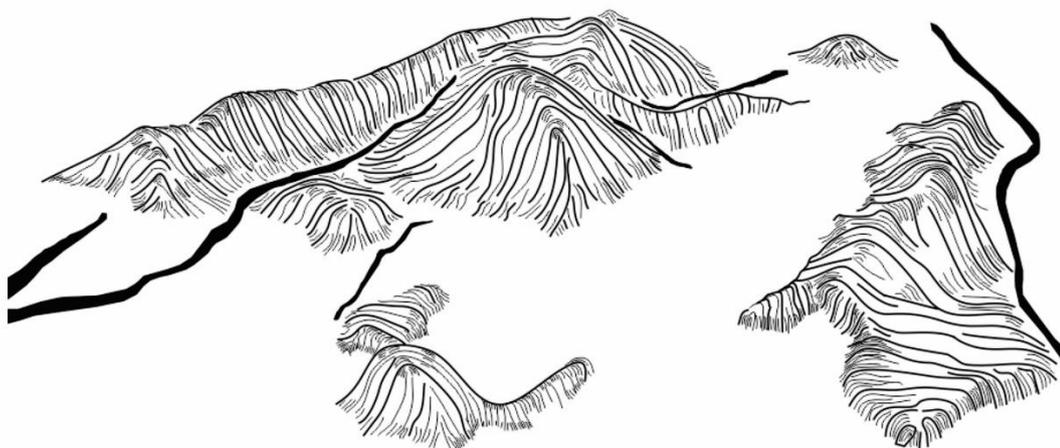




**UNIVERSIDADE FERERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PORTO NACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

PÉRICLES SOUZA LIMA

**PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA E POTENCIAL GEOTURÍSTICO DO CARSTE
DE NATIVIDADE E CHAPADA DA NATIVIDADE, SUDESTE DO TOCANTINS**



PORTO NACIONAL – TO

2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PORTO NACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

PÉRICLES SOUZA LIMA

**PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA E POTENCIAL GEOTURÍSTICO DO CARSTE
DE NATIVIDADE E CHAPADA DA NATIVIDADE, SUDESTE DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Geografia da Universidade Federal do Tocantins – UFT, Campus de Porto Nacional, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Orientador: Fernando de Moraes

Linha de Pesquisa: Análise e Gestão Geo-Ambiental

PORTO NACIONAL – TO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

L732p Lima, Péricles Souza.
Paisagem geomorfológica e potencial geoturístico do carste de Natividade e Chapada da Natividade, sudeste do Tocantins. / Péricles Souza Lima. – Porto Nacional, TO, 2021.
153 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Geografia, 2021.
Orientador: Fernando de Moraes

1. Geomorfologia Cárstica. 2. Geoturismo. 3. Natividade.
4. Tocantins. I. Título

CDD 910

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

PÉRICLES SOUZA LIMA

PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA E POTENCIAL GEOTURÍSTICO DO CARSTE DE
NATIVIDADE E CHAPADA DA NATIVIDADE, SUDESTE DO TOCANTINS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação *Stricto Sensu* em Geografia da
Universidade Federal do Tocantins – UFT,
Campus de Porto Nacional, como requisito para
obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Data de Aprovação 17/03/2021

Banca examinadora:



Prof. Dr. Fernando de Moraes (Orientador)

Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG

Universidade Federal do Tocantins – UFT



Prof. Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos

Programa de Pós-Graduação em Geografia

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas



Prof. Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo

Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG

Universidade Federal do Tocantins – UFT

PORTO NACIONAL – TO

2021

Dedico à minha mãe Eva Magda Ferreira de Souza, por relutar às adversidades, à minha companheira Marilene Gomes da Costa e à minha irmã Isabella Ferreira Araújo.

AGRADECIMENTOS

De antemão, pontuo que poucas palavras limitam expressar a importância de cada pessoa para a construção deste trabalho. Apesar disto, tenho consciência de que mesmo ausentes nestes agradecimentos, aqueles que ajudaram da forma mais singela, se sentirão contemplados.

Agradeço, primeiramente, à CAPES pela concessão da bolsa DS – Demanda Social.

À Fundação Universidade Federal do Tocantins.

Agradeço ao meu bisavô Ângelo Santos de Souza Cortes (*in memoriam*) por proporcionar, mesmo que indiretamente, a possibilidade de uma formação básica. Agradeço também ao meu bisavô Tomé Roxo (*in memoriam*), por ter me agraciado com momentos de reflexão e simplicidade, durante sua senilidade.

Agradeço à minha mãe, à minha avó Laurentina Ferreira de Souza e ao meu avô Eldino Conceição de Souza, pelo amor a mim dedicado. Aos meus tios e tias (Laedes Ferreira de Souza, Kátia Valdivam Ferreira Souza Romano, Adão Edino Ferreira de Souza, Ana Cristina Ferreira Neta, Leandro Ferreira de Souza, Rogério Ferreira de Souza e Lucas Ferreira de Souza).

À Marilene Gomes da Costa, por ser paciente e incentivadora.

Ao meu tio Joel Rodrigues Romano.

Ao Professor. Dr. Fernando de Moraes, por ajudar a decifrar a fisiologia da paisagem, sempre de forma pontual e com posicionamentos exigentes.

Ao Professor. Dr. Luiz Travassos, por aceitar participar da construção deste trabalho.

Aos amigos e colegas Helder, Gilney, Wendel, Daniel Araújo Ramos dos Santos, Lucas Ribeiro, José Divino, Jair, Luiz Ricardo, Dimas Henrique, Michele Lima, Matheus Gaia, Elaine, Simoni, Jorge, Wesley entre outros, que ajudaram em momentos específicos desta dissertação.

Aos Professores. Drs. Atamis Antônio Foschiera, Lucas Barbosa e Souza, Maurício Alves da Silva, Rodolfo Alves da Luz, Sandro Sidnei, Denis Carloto e Carolina Machado Rocha Busch Pereira, por quem tenho profundo respeito. Também agradeço à Dra. Letícia Giuliana Paschoal pelos momentos de laboratório e paciência na correção de trabalhos anteriores.

Aos vigilantes e às “tias” dos serviços gerais da Universidade Federal do Tocantins, por abrirem as “portas da esperança”, mesmo em dia de domingo (Júnior, Netinho, Aureliano, Seu Gilson, Lucimar, Alex, Iolanda e etc.).

Por fim, não poderia esquecer de todos os moradores do Povoado Retiro (São Salvador do Tocantins) por quem tenho inegável apreço.

*Porto Nacional – TO, 2021.
Péricles Souza Lima.*

*“Não sou tanajura, mas eu crio asas
Com os vagalumes eu quero voar, voar
O céu estrelado hoje é minha casa
Fica mais bonita quando tem luar, luar
Quero acordar com os passarinhos
Cantar uma canção com o sabiá ...”.*

(Meninos – Juraildes da Cruz)

RESUMO

Na perspectiva da geomorfologia cárstica, a presente pesquisa visa contribuir com a produção de conhecimento acerca do relevo sobre rochas carbonáticas, localizadas nos municípios de Natividade e Chapada da Natividade, sudeste do Tocantins. Para tanto, tem como objetivo principal caracterizar as principais feições cársticas daquela região, tecendo considerações acerca do estágio de conservação da paisagem e do potencial turístico do carste regional. Especificamente, buscou-se compartimentar a área estudada, descrevendo as principais morfologias, produzindo ao final um mapa exploratório dos fenômenos cársticos, em escala de semi-detalhe (1:50.000). Ademais, os modos de ocupação humana foram analisados e interpretados, correlacionando o espectro paisagístico, no sentido *lato*, aos impactos ocasionados às feições cársticas em si. Procurou-se demonstrar a potencialidade geoturística do carste, por meio da escolha de LIGeoms – Locais de Interesse Geomorfológico, pois congregam aspectos científicos, educativos, contemplativos, ambientais e culturais. Para responder aos objetivos propostos, foram realizados mapeamentos preliminares da rede de drenagem, da declividade e dos aspectos altimétricos, os quais subsidiaram as interpretações a respeito das possíveis áreas de recarga e descarga do sistema cárstico. Para a compartimentação, utilizou-se estudos sobre os aportes geológicos, com vista a facilitar a interpretação dos fatores morfoestruturais, condicionantes dos cursos mais importantes da área. Já os fatores morfoesculturais foram interpretados a partir da literatura cárstica. O mapa exploratório foi confeccionado utilizando semiologia específica com base em diversas bibliografias. O mesmo foi refinado com o auxílio de imagens de radar do satélite ALOS, sensor Palsar, e do satélite Sentinel 2A, sensor MSI (Multispectral Instrument), bem como por vários trabalhos de campo, importantes em todo o decorrer da pesquisa. Para melhor interpretação e entendimento dos compartimentos, foram feitos perfis topográficos, objetivando demonstrar o contato entre as morfologias cársticas positivas e as litologias não carbonáticas. Ainda neste contexto, foi feito um bloco diagrama, destacando o *polje* de contato. No âmbito das alterações paisagísticas, foram feitos mapas de cobertura e uso da terra num intervalo temporal de 10 anos. Assim, utilizou-se imagens dos satélites Landsat-5 e Landsat-8 para os anos de 2010, 2015 e 2020. De forma complementar, as descrições feitas *in loco* seguiram fichas de campo específicas para a fitofisionomia de cerrado e para as morfologias cársticas propriamente ditas, posteriormente sintetizadas em uma prancha com as imagens de todos os pontos visitados. Por sua vez, os pontos com potencial geoturístico também foram organizados em uma prancha, para melhor compreensão espacial. Realizou-se a caracterização de duas cavidades, em dois LIGeoms específicos, estabelecendo a potencialidade espeleoturística das mesmas, definida com base em fichas de avaliação, próprias para este tipo de estudo. Utilizou-se *softwares* livres para auxiliarem na compilação e produção dos principais materiais geoinformacionais, com destaque para o QGIS, versões 2.18.0 e 3.4.5. Por fim, compreendeu-se que o carste de Natividade e Chapada da Natividade contém importâncias geológica, hidrogeológica, geomorfológica, geoturística, educativa e cultural inestimáveis, e que a continuação das pesquisas científicas se faz necessária naquela área, tornando, portanto, este estudo, referência para os trabalhos futuros.

