILVA, R.C. (2019)

Por trás dessas erosões há uma série de outros fatores, como o tipo de solo e as chuvas, que prejudicam por meio do escoamento superficial, provocando, assim, essas erosões. É

possível observar na **Foto 11** que, no centro da imagem, há o começo de uma nova erosão, que acontece devido ao escoamento da água.

Em relação ao Rio Dourados, como o solo ficou exposto devido aos incêndios, a chuva trouxe o escoamento superficial, carregando sedimentos para dentro do rio, que sofre um grande assoreamento ao longo dos anos – mas essa não é a única causa do assoreamento.

O Rio Dourados possuía um alto potencial para a extração de diamantes e, ao longo dos anos, essa prática foi muito intensa, provocando o assoreamento do rio. Atualmente, essa prática não é mais utilizada, ainda que tenha afetado o nível de água do rio. Hoje, acontece a extração de areia, que também é prejudicial – somente perto da cidade de Abadia dos Dourados (MG) se encontra ao menos dois locais onde são feitas extrações de areia.

Nota-se que a BHRD tem de médio a elevado potencial para a ocorrência de incêndios vegetacionais, incêndios esses que acontecem de forma criminosa, prejudicando todos que moram e dependem diretamente do local, bem como aqueles que dependem indiretamente.

A área da bacia possui potencial de médio a elevado risco para a incidência de incêndios vegetacionais, e apresenta uma configuração essencial para a propagação do fogo, seja por meio da vegetação nativa, o Cerrado, que possui um alto potencial para propagar o fogo, seja pela modificação do homem na natureza com a inserção das culturas anuais e pela transformação da vegetação nativa em pastagens para a agropecuária, como pode ser vista na **Foto 12**.

**Foto 12** – Amostra dos três principais usos da terra na área da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG)



**Autora:** SILVA, R.C. (2020)

Ao fundo da **Foto 12**, é possível observar a presença das pastagens. No meio da imagem, ao lado esquerdo, as culturas anuais. No plano principal, se encontra a vegetação nativa, por meio do Campo Sujo.

Através deste estudo, observou-se que a área da bacia possui um médio risco para a incidência de incêndios vegetacionais, e um maior risco para a propagação do fogo. A área da bacia também sofre com alguns impactos ambientais, não diretamente provocados pelo fogo, mas por outra série de fatores, como os variados tipos de solo e a chuva, que acarreta erosões.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O motivo inicial para a realização deste trabalho foi por conhecer a região da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG), ao observar que a mesma sofre constantes incêndios vegetacionais, instigada a entender o porquê de tantos incêndios e se esses são naturais ou se são ocasionados de maneira antrópica. Por meio do Mapeamento de Risco de Incêndio, foi possível constatar que, na área da BHRD, as causas dos incêndios são em maioria causados pelo homem.

A área da bacia não possui risco elevado de incidência de incêndios, mas apresenta possíveis características físicas que auxiliam muito na propagação do fogo, assim sendo, uma das formas de amenizar esses focos de incêndio seria a conscientização da população humana para que não iniciem esses incêndios, uma vez que seria muito difícil de controlar os focos devido a facilidade que a área da bacia apresenta em propagar o fogo.

Dessa forma, este trabalho se faz importante para toda a sociedade humana, para que esta saiba que se continuar havendo incidência de incêndios vegetacionais na BHRD, todas as populações que dependem direta ou indiretamente dela sofrerão com os respectivos prejuízos.

Para a realização desta pesquisa, primeiramente fez-se uma descrição da localização da área da BHRD, mostrando que ela está localizada na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, expondo também algumas de suas atividades socioeconômicas principais. Foi feita uma descrição das características físicas, entre elas a Vegetação, Geologia, os Solos, Clima e a utilização da Paisagem, como categoria geográfica para analisar todas as variáveis usadas no Mapeamento de Risco, além dos impactos ambientais decorrentes.

Em relação à vegetação, a área da bacia predomina o Bioma Cerrado, com a vegetação do Cerrado Sentido Restrito e do Campo Sujo, sendo as mais expressivas na área. Já a Geologia mostrou-se bastante diversificada, possuindo numerosas formações, ocasionando uma diversidade de rochas encontradas na região, e conseqüentemente diversas classes de solos.