Palavras Chave: Geomorfologia Cárstica. Compartimentação Geomorfológica. Cobertura e Uso da Terra. Geoturismo.

ABSTRACT

From the perspective of karst geomorphology, this research aims to contribute to the production of knowledge about the relief on carbonate rocks located in the municipalities of Natividade and Chapada da Natividade, southeastern Tocantins. To this end, it aims to characterise the main karst features of that region, making considerations about the stage of landscape conservation and the tourist potential of the regional karst. Specifically, an attempt was made to compartmentalise the studied area, describing the primary morphologies, producing at the end an exploratory map of karst phenomena on a scale of semi-detail (1: 50,000). Furthermore, the modes of human occupation were analysed and interpreted, correlating the landscape spectrum, in the broad sense, to the impacts caused by the karst features themselves. We sought to demonstrate the geotouristic potential of the karst through the choice of LIGeoms - Places of Geomorphological Interest, as they bring together scientific, educational, contemplative, environmental and cultural aspects. To respond to proposed objectives, preliminary mapping of the drainage network, slope, and altimetric elements supported the interpretations regarding the possible areas for recharging and discharging the karst system. The author used studies on geological inputs to understand the morphostructural conditioning factors of the most important courses in the area for compartmentalisation. The morphological features were interpreted from the karst literature. The exploratory map was made using specific semiology based on several bibliographies. The same was refined with radar images from the ALOS satellite, Palsar sensor, satellite Sentinel 2A, MSI (Multispectral Instrument) sensor, and several field works, vital throughout the research. To better interpret and understand compartments, topographic profiles were made, aiming to demonstrate the contact between the positive karst morphologies and non-carbonate lithologies. Still, in this context, it was made a diagram block highlighting the contact pad. In the context of landscape changes, maps of land cover and usage were made over 10 years. So, images from Landsat-5 and Landsat-8 satellite were used for the years 2010, 2015 and 2020. In a complementary way, the descriptions made in loco followed specific field sheets for the cerrado phytophysiology and the karst morphologies themselves, later synthesised on a board with images of all the points visited. In turn, points with geotouristic potential were also organised on a panel for better spatial understanding. Two caves were characterised in two LIGeoms specific conditions, establishing their speleotourism potential, defined based on evaluation sheets, suitable for this type of study. Free software was used to assist in compiling and producing the primary geoinformation materials, emphasising QGIS, versions 2.18.0 and 3.4.5. Finally, it was understood that the karst of Natividade and Chapada da Natividade contains invaluable geological, hydrogeological, geomorphological, geotouristic, educational and cultural activities. Therefore, scientific research is necessary for that area, making this study a reference for future work.

Keywords: Karst Geomorphology. Geomorphological Compartmentation. Coverage and Land use. Geotourism.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de dissolução da rocha carbonática.....	25
Figura 2 – Compartimentação cárstica e zonas hidrológicas: (a) carste superficial (exocarste); (b) zona intermediária (epicarste); (c) endocarste.	27
Figura 3 – Atividades humanas passíveis de ocasionar impactos no carste.	33
Figura 4 – Componentes da paisagem.....	35
Figura 5 – Mapa de localização da área de estudo.	46
Figura 6 – Mapa geológico da região de Natividade.	50
Figura 7 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos referentes ao mapa exploratório dos fenômenos cársticos.....	57
Figura 8 – Métodos de amostragem: (a) em perfil; (b) em transecto; (c) caminhada livre.....	58
Figura 9 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos referentes aos mapas de cobertura e uso da terra.	60
Figura 10 – Mapa de localização da área de estudo.	67
Figura 11 – Mapa hidrográfico da área de estudo.	70
Figura 12 – Mapa hipsométrico da área de estudo.	71
Figura 13 – Mapa de declividade da área de estudo.....	72
Figura 14 – Bloco diagrama com destaque para <i>polje</i> de contato.	75
Figura 15 – Perfil topográfico, <i>polje</i> de contato.	77
Figura 16 – Vista da face leste do Morro do Carneiro.....	78
Figura 17 – Vista panorâmica a oeste do Morro das Araras: (a) 15/09/2019; (b) 23/11/2019.	79
Figura 18 – Perfil topográfico (Morro do Mutum/Superfície de Erosão/Serra Preta).	81
Figura 19 – Vista da face leste do Morro do Mutum, com lavoura de soja em primeiro plano e lavra de calcário no segundo plano.....	82
Figura 20 – Sumidouro no interior de depressão escalonada.	83
Figura 21 – Poço tubular com destaque para perfil construtivo.	84
Figura 22 – Mapa exploratório dos fenômenos cársticos de Natividade e Chapada da Natividade – TO.	87
Figura 23 – Mapas de cobertura e uso da terra dos anos de 2010, 2015 e 2020.....	92
Figura 24 – Distribuição dos pontos amostrais na área da pesquisa.	95
Figura 25 – Dolina de Ponto de recarga.	96
Figura 26 – Surgência no Morro do Mutum.....	96
Figura 27 – Dolina com Ponto de Recarga.....	97
Figura 28 – Barramento da surgência no Morro do Carneiro.....	98
Figura 29 – Ponto de exumação do carbonato próximo ao Morro do Carneiro.....	99
Figura 30 – Dolina de colapso de cobertura.	100
Figura 31 – (a) visão oblíqua da dolina de colapso de cobertura em primeiro plano e Morro das Araras em segundo; (b) visão aproximada das depressões.....	101
Figura 32 – Dolina de subsidência.	102
Figura 33 – Surgência do córrego Salobro.	103
Figura 34 – Dolina de colapso de cobertura.	103
Figura 35 – Dolina de subsidência.	104
Figura 36 – Dolina de colapso de cobertura: (a) vista aérea da dolina; (b) vista lateral da dolina, com destaque para os entulhos na feição; (c) visão oblíqua da depressão.	105
Figura 37 – Escavação em meio ao cerrado.....	106
Figura 38 – Barramento no interior do <i>polje</i> : lâmina d’água em primeiro plano, desvio para captação e vegetação no segundo.....	107
Figura 39 – Barramento no interior do <i>polje</i> : pastagem em primeiro plano, barramento em segundo e Morro da Oficina ao fundo.....	108
Figura 40 – (a) colina com afloramento rochoso; (b) afloramento no canal fluvial; (c) cerrado <i>stricto sensu</i> ; (d) <i>boxwork</i> (lentes de sílica).	109
Figura 41 – Mata de galeria no alto curso do córrego Mutum.....	110

Figura 42 – Baixo curso do córrego Mutum.....	110
Figura 43 – (a) canal fluvial intermitente; (b) afloramento de quartzito no leito do canal.	111
Figura 44 – Cerrado <i>stricto sensu</i>	112
Figura 45 – Represamento na fazenda Morro das Araras.....	113
Figura 46 – Represamento na fazenda Morro das Araras.....	114
Figura 47 – Cerradão.....	114
Figura 48 – Vegetação de cerradão.	115
Figura 49 – Mogote cárstico.....	116
Figura 50 – Mapa de localização da área de estudo.	123
Figura 51 – Distribuição dos Locais de Interesse Geomorfológico.....	126
Figura 52 – Vista panorâmica a partir do interior do <i>polje</i> de contato.	127
Figura 53 – (a) pinturas rupestres; (b) conduto na Caverna da Oficina 3; (c) cortina.	128
Figura 54 – (a) picoteamentos anelares; (b) picoteamentos em forma de folhagem; (c) pinturas rupestres; (d) estalagmite sobreposta a estalactite destruída; (e) patinha de elefante.	129
Figura 55 – Morro das Araras: (a) vista frontal; (b) vista da face oeste.	130
Figura 56 – Vista do maciço, parcialmente exumado, localizado a leste da Serra Preta.	131
Figura 57 – Vista da face leste do maciço da Fazenda Pontal.	131
Figura 58 – Vista lateral da dolina.....	132
Figura 59 – Vista panorâmica do Mirante da Serra da Natividade: (a) principais feições metacarbonáticas; (b) Morro do Mutum, feição metadolomítica.....	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Área e características populacionais dos municípios da pesquisa.....	47
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Área e variação percentual das classes de cobertura e uso da terra.	91
---	----

LISTA DE SIGLAS

APA – Área de Proteção Ambiental

ASF – *Alaska Satellite Facility*

CBHRMA – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves

CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas

CNC – Cadastro Nacional de Cavernas

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

PETAR – Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira

PESU – Parque Estadual do Sumidouro

SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia

SEMARH – Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública

SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

UCs – Unidades de Conservação

USGS – *United States Geological Survey*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivos.....	21
1.1.1 Objetivo Geral	21
1.1.2 Objetivos Específicos	21
1.2 Justificativa	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 Geomorfologia cárstica	24
2.1.1 Exocarste	27
2.1.2 Endocarste	29
2.1.3 Impactos humanos no carste.....	30
2.2 Categoria Paisagem	33
2.3 Técnicas Cartográficas e a Compartimentação Geomorfológica.....	39
2.4 Geodiversidade, Geoturismo e Geoconservação no Carste.	42
3 ÁREA DE ESTUDO	46
3.1 Localização da área de estudo	46
3.2 Geologia	48
3.3 Geomorfologia.....	51
3.4 Clima.....	51
3.5 Solos e Vegetação	51
3.6 Uso da Terra.....	52
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	53
4.1 Descrição dos procedimentos.....	53
4.1.1 Compilação dos dados e produção dos mapas base	54
4.1.2 Mapa de fenômenos cársticos.....	56
4.1.3 Pontos de observação <i>in situ</i> e descrição dos mapas de cobertura e uso da terra....	58
4.1.4 Potencialidade geoturística	62
5 RESULTADOS	64
5.1 Compartimentação geomorfológica do exocarste de Natividade e Chapada da Natividade – TO.....	64
5.1.1 Resumo	64
5.1.2 Abstract.....	64
5.1.3 Introdução.....	65

5.1.4 Área de estudo	66
5.1.5 Metodologia.....	68
5.1.6 Resultados e discussões	70
5.1.7 Considerações Finais	88
5.2 Análise do uso da terra e caracterização da paisagem cárstica em Natividade e Chapada da Natividade – TO	89
5.2.1 Alterações da paisagem e características do exocarste.....	90
5.2.2 Considerações complementares sobre a paisagem cárstica de Natividade e Chapada da Natividade.....	116
5.2.3 Perspectivas futuras para o carste da região de Natividade e Chapada da Natividade.	118
5.3 Potencialidade geoturística do carste de Natividade e Chapada da Natividade – TO.	120
5.3.1 Resumo	120
5.3.2 Abstract.....	120
5.3.3 Introdução.....	121
5.3.4 Área de estudo	122
5.3.5 Metodologia.....	124
5.3.6 Resultados e discussões	125
5.3.7 Considerações Finais	134
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO	136
REFERÊNCIAS	138
APÊNDICES	151
ANEXO.....	154

1 INTRODUÇÃO

"O calcário é filho das águas, assim como o granito o é das fogueiras subterrâneas"
(Pedro Comério).

De característica singular, o carste é constituído por rochas com elevada capacidade de serem dissolvidas, resultando em um modelado específico que difere dos demais tipos de relevo. As rochas mais suscetíveis à formação do relevo cárstico são compostas por carbonato de cálcio em quantidades consideráveis, com destaque para os calcários e os dolomitos, e são originadas por processos de sedimentação de origem orgânica, química ou bioquímica (COMÉRIO, 1976; LINO, 2001; FORD; WILLIAMS, 2007; TRAVASSOS, 2019).

Há a ocorrência de rochas carbonáticas por todo o globo, na grande maioria, resultando de depósitos em plataforma marinha não muito profunda. Mesmo de ocorrência planetária, nem todo o carste se encontra aflorado de maneira contínua na face superior da crosta terrestre (FORD; WILLIAMS, 2007), havendo expressivas quantidades de rochas inumadas ou em estágios preliminares de exumação. Há também, a ocorrência de relevos cársticos sobre rochas evaporíticas, como o gesso e a *halita*. Além destes, alguns tipos de arenitos, quartzitos e mármore, também desenvolvem formas típicas do carste (HARDT; PINTO, 2009; WRAY, 2009; HARDT; RODET; PINTO, 2010).

O termo carste utilizado no vocabulário brasileiro é uma tradução da palavra alemã *karst*, derivada de *kras* – expressão de origem eslovena designada para representar a área de ocorrência de rochas calcárias da região fronteira entre Eslovênia e Itália (TRAVASSOS; GUIMARÃES; VARELA, 2008; KRANJC, 2011). Tomando como referência as rochas daquela localidade, todos os demais lugares do globo, com características semelhantes, passaram a ser designados regiões cársticas, havendo uma internacionalização do termo (AULER; ZOGBI, 2005).

A relação da sociedade humana com os ambientes cársticos antecede à comunicação através da escrita, e muitas são as atividades relacionadas aos ambientes cavernícolas (FORD; WILLIAMS, 2007). Para diversos povos, as cavernas eram utilizadas como locais de descanso, reprodução, proteção contra as intempéries e contra os riscos impostos por outras tribos ou por animais selvagens. Muitos sítios arqueológicos são encontrados nas cavernas, e uma das mais significantes manifestações humanas, utilizadas pelos antepassados para representarem o espaço e o cotidiano vivido, são as pinturas rupestres (AZEVEDO; KOHLER, 2003; AULER; ZOGBI, 2005).

Uma outra relação que o homem tem estabelecido com as cavernas, diz respeito aos aspectos religiosos. No Brasil, uma das feições cársticas mais relevantes em termos de concepção sacra é a Gruta de Bom Jesus da Lapa – BA (AULER; ZOGBI, 2005), sendo um espaço de expressão cultural muito forte, reunindo peregrinos em busca de um apelo aos seres “superiores”. No estado do Tocantins, a caverna Lapa do Bom Jesus, localizada no município de Arraias, também é visitada por motivos religiosos (ROCHA; CARLOTO, 2011), mas sua infraestrutura em relação a outras é incipiente, e a quantidade de “fiéis” que a frequenta é menor, estando mais restrita aos moradores da comunidade quilombola Lagoa da Pedra. Em termos de ornamentação, esta caverna possui um conjunto de espeleotemas de tamanhos consideráveis, em comparação com os já encontrados no estado (MORAIS, 2013).

Ao considerar que nos dois últimos séculos os ambientes cársticos têm sido ainda mais buscados pelas populações, e que há por parte destas uma procura pelo preenchimento do tempo ocioso por meio da prática turística, o deslocamento humano para estas áreas vem consubstanciando um processo de consumo das paisagens oferecidas por tal relevo (AZEVEDO; KOHLER, 2003). Para além dos benefícios de manutenção básica à sobrevivência, atualmente, diferentes localidades são usadas como atrativos turísticos, contribuindo com a economia local, e por vezes, tendo a sua estabilidade ambiental afetada.

Não somente as cavernas, mas o conjunto de feições cársticas cria aspectos que determinam as especificidades desse modelado, e que motivam pessoas de culturas diversificadas às procurarem. Imponentes morros calcários são atrativos, pois mostram um aspecto pitoresco, conectando os fatores bióticos e abióticos. Lagoas de dolinas também são corpos d’água procurados pela sociedade. No Tocantins, a surgência do rio Azuis manifesta-se como um dos mais belos atrativos em ambientes cársticos do estado.

No aspecto científico, o relevo cárstico pode ser abordado em diversas perspectivas, sendo objeto de estudo de várias ciências (MORAIS, 2011). Diferentes trabalhos partem da concepção descritiva, enquanto que outros visam estudos mais detalhados. Em uma vertente conservacionista/preservacionista, relevantes estudos visam abordar a capacidade das feições cársticas comportarem-se diante da antropização, propondo planos de manejo e capacidade de carga, entre outros (MARRA, 2001; LOBO, 2008).

Em comparação com as sociedades pré-históricas, as civilizações mais recentes têm estabelecido diferentes relações com as cavidades naturais subterrâneas. No Brasil, isso pode ser compreendido por meio de práticas econômicas ocorridas já no período colonial, nas quais os ambientes cársticos eram utilizados como fonte de matéria prima, sendo retirado das

cavernas o salitre, produto usado na fabricação de pólvora (AULER; ZOGBI, 2005). Tal atividade, já denotava um grau de degradação antrópica, e a extração desse produto, tirado de forma rudimentar das denominadas salitreiras, deixou um aspecto de desestruturação do ambiente subterrâneo, demonstrando sua fragilidade (GOMES; PILÓ, 1992).

Por outro lado, as cavernas brasileiras preservam um acervo pré-histórico que põe em evidência a necessidade de preservá-las, não apenas por motivos de belezas naturais resultantes da dissolução do carbonato e conseqüente formação dos espeleotemas. O conjunto de artefatos utilizados por povos que habitaram esses espaços são vestígios que possibilitam traçar roteiros de compreensão da evolução humana.

Mesmo que o Tocantins ainda careça de estudos sobre a geomorfologia cárstica, desde o início do século corrente, muito tem sido realizado sobre este tipo de relevo em suas dependências. A 1ª expedição coordenada pela SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia no ano de 2005 trouxe um panorama inicial da potencialidade espeleológica da região sudeste, sendo catalogada, à época, 12 cavidades na região de Dianópolis – TO (CRUZ et al., 2005; MORAIS, 2011).

Ainda do ponto de vista das expedições, em 2007, a SBE realizou sua 4ª visita ao sudeste, voltando as atenções à cidade de Aurora do Tocantins. Na oportunidade, foram feitas prospecções, análises e o cadastramento de 36 cavernas. No mais, foram feitos diversos apontamentos sobre características fitológicas, paleontológicas, arqueológicas e sobre o potencial turístico do ambiente cárstico regional (PEDRO et al., 2007). Morais (2011) aponta que até então, 85% das cavernas cadastradas no CNC/SBE – Cadastro Nacional de Cavernas, localizavam-se na região sudeste, demonstrando sua potencialidade espeleológica. Este autor assinala, também, a amplificação dos estudos espeleológicos neste estado, seja em rochas carbonáticas ou em litologias menos solúveis.

Pereira e Morais (2011) realizaram um trabalho sobre a Gruta Lagoa do Japonês, em Pindorama do Tocantins. Os autores caracterizaram a área em que esta se encontra, e consideraram que a concentração de água nas partes mais baixas da bacia do córrego Sucuriú foi crucial para sua formação. O sistema, que também possui dolinas e sumidouros, é estruturalmente controlado por uma sinforme. Os autores, ainda, trouxeram à tona um mapa da caverna, realizado pelo Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (PEREIRA; MORAIS, 2011).