Os solos também se mostraram muito variados, sendo encontrados dos tipos Cambissolos, Latossolos e Neossolos. Os aspectos do clima descritos, foram classificados como clima Tropical Quente-Subúmido (Aw), com duas estações bem definidas: uma seca e outra chuvosa.

A precipitação na região teve valores anuais em torno de 1400 mm e 1600 mm, com o ápice em 2011 com um acumulado de 1800 mm. Já a temperatura não teve grande variação, encontrando valores em torno de 23°C, sendo o maior valor médio, no ano de 2008, com

temperatura chegando aos 24°C. Em relação às Unidades de Paisagem, foram descritas as utilizadas no Mapeamento de Risco.

O mapeamento de Risco de Incêndio Vegetacional da BHRD foi feito a partir da utilização de oito Unidades de Paisagem, a saber: Declividade, Orientação de Vertentes, Altitude, Precipitação, Temperatura, Evapotranspiração, Uso e Cobertura da terra e Distância das Rodovias. Para cada uma dessas Unidades foi feito o mapa base e a reclassificação para o Risco de Incêndio que cada uma proporciona e, por fim, houve o cruzamento dessas unidades originando um Mapa Final que contém o Risco de Incêndio que a área da bacia está submetida. Para isso, foram utilizadas ferramentas de *softwares* de Geoprocessamento, e o principal *software* utilizado foi o *ArcGis*, versão acadêmica.

Cada uma das Unidades de Paisagem possui um Risco de Incêndio. A Declividade possui 57,73% da área com risco baixo de incidência de incêndio, o que corresponde a uma área de 1628,07km<sup>2</sup>. Já a classe de risco médio possui 40,31% com uma área de 732,9km<sup>2</sup> e a de risco elevado possui somente 1,96% ou 47,33km<sup>2</sup> de área.

A Unidade de Paisagem Orientação de Vertentes possui, como classe predominante, a de risco elevado, com 39,56% ou 988,07 km<sup>2</sup> de área. A classe de risco médio possui 27,99%, e uma área de 615,15km<sup>2</sup>, e a classe de risco baixo possui 32,45% da área da bacia, ou seja, 805,11km<sup>2</sup>.

Já a Altitude tem como classe predominante a de risco médio com 68,72%, ou seja, área de 1457,53km<sup>2</sup>, em seguida a classe de risco elevado, com 21,75% ou 722,03km<sup>2</sup> da área e, por fim, a de risco baixo, com apenas 9,53% e 228,77 km<sup>2</sup> de toda a área da bacia.

A Precipitação possui como classe predominante de Risco de Incêndio a classe de risco médio com 51,84%, uma área de 1248,57km<sup>2</sup>. Em seguida, a classe de risco elevado, com porcentagem de 36,4% ou 876,4km<sup>2</sup>, e a classe de risco baixo, representando 11,76% da área, 283,36km<sup>2</sup>.

A Temperatura possui uma área com risco baixo igual a 44,58%, em km<sup>2</sup> de 1073,63, sendo a classe predominante. Em seguida, tem-se a classe de risco médio, representando 43% da área, equivalente a 1035,82km<sup>2</sup> e, por fim, a classe de risco elevado, com uma porcentagem de 12,42% ou 298,88km<sup>2</sup>.

Já a Unidade de Paisagem Evapotranspiração foi reclassificada tendo como classe predominante a de risco baixo, porcentagem de 43,9%, sendo uma área de 1057,35km<sup>2</sup>. Em seguida, tem-se a classe de risco médio, representando 43,32% da área, ou seja, 1043,35km<sup>2</sup>. Já a classe de risco elevado possui 12,78% de toda a área, ou seja, 307,63km<sup>2</sup>.

A Unidade de Paisagem Uso e Cobertura da terra possui como classe predominante de Risco de Incêndio a classe de risco elevado, com uma porcentagem de 75,77%, mais da metade de toda a área da bacia. Em seguida, a classe de Risco Médio, com 17,47% e a classe de risco baixo, com apenas 6,76% de toda área.