Ao dar início a uma série de trabalhos atualizados sobre o carste tocantinense, Morais (2013) buscou caracterizar de maneira geral o carste da região de Aurora do Tocantins, destacando a compartimentação regional e os fenômenos cársticos, tanto no que se refere aos aspectos do exocarste, quanto ao endocarste. Alves (2018) apresenta os impactos turísticos nas dependências do rio Azuis e também a ação da agricultura como modificadora da paisagem. Este autor realizou o mapeamento detalhado do carste no entorno da surgência, demonstrando a presença de *poljes* e demais feições características.

Ainda que a região sudeste do estado tenha sido a mais visada, em outras localidades o carste tocantinense também é detalhado. Pontalti e Morais (2010) descrevem os possíveis estágios de evolução da Gruta Casa da Pedra, localizada no município de Lagoa da Confusão. Pereira (2016), com ensaios batimétricos de lagoa, produtos/técnicas de sensoriamento remoto, e fazendo uso de geofísica aplicada, explica a gênese e a evolução da Lagoa da Confusão. Também é pertinente citar nesta porção centro-oeste do estado a atenção voltada às depressões fechadas cobertas por vegetação de *landi*, conhecidas regionalmente como *Ipucas* (MORAIS, 2017).

Como abordado, o acervo científico tem sido ampliado, seja com estudos descritivos, ou morfogenéticos. Contudo, as pesquisas geomorfológicas sobre o carste no Tocantins ainda são necessárias, tendo em vista a grande potencialidade científica decorrente das rochas carbonáticas e o baixo acervo em comparação com outros estados brasileiros.

Pautando-se nisso, ainda há localidades com ocorrências cársticas não descritas e que carecem de pesquisas científicas. Enquadrando-se no conjunto de regiões com tais características, os municípios de Natividade e Chapada da Natividade possuem afloramentos calcários nas porções setentrional e oriental da serra homônima, sendo, pois, a localidade escolhida como área de estudo.

Face ao exposto, esta pesquisa objetivou realizar a caracterização geomorfológica do carste localizado em Natividade e Chapada da Natividade, buscando demonstrar as principais morfologias que o integra, e avaliar o estágio de conservação da paisagem frente aos impactos antrópicos, decorrentes dos usos da terra entre os anos de 2010 e 2020. Numa perspectiva geoturística, o trabalho também teve o intuito de evidenciar a potencialidade do carste local, podendo contribuir para a ampliação do turismo de natureza. Ademais, enquanto produto final da pesquisa, a dissertação visa colaborar na manutenção e conservação do carste, servindo de documento científico básico para subsidiar a gestão territorial da área enfocada.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar a caracterização geomorfológica da paisagem cárstica localizada nos municípios de Natividade e Chapada da Natividade, tecendo considerações acerca do estágio de conservação e do potencial turístico do carste.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar a compartimentação geomorfológica da área estudada;
- Elaborar mapa exploratório de fenômenos cársticos em escala de 1:50.000;
- Avaliar os tipos de uso e ocupação do exocarste;
- Indicar a potencialidade geoturística da área estudada.

1.2 Justificativa

Por mais que as abordagens científicas do carste no Tocantins tenham aumentado cada vez mais, ainda há muito a ser explicado a respeito deste tipo de relevo no contexto da Geomorfologia. Nesta perspectiva, a região de Natividade apresenta potencial a ser explorado cientificamente. Tal abordagem, a partir do levantamento dos fenômenos cársticos e da análise da paisagem, contribuirá para um ordenamento territorial mais condizente com as fragilidades inerentes às rochas carbonáticas.

Mesmo não havendo na atualidade estudos detalhados a respeito da geomorfologia, a circunvizinhança de Natividade foi uma das primeiras no estado a ter ocorrências cársticas descritas. Ao interpretar a obra do Padre Manuel Aires de Casal, intitulada (Corografia Brasílica ou Relação Histórico-Geográfica do Reino do Brasil), Morais (2011) corrobora os escritos do sacerdote, ao afirmar que a caverna citada por ele está localizada entre Conceição do Tocantins e o distrito de Príncipe, pertencente ao atual território de Natividade. Tal constatação demonstra, pois, a atenção a essa morfologia cárstica nas dependências do estado já na segunda década do século XIX. Este mesmo autor, a partir dos relatos do naturalista escocês George Gardner, contextualiza a ocorrência de rochas calcárias próximo à Serra da Natividade (MORAIS, 2011).

De tal modo, as rochas carbonáticas de Natividade e Chapada da Natividade já demonstram ser passíveis de investigação. Mas além do elucidado, é relevante destacar, conforme pontuado pela SEPLAN (2012a), a proposta de construção da Usina Hidrelétrica Natividade I, a ser implantada no rio Manuel Alves, o que poderá impactar na hidrogeologia cárstica, pois os cursos d'água que drenam a área da pesquisa são tributários desse e encontram-se a jusante do trecho demarcado. Apesar desta pesquisa não objetivar entender o caráter hidrogeológico do carste, a compartimentação e a caracterização darão um suporte inicial para estudos dessa envergadura.

Ademais, valendo-se das considerações de estudiosos da Espeleologia, compilados em um documento elaborado sob responsabilidade do CECAV/ICMBio¹, julga-se importante a pesquisa nessa área, pois a mesma, enquadra-se como prioritária para a conservação do patrimônio espeleológico nacional, correspondendo à categoria 4, que diz respeito às áreas prioritárias voltadas para a ampliação do conhecimento (pesquisa, prospecção espeleológica, validação de coordenadas), bem como, com vista à educação ambiental e ao patrimônio.

Além disso, esta pesquisa almeja contribuir como conhecimento geomorfológico do estado, dando subsídio ao entendimento da potencialidade da área pesquisada, e favorecendo o planejamento futuro, de maneira a explorar o potencial turístico oferecido pelo modelado cárstico, preocupando-se, contudo, com os riscos de degradação a ele relacionados, seja por motivos decorrentes dos fatores ditos naturais, ou mesmo por interferências antrópicas como as mencionadas.

¹ CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Áreas Prioritárias para a Conservação do Patrimônio Espeleológico**. Brasília: ICMBio – MMA, 2018.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

"Nessa grande cadeia de causas e efeitos, nenhum fato pode ser considerado de forma isolada "
(Humboldt citado por Wulf 2016).

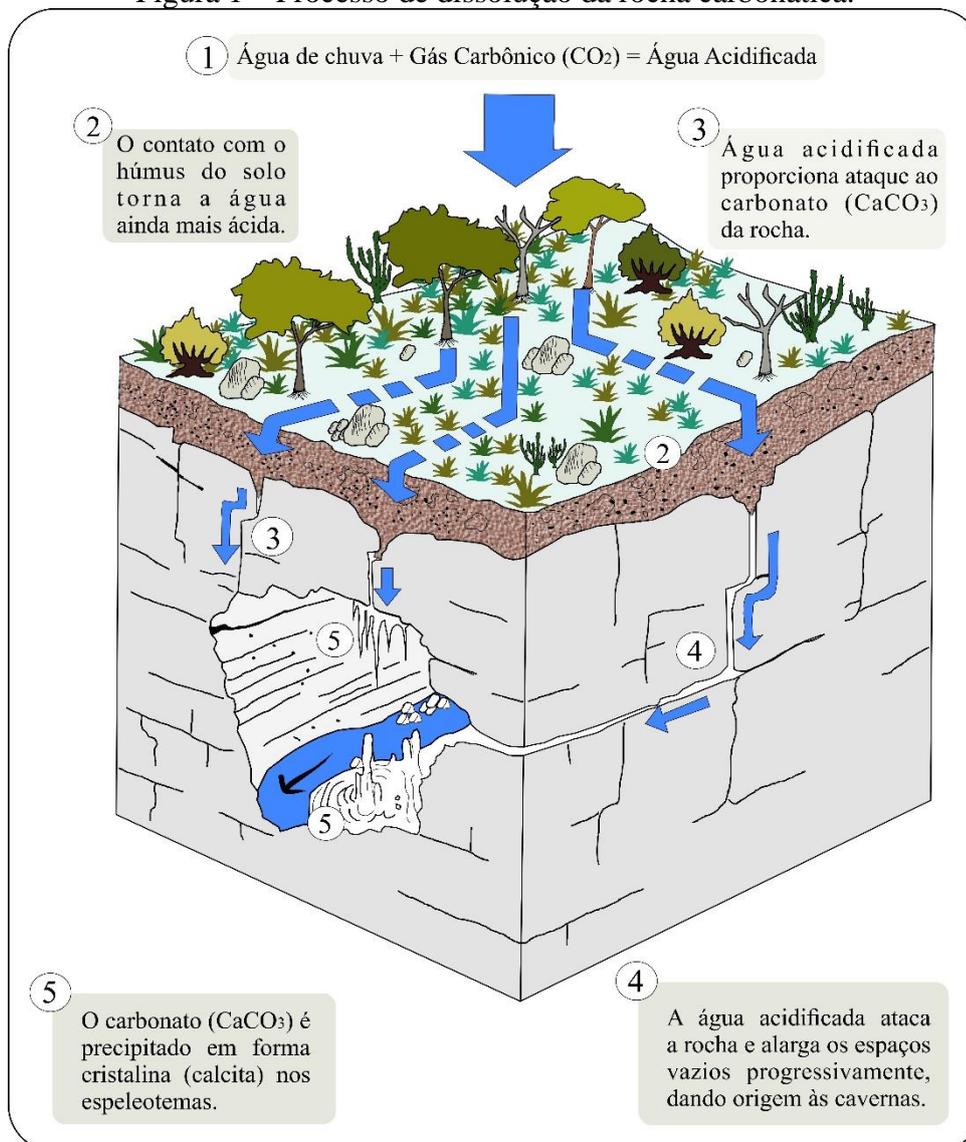
2.1 Geomorfologia cárstica

Em virtude da dissolução dos minerais pela água acidulada, que percola nas fraturas, diáclases e zonas de fraquezas das rochas carstificáveis, o sistema cárstico possui uma rede de drenagem majoritariamente subsuperficial e complexa (criptorréica), diferindo de todos os padrões de fluxos superficiais (CHRISTOFOLETTI, 1974). Porém, há uma conexão entre as águas de superfície e as de subsuperfície, de maneira que, as águas superficiais movem-se rapidamente até as zonas subterrâneas, tornando o aquífero cárstico vulnerável aos processos ocasionados pelas intervenções humanas (AZEVEDO; KOHLER, 2003).

Potencializada pelos processos de erosão e dissolução, a gênese desse tipo de relevo está relacionada a diversos fatores que se inter-relacionam e que condicionam maior ou menor desenvolvimento do modelado. Dentre os principais estão: a espessura e a resistência da rocha, a regionalização climática, gradiente topográfico, quantidade de CO₂ atmosférico, cobertura vegetal, enriquecimento húmico pedológico (CHRISTOFOLETTI, 1974; SUGUIO, 2010), atividades tectônicas responsáveis pelo conjunto de fraturamento, diaclasamento e fissuramento (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007), entres outros.

As ações corrosivas são mais intensas em regiões com temperaturas mais baixas, tendo em vista, a maior absorção de CO₂ da atmosfera. Apesar disso, regiões de clima tropical destacam-se pelo alto índice pluviométrico atrelado à grande quantidade de matéria orgânica enriquecida com gás carbônico, o que tem favorecido a dissolução das rochas nestas condições (FORD; WILLIAMS, 1989; PILÓ, 2000; TRAVASSOS, 2019). É possível entender a partir da figura 1 o processo de dissolução da rocha por meio do ácido carbônico, até atingir o estágio de recristalização do carbonato, resultando nos espeleotemas.

Figura 1 – Processo de dissolução da rocha carbonática.



Fonte: “Adaptado de” Auler et al. (2015, p. 48).

No desenvolvimento do relevo cárstico, os processos erosivos são menos predominantes comparados ao intemperismo químico, sendo este o mais importante, e mais perceptível nas rochas que se manifestam à superfície. Contudo, em áreas com carste subjacente às rochas como os arenitos, há a ocorrência de dutos (*piping*) que desencadeiam a formação de feições típicas do carste, podendo citar as dolinas de Jardim – MS e Ponta Grossa – PR (SALLUN FILHO; KARMANN, 2007a), como também, as originadas nos arenitos do Grupo Urucuia (PEREIRA et al., 2016). Entretanto, mesmo com a atuação do carreamento por dutos, a levar em consideração o proposto por Benito (1987), a origem das feições cársticas em situações como estas se dá por processos mistos, já que é necessário um conduto cárstico para carrear o material arrastado pela erosão mecânica.

Wray (2009) descreve a gênese dos condutos internos aos arenitos quartzosos do nordeste da Austrália como resultado da dissolução dos minerais siliciosos e posterior transporte dos materiais pelo fluxo de água. Ainda que menos expressiva que em rochas carbonatadas, há, portanto, evidências de carstificação. Martini (2000) denominou este processo de ‘*arenisation*’, mostrando profunda interação entre dissolução e erosão (WRAY, 2009).

Nessa mesma perspectiva, alguns autores pontuam que, apesar da corrosão química ser fortemente atuante nas rochas carstificáveis, o desenvolvimento do carste é resultado dessa interação entre os processos químicos e físicos, pontuando além do *piping*, os abatimentos. (CHRISROFOLETTI, 1974; KOHLER, 1998; KOHLER; CASTRO, 2002; SIMÓN et al., 2009).

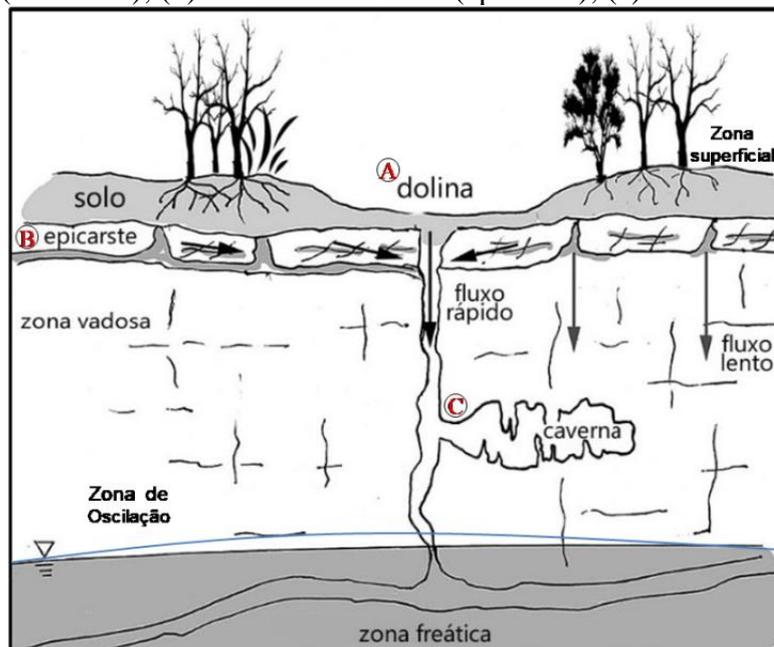
No carste, em virtude dos fatores descritos, e dependendo do posicionamento do pacote rochoso carstificável em relação a outro tipo de rocha, e mesmo do grau de desenvolvimento da dissolução, algumas áreas estarão mais expostas e acessíveis que outras. Essas ocasiões direcionaram a uma classificação do modelado cárstico, possibilitando compartimentá-lo em três zonas diferentes, a saber: exocarste, epicarste e endocarste.

O exocarste corresponde às formas mais superiores dos terrenos cársticos e pode ser definido em dois grupos: feições negativas e feições positivas. O epicarste, por outro lado, está situado na zona de contato entre a rocha solúvel e a camada sobreposta a esta. Já o endocarste compreende os espaços interiores do relevo, cuja principal formação são as cavernas, ornamentadas com os delicados espeleotemas (Figura 2).

Com a compartimentação torna-se possível o entendimento mais detalhado do carste, e sua configuração nesse conjunto interligado que é, acima de tudo, dependente dos aspectos hidrológicos, possui uma caracterização interna diferenciada por zonas: superficial, vadosa, oscilação e freática (Figura 2). A zona superficial é regida pelo escoamento em superfície. Na zona vadosa ou de aeração, a água percola livremente em virtude da gravidade e com velocidade mais avançada (WILLIAMS, 2008; MORAIS, 2012). Na zona de oscilação (anfíbia²), durante os períodos de pluviosidade elevada há um aumento do nível freático, que sofrerá decréscimo quando da diminuição da precipitação. Na zona freática, todos os condutos são preenchidos por água, até despontar em uma nascente à jusante.

² Kohler (1998) apresenta este termo cunhado por Bögli (1980) que refere à zona mais propícia à corrosão. Lino (2001) refere-se à zona de oscilação como zona de flutuação. Por sua vez, Travassos, Rodrigues e Timo (2015, p.65) descrevem que tal zona é dependente do acréscimo e decréscimo de água no sistema, trazendo à tona a definição de zona epifreática (WRAY, 2009), sendo às vezes vadosa e às vezes freática conforme o regime pluvial.

Figura 2 – Compartimentação cárstica e zonas hidrológicas: (a) carste superficial (exocarste); (b) zona intermediária (epicarste); (c) endocarste.



Fonte: “Adaptado de” Travassos, Rodrigues e Timo (2015, p. 42).

2.1.1 Exocarste

As feições exocársticas negativas são as que dizem respeito às depressões, dolinas, uvalas e *poljes*. As formas positivas são caracterizadas pelos relevos residuais, com destaque para os mogotes, maciços, torres, verrugas e banquetas. Não só as macroformas negativas e positivas configuram o exocarste, mas também as microformas como os *lapiás* (*karren*). Por sinal, estas microfeições ocorrem no exocarste, no endocarste e no epicarste (MOURA, 1994).

Dolinas – Consideradas formas diagnósticas da paisagem cárstica (CVIJIĆ, 1895), as dolinas são depressões fechadas, denunciando na grande maioria, a ocorrência de relevo cárstico, sendo, portanto, a forma comum mais representativa, estando de acordo Llopis Lladó (1950, p. 36) entre as feições mais primitivas deste modelado. Apresentam morfologia tipicamente circular de tamanhos métricos, podendo às vezes atingir alguns quilômetros. Elas podem, além disso, ter uma configuração suave ou abrupta, em virtude dos processos de subsidência e colapso, respectivamente.

Tais depressões, que se comportam como importantes zonas de recarga do aquífero cárstico (PILÓ, 2000), demonstram enorme fragilidade frente aos aspectos de degradação, pois é a conexão entre as zonas superficiais e interiores.

Na literatura cárstica, são citados diferentes tipos de dolinas, com distintos critérios de classificação. Há definição a partir da forma (bacia, funil, balde), da geometria (cilíndrica, cônica), do tamanho (pequena, média, grande) e da gênese (dissolução, colapso, subsidência etc.) (SORIANO; SIMÓN, 1993; SIMÓN et al., 2009; FERREIRA; UAGODA, 2019). De maneira a obter um entendimento mais detalhado, Sauro (2003) relata que os critérios relacionados à forma e ao tamanho não são tão significativos para a caracterização das dolinas e consequente distinção das depressões sob diferentes litologias, indicando nesse sentido, defini-las a partir da gênese. Este mesmo autor relata que alguns fatores antrópicos podem influenciar os estágios preliminares no desenvolvimento das dolinas. Quanto a isto, Heidari et al. (2011) mostram que a quantidade de água retirada em demasia dos aquíferos da planície central Hamedan, no norte do Irã, tem potencializado a formação repentina de dolinas, configurando-se naquela região um risco às infraestruturas e à vida.