A última Unidade de Paisagem utilizada - Distância à Rodovias, possui como classe predominante a de risco baixo, com 76,2% de toda a área, ou seja, 1836,83km<sup>2</sup>. Em seguida, tem-se a classe de risco médio e elevado com a mesma área, 286,25km<sup>2</sup> ou 11,9%.

O Mapa Final apresentou-se, após o cruzamento de todas as Unidades de Paisagem, com a classe predominante de risco médio, com uma porcentagem de 94,45% de área, ou seja, 2.274,76km<sup>2</sup>, a classe de risco baixo com 2,86% ou 68,9km<sup>2</sup> e a classe de risco elevado com 2,69%, 64,67 km<sup>2</sup>.

Mesmo a BHRD possuindo como classe predominante a de risco médio, a bacia sofre com constantes Incêndios Vegetacionais, em grandes proporções e em grande parte das vezes intencionais, ou seja, são provocados pelo ser humano. Por meio de alguns trabalhos de campo, foi possível observar que o início desses incêndios por vezes não é proposital, mas acidental. Foram encontradas diversas latas de refrigerante e cerveja jogadas que, com a exposição ao sol, é um fator que pode iniciar um incêndio.

Pode-se concluir, portanto, que a iniciação desses incêndios nem sempre é criminosa, mas também se apresenta de forma acidental. Dessa forma, a conscientização de toda a população se faz necessário, para que não joguem lixo. Esse tipo de conduta pode acarretar na indução do fogo, e é mais viável prevenir o incêndio do que o controlar.

Com a constante incidência de Incêndios, a bacia sofre com os impactos ambientais que são gerados, dentre os impactos que mais acontecem estão a perda de vegetação, erosão do solo, assoreamento do rio entre outros, como foi visto ao longo do trabalho, que afetam não só a bacia, mas a todos que dependem dela.

A perda de vegetação foi passível de ser identificada somente por meio do trabalho de campo, o tipo de mapeamento realizado não foi satisfatório, devido a configuração natural (de solo e vegetação) que a bacia apresenta, mas há esse tipo de impacto atuando na área da bacia. Além desse tipo de impacto, acontece também a perda de fauna, já que os animais acabam morrendo por não conseguirem fugir dos incêndios.

Em relação à erosão do solo, foi possível analisar que ela não ocorre somente a partir dos incêndios vegetacionais, mas também devido aos tipos de solos encontrados que são, por características próprias, fracos e rasos, provocando, assim, grandes erosões na área da bacia.

Outro impacto detectado foi em relação às propriedades rurais, que são afetadas sem a distinção de seus tamanhos, observando no trabalho de campo que houve queima, além da destruição vegetação, de cercas e até mesmo algumas benfeitorias.

Sobre o assoreamento do leito do rio, este sofre impacto não só dos incêndios vegetacionais, mas como foi descrito, da ação direta de garimpos, que atualmente estão parados devido a questões legais.

Portanto, os objetivos dessa dissertação foram realizados, já que se baseavam em mapear o Risco de Incêndio Vegetacional e identificar os impactos ambientais que ocorrem e/ou são gerados na área da bacia. Esses objetivos foram atingidos, ao identificar que o risco que a BHRD apresenta é risco médio para a ocorrência de Incêndios Vegetacionais, a área da bacia possui alta capacidade de propagação do fogo. Também foi possível identificar alguns impactos ambientais por meio do trabalho de campo, como a perda de vegetação, erosões do solo, assoreamento do rio, entre outros.

## REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N. Os Mecanismos da Desintegração das Paisagens Tropicais no Pleistoceno – efeitos paleoclimáticos do período Wurm-Wisconsin no Brasil. **Rev. Paleoclimas**, São Paulo, n.8, 1979.
- AB’SÁBER, A. N. Potencialidades Paisagísticas Brasileiras, **Rev. Paleoclimas**, São Paulo, n.55, 1977.
- ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à zona de convergência do atlântico sul. **Geonomos**, Belo Horizonte (MG), v. 6, n. 2, p.17-22, jul. 1998.
- ALMEIDA, T. M. *et al.* Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio das Pedrinhas - BA. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21, 2015, Brasília. **Anais**. Brasília: ABRH, 2015. p. 1 - 8.
- AMARAL, F. C. S. do; *et al.* **Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 97 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 63).
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **O COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA O QUE É E O QUE FAZ?** Brasília: Tda Brasil, 2011.
- ASSIS, F. R. V. de. Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios vegetacionais. 2013. 43 f. **Monografia** (Especialização) - Curso de Engenharia Vegetacional, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2013.
- BARBOSA, L. G.; GONÇALVES, D. L. A paisagem em geografia: diferentes escolas e abordagens. **Élisée, Revista de Geografia da UEG**, Anápolis (GO), v. 3, n. 2, p.92-110, jul/dez. 2014.
- BARCELLOS, T. G. Efeitos do fogo sobre a fauna e a flora no cerrado. 2001. 31 f. **Monografia** (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências da Saúde, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2001.
- BATEZELLI, A. *et al.* Análise estratigráfica aplicada à formação Araçatuba (Grupo Bauru – Ks) no centro-oeste do Estado de São Paulo. **Geociências**, Rio Claro (SP), v. 22, n. Especial, p. 5-19. 2003.
- BELUCO, A. Classificação de imagens de sensoriamento remoto baseada em textura por redes neurais. 2002. 154f. **Dissertação** (Mestrado) – Curso de pós-graduação em sensoriamento remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- BERNARDI, H.V.F. *et al.* Classificação digital do uso do solo comparando os métodos “pixel a pixel” e orientada ao objeto em imagem QuickBird. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO., 2007, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: Inpe, 2007. p. 5595 - 5602.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, 1971.
- BORGES, M.E. Estudo da deformação rúptil no complexo alcalino carbonático de Salitre I. 2018. 57 f. **TCC** (Graduação) – Curso de Engenharia de Minas, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Unidade Araxá, Araxá, 2018.
- BRASIL (a). **Resolução CONAMA n.001**, de 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, p. 2548-2549. 17 fev. 1986. Seção 1.

- BRASIL (b). **Decreto nº 2661**, de 8 de julho de 1998. Brasília.
- BRASIL (c). Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998. **Lei de Crimes Ambientais**. Brasília.
- BRITO, D. Q. Avaliação ecotoxicológica das cinzas de queimadas do Cerrado em ambientes aquáticos. 2014. 122f. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Universidade de Brasília, Faculdade UNB Planaltina, Planaltina, 2014.
- CARVALHO *et al.*, Utilização do Geoprocessamento para avaliação de riscos de erosão do solo em uma bacia hidrográfica: estudo de caso da bacia do rio Passa Cinco/SP. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3, 2010, Recife. **Anais**. Recife: CTG/UFPE, 2010. p. 001 - 008.
- CARVALHO, F. Mapeamento de área de preservação permanente da bacia do rio Inferninho – Santa Catarina. 2018. 60 f. **Monografia** (Especialização) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- CARVALHO, J. X. Fogo no Cerrado: Causas e consequências da ação do fogo no bioma cerrado no município de Goiás. 2009. 112 f. **Monografia** (Especialização) - Curso de Geografia, Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2009.
- CENTENO, J.A.S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2003. 209p.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Áreas kimberlíticas e diamantíferas Estado de Minas Gerais**. Brasília: CPRM, 2017.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Folha Monte Carmelo**. Brasília: CPRM, 2015.
- CUNHA, E.R.; BACANI, V.M.; AYACH, L.R. Geoprocessamento aplicado à análise da fragilidade ambiental. **Revista da ANPEGE**, São Gonçalo (RJ), v. 9, n. 12, p.89-105, dez. 2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2004.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA SOLOS, 2018.
- FALCÃO SOBRINHO, J. A paisagem na ciência geográfica. **Homem, Espaço e Tempo**, Sobral (CE), v. 4, n. 1, p.127-161, mar. 2010.
- FERNANDES, L. A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba (PR), v.55, n.1, p.53-66. 2004.
- FIDELIS, A.; PIVELLO, V. R. Deve-se usar o fogo como instrumento de manejo no Cerrado e Campos Sulinos? **Biodiversidade Brasileira**, Brasília (DF), v.2, n.1, p.12-25. 2011.
- FIEDLER, N. C. *et al.* Efeito de incêndios vegetacionais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa - DF. **Árvore**, Viçosa (MG), v. 28, n. 1, p.129-138, fev. 2004.
- FONSECA, A. C. R; VIANA, A. C. M. Morfologia e análise de elementos maiores das formações manganosíferas botrioidais (manganocretes) do subgrupo Paraopeba, município de Córrego D'Anta – MG. **Conexão Ciência**, Formiga (MG), v.7, n.1, p.17-29, out. 2012.

Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Vegetacionais. Brasília. MMA, 2010.

GARLET, B. *et al.* Mapeamento do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica Nossa Senhora de Lourdes, em Santa Maria – RS. **Disciplinarum Scientia**. Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria (RS), v. 14, n. 2, p.235-243, mar. 2014

GIGANTE, L.A.; ZAVALA, A.A. Um estudo da similaridade das queimadas entre municípios no estado de Mato Grosso. **Sinergia**, Rio Grande (RS), v.11, n.2, p.29-40, 2007.

GOIS, D.V. Planejamento ambiental e o uso do geoprocessamento no ordenamento da bacia hidrográfica do Rio da Dona Bahia – Brasil. 2010. 305 p. **Tese** (Doutorado) – Curso de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, Aracajú, 2010.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Boletim de Monitoramento de Focos de Calor Cerrado**. Brasília: MMA, 2018.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Manual para Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Vegetacionais**. Brasília. MMA,2010.

IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo (SP), v.39, n.2, p.256-266, jun. 2009.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Portal do Programa Queimadas do INPE**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/portal/situacao-atual>>. Acesso em: 10 set. 2018.

KOPROSKI, L. *et al.* MODELO DE ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO BRASILEIRAS: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR). **Floresta**, Curitiba (PR), v.41, n.3, p.551-562, jul.-set. 2011.

KUHLMANN, M. **Frutos do Cerrado**: espécies atrativas para fauna. Brasília: M. K. Peres, 2018. Vol. 1. p. 464.

LARA, D. X.; FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Uso do fogo em propriedades rurais do Cerrado em Cavalcante, GO. **Ciência Vegetacional**, Santa Maria (RS), v.17, n.1, p.9-15, jan.-mar. 2007.

LEITE, E. F. *et al.* Panorama das condições ambientais na Bacia Hidrográfica Do Rio Areias, Tocantins. **Interface**, Porto Nacional (TO), n. 7, p.117-126, mar. 2014.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica Rio Formiga, Tocantins. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, Uberlândia (MG), v. 4, n. 12, p.90-106, dez. 2012

LOMBARDI, R.J.R. Estudo da recorrência de queimadas e permanências de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do Cerrado Brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat. 2003. 174f. **Dissertação** (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2003.

MACIEL, A. B. C.; LIMA, Z. M. C. O conceito de paisagem: diversidade de olhares. **Sociedade e território**, Natal (RN), v.23, n.2, p.159-177, jul/dez. 2011

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios Vegetacionais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Vegetacional**, Santa Maria (RS), v. 14, n. 2, p.157-168, 2003.

- MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado - PPCerrado**. Brasília: MMA, 2009.
- MMA. **O Bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 04 jun. 2018.
- MOSCA, A. A. O. Avaliação dos Impactos Ambientais de Plantações de Eucalipto no Cerrado com Base na Análise Comparativa do Ciclo Hidrológico e da Sustentabilidade da Paisagem em duas Bacias de Segunda Ordem. 2008. 256 f. **Tese** (Doutorado) - Curso de Geografia Física, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- MOURA, D. V.; SIMÕES, C.S. A evolução histórica do conceito de paisagem. **Ambiente e Educação**, Rio Grande (RS), v. 15, n. 1, p.179-186, jul. 2010.
- NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A.; CONCEIÇÃO, F. T. Ortognaisses peraluminosos associados ao Grupo Araxá na região de Mairipotaba – Prof. Jamil Safady, Goiás. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo (SP), v.44, n.2, p.235-248, jun. 2014.
- NOVAIS, G. T. Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG). 2011. 189 f. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Árvore**, Viçosa (MG), v. 39, n. 1, p.25-36. 2015.
- OLIVEIRA, G. C. et al. Classificação supervisionada como ferramenta para avaliação da dinâmica do uso e cobertura do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia (GO), v. 10, n. 18, p.924-935. 2014.
- OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: SANO, S. M.; Almeida, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina (DF): EMBRAPACAPAC, 1998. Cap. 4, p. 87-166.
- PADILHA, G. Mapeamento do potencial de impacto ambiental no reservatório de Vossoroca através de um Sistema de Informação Geográfica. 2015. 29p. **Monografia** (Especialização) – Curso de Especialização em Geotecnologias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- PADILHA, G.; CENTENO, J. A. S.; FARIAS, P. P. S. Mapeamento do potencial de impacto ambiental no reservatório de Vossoroca por meio de um sistema de informação geográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro (RJ), v. 69, n. 4, p.759-767, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais. 2017.
- PAULA, M. R.; CABRAL, J. B. P.; MARTINS, A. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na caracterização do uso da terra na bacia hidrográfica da UHE Caçu – GO. **Geonorte**, Manaus (AM), Edição Especial, v.4, n.4, p.1482-1490, 2012.
- PEREIRA JÚNIOR, A. C. Métodos de Geoprocessamento na avaliação da susceptibilidade do Cerrado ao fogo. 2002. 112f. **Tese** (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.
- PEREIRA, L. F. *et al.* Evolução geológica dos grupos Canastra e Ibiá na região entre Coromandel e Guarda-Mor, MG. **Geonomos**, Belo Horizonte (MG), v.2, n.1, p.22-32. 1994.



POLETTE, M. Paisagem: uma reflexão sobre um amplo conceito. **Turismo – Visão e Ação**, Balneário Camboriú (SC), v. 2, n. 3, p.83-94, abr./set. 1999.

REIS, C. Geologia, sistemas deposicionais e estratigrafia isotópica do grupo Bambuí na região de Santa Maria da Vitória, BA. 2013. 98 f. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, 1998. p. 89-166.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma cerrado. In: SANO, S.M., ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. (eds). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina (DF): EMBRAPA -CPAC, 2008. v.1, cap.6, p. 151-199.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: 3 Ed., rev. e atual., 2007. 220p.

ROCHA, R.; MARTINS, B.; PEDROSA, A. Utilização da detecção remota na construção de mapas de uso e ocupação do solo e delimitação de áreas incendiadas. In: Encontro Nacional de Riscos, 8, 2014, Guimarães. **Anais**. Guimarães, 2014. p. 165-169.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. 264p.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas**. Uberlândia: EDUFU, 1996. 104 p.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2005. 8ª edição.

SABARAENSE, L. D. Proveniência dos grupos Araxá e Ibiá na porção sul da Faixa Brasília. 2016. 101 f. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. Elaborando um mapeamento de riscos de incêndios vegetacionais. In: SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F.C. . **ArcGis 9.3 Total: Aplicações para dados espaciais**. Alegre: Cca-ufes, 2010. p. 135-160.

SANTOS, N. B. F. DISTRIBUIÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DE TEMPERATURAS DE SUPERFÍCIE NO BIOMA CERRADO: uma análise integrada a partir de dados orbitais de resolução moderada. 2010. 121 p. **Tese** (Doutorado) – Curso de Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SAUER, C. A. Morfologia da Paisagem. In: CÔRREA, R. L; ROSENDHAL, Z. (org.). **Paisagem, Tempo e Cultura**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998. p. 12-74.

SCHROEDER, W. *et al.* A distribuição espacial e variabilidade interanual do fogo na Amazônia. **Geophysical Monograph**, Washington (EUA), n.186. 2009.

SILVA, C. H. *et al.* O grupo Canastra em sua área-tipo, região de Tapira, sudoeste do estado de Minas Gerais. **Sér. Cient.**, São Paulo (SP), v.12, n.2, p.8-98, ago. 2012.

SILVA, D. M. *et al.* Os efeitos dos regimes de fogo sobre a vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: Considerações para a conservação da diversidade. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília (DF), v.2, n.1, p.26-39. 2011.