Uvalas – quando há a concentração da dissolução em dois pontos de fuga contíguos, expressivamente representados por dolinas, haverá em um estágio de maior evolução a junção entre essas duas depressões, dando origem a uma única morfologia, maior e mais sinuosa, denominada uvala. Às vezes, elas podem evoluir para bacias de dissolução cárstica mais significativas.

No entanto, para Travassos (2019), a gênese de uma uvala não pode ser resumida apenas como a união de duas ou mais dolinas. Segundo o mesmo, é preciso reconhecer a especificidade dessa morfologia, bem como sua distinção em relação à origem e a evolução das dolinas.

Poljes – São as maiores feições cársticas, podendo atingir quilômetros quadrados. Sua gênese está ligada aos processos de dissolução concentrada que posteriormente alargou-se lateralmente. A dissolução, ao entrar em contato com uma rocha mais resistente, fica inibida de progredir verticalmente, alargando as bordas da rocha carstificável. Muitas cidades se estabeleceram dentro de *poljes* devido à fertilidade de seus solos, especialmente por conter sedimentos aluvionares em seu interior (CHRISTOFOLETTI, 1974, p. 121, SAURO, 2012; KRANJC, 2013).

É comum nessas planícies de dissolução haver um ponto de infiltração, um sumidouro (*ponor*). Podem existir, também, locais que possuem tanto a função de sumidouro, quanto a de surgência (*estavelle*) (TRAVASSOS; RODRIGUES; TIMO, 2015, p. 45). Para Llopis Lladó (1950), a mudança de nível responsável por esta alternância de comportamento pode estar associada a fatores de intensa pluviosidade, à transgressão e regressão marinha, ao degelo, ou ainda a movimentos epirogenéticos.

Lapiás – Os *lapiás* (*Karren*) são microformas definidas como canaletas, caneluras, sulcos de dissolução superficial, que estão entre as características mais proeminentes dos relevos cársticos, e comumente originam-se nas partes superiores e nas vertentes calcárias (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007). Há uma variedade de formas de *lapiás*: de juntas, caneluras pequenas, caneluras meâdricas, celulares (espongiformes), de diáclases alargadas etc. De acordo com Tricart (1956), essas feições correspondem aos estágios mais recentes de dissolução nos pacotes calcários. A ocorrência dos *lapiás* depende de alguns fatores importantes, como o plano de acamamento das rochas, fissuramentos, diáclases, podendo também ser originadas por atividades biogênicas (raízes das plantas, líquens) (TRICART, 1956; TRAVASSOS, 2019).

As formas remanescentes (positivas) também são feições peculiares do relevo cárstico, apresentando em várias situações imponentes resíduos dos processos morfogenéticos, abrigando microformas e fraturamentos em sua superfície, e mesmo comportando as cavernas. Muitas vezes com dimensões quilométricas, os mogotes são mais aptos a ocorrência de cavidades expressivas. As torres, verrugas, e banquetas, podem apresentar importantes *lapiás*.

2.1.2 Endocarste

As cavidades naturais subterrâneas (*Cavernas*) – são as formas mais chamativas do relevo cárstico, principalmente por conter uma ‘assembleia’ de feições construtivas, denominadas espeleotemas (LINO, 2001; BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007). Os conjuntos de espeleotemas são variados, e os mais comuns são as estalactites, estalagmites e as colunas. De acordo com Suguio (2010), 95% desses espeleotemas são compostos por dois tipos de minerais, a calcita e a aragonita, sendo estes responsáveis pela tonalidade alva dos depósitos. Tal coloração pode modificar por diferentes fatores e a utilização de lâmpadas no interior cavernícola potencializa a desestruturação dos espeleotemas por ocasião do desenvolvimento de organismos que crescem em virtude da luz (MARRA, 2001; TRAVASSOS, 2010).

O relevo cárstico também apresenta como importante característica sua rede de condutos, que através da interação entre os ambientes de rochas não solúveis e rochas carbonatadas, forma o fluviocarste. O fluviocarste conjuga uma zona de captação que encontra um ponto de fuga (sumidouro), a partir de então, há um sistema condutor que, interligando-se com total distinção dos fluxos superficiais (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 2007), trabalha no processo de dissolução e erosão dos carbonatos, até ressurgir em um ponto à jusante

(SUGUIO, 2010). De tal modo, o fluviocarste interage com os diferentes compartimentos cársticos.

A respeito da finalidade científica geomorfológica, o carste recebe atenção que busca de maneira detalhada, abordar os fatores que dizem respeito aos processos, desenvolvimento e formas decorrentes da dissolução das rochas carstificáveis. Há trabalhos que vêm abordando a distribuição espacial do carste através de mapa síntese, compartimentando a topografia regional em escala de detalhe e semi-detalhe (SALLUN FILHO; KARMANN, 2007b; TRAVASSOS, 2010; ALVES, 2018) e proporcionando um conhecimento mais acurado dos componentes que o integram.

Ao buscar o entendimento acerca dos processos ocorrentes no período Quaternário e tendo em vista a relevância desse período na evolução do modelado cárstico, a compartimentação fisiográfica torna-se necessária, à guisa de apresentar um panorama dos diferentes componentes do relevo. Nesse âmbito, o mapeamento geomorfológico, quando realizado utilizando materiais adequados e seguindo um crivo metodológico bem definido, torna-se a “técnica mais completa para a visualização integrada” (AB’SÁBER, 1969), constituindo uma ferramenta que possibilita a leitura espacial detalhada da paisagem.

Pela complexidade na compreensão das variáveis intrínsecas ao sistema cárstico, diferentes técnicas são utilizadas como ferramentas de análise, com a finalidade de identificar a vulnerabilidade e os riscos proeminentes (SIMÓN et al., 2009). Neste rol, que também inclui mapeamento litoestrutural, resistividade elétrica, hidroquímica, balanço hídrico entre outros, o mapeamento geomorfológico é definido por Ravbar e Kovačič (2010) como um dos métodos convencionais de bastante utilidade, cujo produto final pode subsidiar o mapeamento de risco das áreas cársticas, favorecendo o conhecimento mais detalhado do sistema como um todo. Desse modo, a partir das informações contidas neste produto (mapa geomorfológico) as tomadas de decisões tendem a ser melhor conduzidas.

2.1.3 Impactos humanos no carste

Como descrito na parte introdutória deste trabalho, a relação do homem com o carste é “antiga”, e tem alterado espaço-temporalmente. Por outro lado, em diversas ocasiões, o sistema natural modifica-se por si só, incidindo no bem estar humano. Em um editorial da *Environmental Geology*, Parise, De Waele e Gutierrez (2009) abordam uma série de artigos que têm buscado analisar os impactos no carste, mostrando que, além dos problemas da mineração,

agricultura, extração de petróleo, descarte irregular do lixo, os agentes naturais em si, também modificam a estabilidade do sistema cárstico, dando exemplo da salinização das águas subterrâneas por interferência da água do mar, ocorrida na ilha de Cuba. Esta mistura entre água doce e salgada pode, de acordo com Delle Rose, Federico e Parise (2004) intensificar o processo de dissolução do calcário pela corrosão de mistura, aumentando a dimensão das cavidades na base rochosa e potencializando a formação de dolinas, o que em alguns casos, pode configurar-se um risco.

Outro fator relevante que também altera a dinâmica do carste é o elevado bombeamento das águas subterrâneas (*pumping well*), interferindo na estabilidade dos materiais subjacentes, fazendo com que haja o colapso das estruturas superiores, por haver uma rede de condutos (*network*) desenvolvida no pacote carbonático (MILANOVIC, 2002; FORD; WILLIAMS, 2007). Essa superexploração intensifica a formação de feições cársticas e pode ser um problema que acarreta perdas materiais e humanas, principalmente a partir da gênese de dolinas de colapso em materiais consolidados quanto inconsolidados (HEIDARI et al., 2011). O estágio final de uma dolina de colapso pode ocorrer em período de tempo recorde, desenvolvendo depressões abruptas em poucas horas ou mesmo em minutos, sendo reconhecidas por Delle Rose, Federico e Parise (2004) como um dos riscos cársticos mais danosos às áreas urbanizadas.

Estes autores pontuam que, além do *pumping well*, muitas dolinas podem ter sido originadas como resultado de tensões realizadas por antigas pedreiras de mineração, pelas altas cargas das edificações sobre áreas com rede de condutos desconhecidos, e também pelo intenso tráfego de automóveis em rodovias, o que torna um risco inerente aos aglomerados humanos situados sobre esses terrenos. No mais, relatam os entupimentos de depressões por detritos antropogênicos, os quais visavam o preparo da terra para a agricultura (DELLE ROSE; FEDERICO; PARISE, 2004). Mais tarde, isto foi reiterado por Ford e Williams (2007), e, de acordo com Simón et al. (2009), o preenchimento por estes detritos não naturais torna complexa a identificação de dolinas *in loco*, carecendo de estudos geofísicos mais detalhados.

A respeito da agricultura nas áreas cársticas, tem sido praticada de forma acentuada em diversas partes do mundo. Cvijić (1895, p-42 e p-127) já mencionava as plantações de milho em dolinas e *poljes* da Croácia, e de café em *poljes* da Jamaica. Timo, Travassos e Varela (2018) apresentam uma imagem elucidativa de um *polje* na Eslovênia, ocupado por culturas agrícolas.

Ao pesquisar a formação de dolinas em terraços fluviais subjacentes ao gesso, na bacia do rio Ebro em Zaragoza – Espanha, Simón et al. (2009) demonstram uma série de problemas ocasionados às estruturas urbanas, construídas em áreas anteriormente usadas para pastagem.

O desmoronamento do solo sob linha férrea também é um impacto significativo divulgado por estes autores. Pueyo Anchuela et al. (2012) abordam que, em se tratando da possível expansão urbana, “*los gastos posteriores asociados a patologias y fallos constructivos siempre exceden los del posible dimensionamiento previo*” (PUEYO ANCHUELA et al., 2012, p. 66), indicando, desse modo, a necessidade de estudos detalhados para a realização ou embargo do empreendimento.

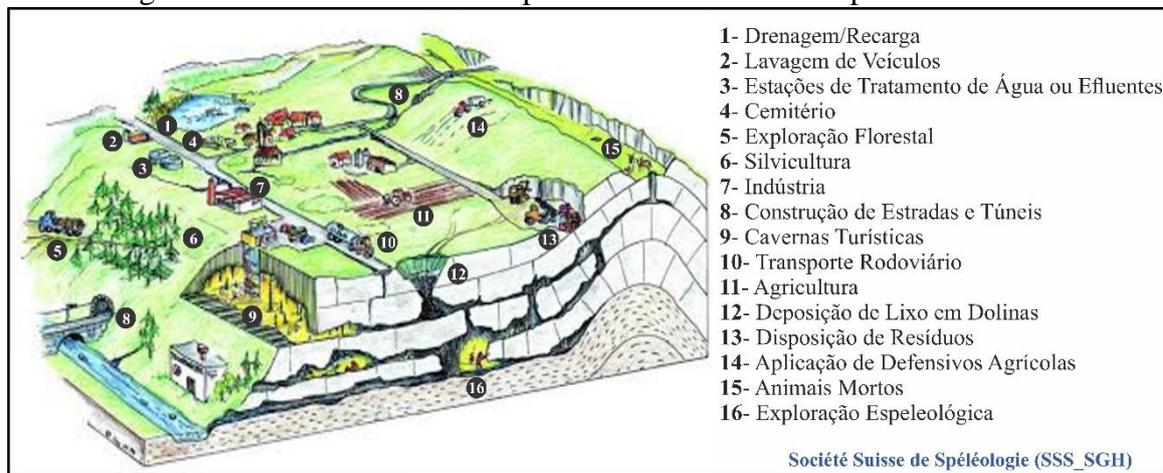
Uma das atividades mais impactantes ao carste corresponde à mineração. As rochas carbonáticas são usadas para diversas atividades na construção civil, com destaque para a produção de cimentos (COMÉRIO, 1976). Na agricultura, as rochas trituradas são utilizadas como corretivo no solo, elevando a fertilidade do mesmo (AULER; ZOGBI, 2005). Isso faz com que morros calcários, muitas vezes contendo cavernas, sejam postos abaixo, descaracterizando a paisagem.

No Brasil, a intrínseca relação entre o morro e a caverna pode comprometer muitas feições endocársticas, as menos expressivas principalmente (BRASIL, 2008). Assim, ainda que a atividade agrícola seja indiscutivelmente necessária, e juntamente com a construção civil, firmam-se como atividades relevantes para o crescimento econômico do país, os morros calcários devem estar nos palcos das discussões, com as diversas partes envolvidas, de empresários à sociedade civil impactada, conhecedora da importância das cavernas e do sistema em sua amplitude (TIMO; TRAVASSOS; VARELA, 2018).

Estes autores dizem ainda que nas atividades de mineração a vegetação é enormemente afetada, incidindo negativamente no ambiente hipógeo, podendo levar a extinção de espécies endêmicas, ou mesmo das mais comuns.

Vale pontuar também, que as vibrações ocasionadas pelos explosivos, podem contribuir ou até mesmo ser responsáveis diretos pela destruição de espeleotemas em cavernas próximas à atividade minerária. Certamente os mais sensíveis a estas são os *flowstones* como os canudos de fresco, e as feições de exsudação (helictites, agulhas de aragonita, flores de aragonita etc.). A figura 3 sintetiza algumas atividades humanas que podem impactar o relevo cárstico.

Figura 3 – Atividades humanas passíveis de ocasionar impactos no carste.



Fonte: “Adaptado de” Timo, Travassos e Varela (2018, p-27).

No estado do Tocantins, Pontalti e Morais (2010) e Morais (2011) demonstram que o lixo é um dos problemas eminentes na Gruta Casa de Pedra, o que pode comprometer a estabilidade hipógea e o reabastecimento do sistema de águas subsuperficiais. Além disso, os autores apontam o pisoteio dos animais como comprometedor ao assoalho cavernícola, havendo a compactação do solo interno e afetando a dinâmica natural. Alves (2018), por sua vez, elucida uma série de impactos humanos no entorno do rio Azuis, dentre os quais, podem ser destacados, a supressão da vegetação para a agricultura de pequeno porte, a construção de uma estrada de acesso sobreposta à ressurgência cárstica, resíduos de práticas de recreação, bem como a construção de um estacionamento inadequado, que pode potencializar o escoamento superficial nas proximidades do rio Sobrado, elevando a carga sedimentar para o mesmo, influenciando na fisiologia da paisagem.

2.2 Categoria Paisagem

Fitar a natureza à beira de um riacho, ou mesmo contemplar uma tela com requintes artísticos, configuram concepções de paisagem. Enquanto a natureza observada está no plano do visível, das sensações, dos odores, refrescâncias (SANTOS, 2008; CAVALCANTI, 2010; CAVALCANTI, 2018), a qual Vitte (2007, p. 72) denomina de perspectiva “estético-fenomenológica”, onde a paisagem é percebida através da aparência, das faculdades sensoriais do observador, a tela, é a entidade pictórica, que, apesar de configurar-se como algo

observável/apreciável, assim como na/a natureza, possui introjetada a visão e as habilidades do artista que à confecciona (CAVALCANTI, 2018).

Historicamente o conceito de paisagem, indispensável à Geografia, sofreu alterações e definições diferenciadas, surgindo distintas concepções paralelamente à evolução das diferentes correntes do pensamento geográfico (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2017). A primeira natureza, intocada, que designava a paisagem natural, já não há, muito embora, a dinâmica terrestre ainda seja dominada pelas forças naturais (LIMA, 2015).

Vitte (2007, p. 77) aborda que a paisagem “é o resultado imediato da intencionalidade humana na superfície terrestre”, e que por meio das diferentes técnicas construídas e usadas ao longo do tempo, o homem modifica a paisagem (VITTE, 2007).

A paisagem também foi interpretada com base nos agentes morfogenéticos do relevo, ressoando na Geomorfologia distintamente das concepções sensoriais. Concebendo a epiderme terrestre como o palco das transformações geomorfológicas, via de regra, pelos agentes endógenos e exógenos, Aziz Ab’Sáber (1969) foi quem trouxe para o Brasil sentido físico geográfico mais acurado ao conceito de paisagem, dando conotação robusta, ainda que tal conceito na perspectiva física, tenha sido “forjado” pelos geógrafos russos e alemães (RODRIGUEZ, 1998, p. 63; RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2017, p. 21).

Desse modo, para Ab’Sáber (1969), a paisagem é, pois, na Geografia Física, o resultado da interação entre as forças pretéritas (eventos tectônicos, paleoambientais) e atuais, influentes na superfície terrestre (VITTE, 2007). De maneira que o ser humano constitui um agente modificador, em uma velocidade que se intensifica rapidamente, constituindo uma temporalidade antrópica (TROPPEMAIR; GALINA, 2006).

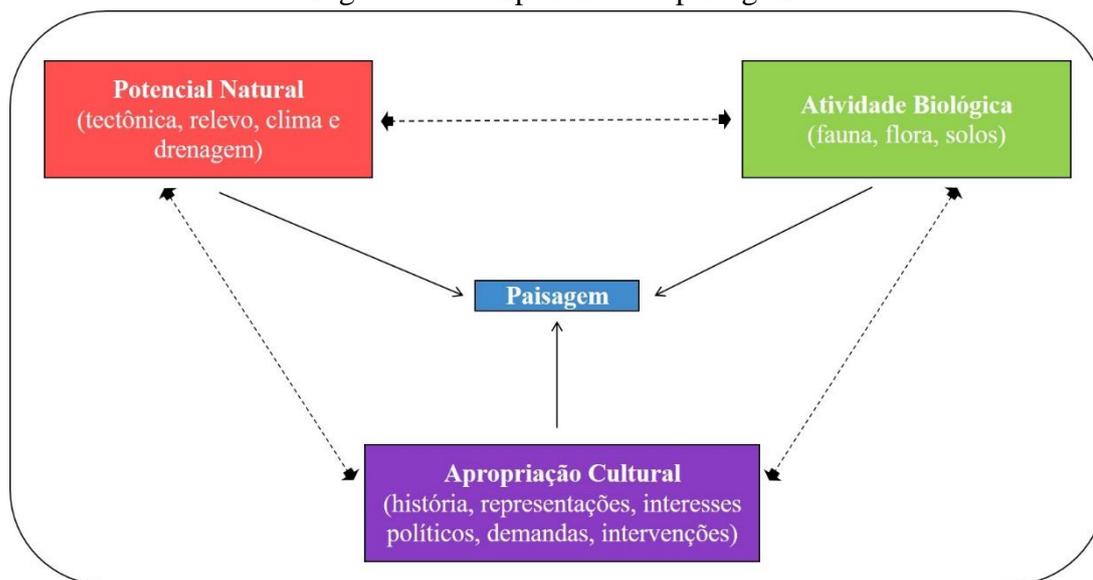
Vale correlacionar ao elencado por Ab’Sáber (1969), que a concepção de paisagem está na interface do que é o próprio objeto de estudo da Geomorfologia, na medida em que, sendo esta uma ciência de contato das camadas da superfície terrestre (litosfera, hidrosfera, biosfera, atmosfera) (TORRES; NETO; MENEZES, 2012), a paisagem é o resultado da interação destas diferentes camadas que dão configuração às formas superficiais. No âmbito da Geografia em sentido *lato*, essas esferas citadas, interagem formando um “sistema material integral”, onde emerge uma intensa troca de “energia, substâncias e informações” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2017, p. 30).