SILVA, F. J. L. T.; ROCHA, D.F.; AQUINO, C.M.S. GEOGRAFIA, GEOTECNOLOGIAS E AS NOVAS TENDÊNCIAS DA GEOINFORMAÇÃO: indicação de estudos realizados na região Nordeste. **Interespaço**, Grajaú (MA), v. 2, n. 6, p.176-197, ago. 2016.

- SILVA, F. P.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R. Perfis de referência do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. **Geociências**, Rio Claro (SP), v. 22, n. Especial, p. 21-32. 2003.
- SILVA, R. C. Detecção de risco de incêndios na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados/MG. 2016. 56 f. **TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica**, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2016.
- SILVA, R. C. Análise do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Preto (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO, 2., 2019, Rio Claro. **Anais**. Rio Claro: CBOE, 2019. p. 99-107.
- SILVA, R. E.; ASSUNÇÃO, W. L.; SILVA, M. M. Caracterização do regime pluviométrico da bacia do rio Dourados no Alto Paranaíba/MG. **Geonorte**, Manaus (AM), Edição Especial 2, v. 2, n. 5, p.1014-1025, 2012
- SILVA, R. C.; LIMA, J. D. Detecção de risco de incêndios na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG). In: COLÓQUIO NACIONAL DE GEOGRAFIA DA UEG, 2., 2018, Itapuranga. **Anais**. Itapuranga: UEG, 2018. p. 1-12.
- SILVA, R. C.; LIMA, J. D. Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo no município de Abadia dos Dourados (MG). In: CONPEEX – Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão, 4., 2018, Catalão. **Anais**. Catalão: UFG/RC, 2018. p. 542-545.
- SILVA, R. C.; LIMA, J. D. Análise do Uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG). In: Semana de Geografia: A Geografia dos Movimentos Sociais, Perspectivas e Desafios na Atual Conjuntura Brasileira, 21., 2018, Uberlândia. **Anais**. Uberlândia: UFU, 2018. p. 311-322.
- SILVA, R. C.; LIMA, J. D. Mapeamento de uso e ocupação do solo no município de Abadia dos Dourados (MG). In: GUILHERME, W. D. (org.). **A Produção do Conhecimento nas Ciências Sociais Aplicadas**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. v. 5. p. 244-250.
- SILVA, R. C.; LIMA, J. D. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Dourados (MG). In: BATISTA, N. L. (org.). **Geografia: Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. v. 1. p. 114-128.
- SILVA, R. C.; SILVA, M. K. A. Detecção de risco de incêndios na bacia hidrográfica do Rio Dourados (MG). In: GUILHERME, W. D. (org.) **A Produção do Conhecimento nas Ciências Sociais Aplicadas**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. v. 5. p. 129-141.
- SILVEIRA, E. P. **Florística e Estrutura da Vegetação de Cerrado Sensu Stricto em Terra Indígena no noroeste do Estado de Mato Grosso**. 2010. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Vegetacional, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.
- SOUZA, I. G. M. *et al.* Atividade de educação ambiental voltada à prevenção de incêndios vegetacionais em propriedades do entorno do parque. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 12, 2015, Poços de Caldas. **Anais**. Poços de Caldas, 2015. p.5-15.
- SOUZA, M. M.; COSTA, L.H.; CARVALHO, D.A.S. Utilização de ferramentas de geoprocessamento para mapear as fragilidades ambientais na área de influência direta da UHE de Belo Monte, no Estado do Pará. **Espaço Plural**, Cascavel (PR), v. 12, n. 25, p.73-85, dez. 2011.

TRINDADE, W. M. et al. O grupo Mata da Corda na bacia do rio do Formoso e suas feições morfológicas correlatas. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6, 2006, Goiânia. **Anais**. Goiânia, 2006. p. 1-9.

TROMBETA, L.R. Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Guaiçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo, Brasil. 2015. 205 f. **Dissertação** (Mestrado) - Curso de Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2015.

TROPMAIR, H.; GALINA, M.H. Geossistemas. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 5, n. 10, p.79-89. 2006.

UFV - CETEC - UFLA - FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em: 27 de out. de 2011.

VITTE, A.C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e sua inserção na geografia física. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza (CE), v. 6, n. 11, p.71-78. 2007.

WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. 2006. 389 f. **Tese** (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas, Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2006