Assim, na configuração da paisagem geomorfológica global, os grandes cinturões móveis, os tectonismos pretéritos e as intemperizações encarregaram-se das compartimentações do relevo, deixando uma “herança” na superfície, das grandes morfoestruturas aos tipos de

vertentes, enquanto que as formas atuais estão a cabo dos eventos contemporâneos, concatenando-se todo esse complexo às distintas esferas supramencionadas (AB’SÁBER, 2012).

Ao buscar o cotejo com as definições de Ab’Sáber (1969), é preciso recorrer a Cavalcanti (2018) que, preservando a definição do primeiro autor, realiza profunda reflexão acerca do conceito de paisagem. Baseando-se na definição de “indivíduos geográficos” da escola russa, Cavalcanti (2018), redigindo no plural, diz que “as paisagens são unidades geocológicas resultantes da interação complexa dos processos naturais e culturais”, e que “elas podem se originar, existir e desaparecer sem interferência humana, mas sua representação não é independente da cultura” (CAVALCANTI, 2018, p. 16). Este autor, aglutinando o pensamento de (BERTRAND, 2004) ainda atribui às paisagens três níveis de camadas, a saber: potencial natural, atividade biológica e apropriação cultural (Figura 4).

Figura 4 – Componentes da paisagem.



Fonte: Cavalcanti (2018, p. 18) “adaptado de” Bertrand (1968).

Aquilo que tem sido chamado de transformação da paisagem, é chamado por Cavalcanti (2018, p. 30) de “movimento da paisagem”, compreendido como um sistema de trocas de matérias e energias, que sofre alterações naturais, como os movimentos de massa no relevo (que em alguns casos podem ser induzidos) e os fluxos humanos, como os padrões arquitetônicos, possuindo, portanto, um caráter integrador com atuação de forças antagônicas.

É inegável na Geografia Física uma contextualização que aproprie do todo em detrimento dos diferentes compartimentos, visto que há uma construção histórica. Para tanto, a

abordagem integrada na Geografia remota aos geógrafos clássicos, tendo como expoente principal o precursor desta ciência, Alexander von Humboldt (1769-1859 d.C.). Após expedições por países americanos, europeus e pelo território russo, e tendo colhido espécimes de uma gama de plantas e animais, bem como feito mensurações diversas, o naturalista criou de forma criteriosa uma concepção de mundo unificado, interconectado (TROPPEMAIR; GALINA, 2006).

Sem entrar em detalhes meticulosos, é pertinente dizer com base em Wulf (2016, p. 67) e Gomes (2017, p. 27 e 35) que, Humboldt apoiou-se em Immanuel Kant para aprimorar sua visão de mundo, principalmente na concepção de processo físico, preconizado pelo filósofo (WULF, 2016; GOMES, 2017).

Ao escrever a biografia desse imponente cientista, Andrea Wulf (2016) expõe que, enquanto outros pesquisadores buscavam classificar o mundo natural em uma taxonomia, estabelecendo uma hierarquia das diferentes unidades, Humboldt sintetizara-o com sua *Naturgemälde*, um ‘desenho’ majestoso e explicativo. A autora ainda afirma que, “a natureza, Humboldt atinou, era uma teia de vida e forças globais” (WULF, 2016, p. 138).

Correlacionado ao que aborda Wulf (2016) a respeito de Humboldt, Cavalcanti (2018), estabelecendo a síntese natural como um dos princípios metodológicos para a cartografia de paisagens, afirma que, tal princípio é calcado na *Naturgemälde*, na medida em que, reconhece o caráter integrador do universo, de maneira que tudo se correlaciona, formando um todo unificado, um “todo vivo³”, necessitando, portanto, ser tratado de forma sintética.

Assim, “os diferentes elementos componentes (climas, formas de relevo, litotipo, drenagem, vegetação, solos e uso da terra) devem ser avaliados conjuntamente” (CAVALCANTI, 2018, p. 21), sendo, pois, parte da paisagem aqui aventada.

A despeito de Humboldt ter compreendido o mundo natural como algo unificado, somente quase um século depois (por volta de meados do século XX), surgiram concepções mais detalhadas, objetivando através da perspectiva holística, entender não apenas o contexto unificador e morfológico da anatomia da paisagem, mas também as estruturas e os processos que condicionam a sua dinâmica natural.

Calcada na Teoria Geral dos Sistemas – TGS de Ludwig Von Bertalanffy, que por sinal foi incorporada por cientistas de diversas ciências, é que a Geografia emprega mais

³ A respeito disso, Andrea Wulf (2016), na página 139 da biografia de Alexander von Humboldt, afirma que para o naturalista, “a natureza é um todo vivo [...] não um agregado morto”.

criteriosamente a concepção integradora. Na vertente humana da Geografia, a TGS exerceu grande influência, podendo ser considerada uma técnica e não um método (QUESADA, 1978).

Entretanto, baseando-se na TGS e também no materialismo dialético de Marx, o russo-soviético Victor Borisovich Sochava cria a Teoria dos Geossistemas (RODRIGUEZ; SILVA, 2019), sobretudo, vinculada à Geografia Física, mas que julga-se como uma teoria da ciência Geográfica atual, na interconexão com os aspectos socioculturais e socioeconômicos. Neste sentido, Vitte (2007) diz que o objeto dessa ciência é o estudo da organização espacial, tal qual, resultaria da interação entre o Geossistema e o sistema socio-econômico-cultural (VITTE, 2007).

Ao traduzir a *magnum opus* de Sochava (1978) (Introdução à Teoria dos Geossistemas), Rodriguez e Silva (2019) descrevem que para Sochava, o Geossistema congrega todas as dimensões do espaço terrestre (a paisagem global), onde há a relação sistêmica entre os distintos componentes naturais individuais, que, como um todo integrado/unificado, interagem com a esfera cósmica e com a sociedade humana (RODRIGUEZ; SILVA, 2019).

Sochava classifica os Geossistemas em duas categorias de sistematização: os geômeros e os geócoros. Os geômeros são designadas as áreas naturais homogêneas, e os geócoros a combinação entre geômeros. Para examinar tais sistemas, Sochava estabeleceu três propriedades ou atributos (estrutura, dinâmica e evolução), além destes atributos, a dimensão espacial também foi levada em consideração, sendo dividida em três escalas de diferenciação dos Geossistemas (planetária, regional e topológica) (RODRIGUEZ; SILVA, 2019).

Além da descrição das estruturas, processos e formas, que tivera, sobretudo na história natural, maior influência dos fatores morfoestruturais e morfoesculturais, a ação do homem é um elemento a ser analisado. Isto se deve, principalmente pela velocidade com que as técnicas produzidas para a otimização das atividades extrativas e produtivas, têm alterado os meios naturais, em diferentes dimensões, retrabalhando-os e criando novas configurações (TROPMAIR; GALINA, 2006). Para Rodriguez e Silva (2019), o homem influi modificando os componentes naturais do Geossistema, na medida em que, altera os solos (desertificando-os em alguns casos) e o regime pluviométrico, degrada a vegetação, assim como, contamina as bacias de drenagem.

Na premissa da paisagem na Geografia Física como o resultado de forças opostas que se inter-relacionam para formar os diferentes compartimentos do relevo, firmando-se como um “todo unificado”, muito imbricada à Teoria dos Geossistemas (LEITE, 2011), senão a aglutinação de inúmeros Geossistemas, reconhece-se o carste como paisagem singular, de

características e comportamentos próprios, mas que complementa o “todo maior”, o relevo terrestre.

Com esse raciocínio, compete salientar os fatores preponderantes para a formação do relevo cárstico, mencionados anteriormente, mas que não oferece relutância à retomada da abordagem, acima de tudo, por reforçar o que tem sido discutido acerca da paisagem.

Resgata-se então, e de maneira breve, que o relevo cárstico é resultante da litologia e sua espessura, dos processos intempéricos químicos, físicos e biológicos (os químicos principalmente), dos fraturamentos por movimentos tectônicos, quantidade de dióxido de carbono na atmosfera e no solo (que torna a água acidulada), diferenciação climática etc., além claro, das mudanças ocasionadas pelas práticas humanas atuais, mais intensas do que outrora (CVIJIĆ, 1895; PILÓ, 2000).

Advoga-se, portanto, que a paisagem cárstica apesar de suas especificidades, não está dissociada das demais paisagens, e que sofreu e sofre interferência das “esferas” elencadas anteriormente (TORRES; NETO; MENEZES, 2012), correspondendo, deste modo, a uma porção complementar da litosfera, denominada: “carstosfera”, terminologia inserida no campo científico por Maruashvili (ANDREYCHOUK et al., 2009 citado por TRAVASSOS, 2019).

De forma complementar, apesar de estar explícito que as leis naturais dominam a dinâmica daquilo que resultou nas principais paisagens geomorfológicas, reitera-se os escritos de Vitte (2007, p. 71), segundo os quais a concepção cultural de paisagem está relacionada ao “imaginário coletivo”, imbuído de saberes empíricos, adornando-a, também, como uma categoria social, mas que não se distancia da concepção física.

Veja-se, por exemplo, os topônimos designados às morfologias naturais regionais, representando em sua particularidade noções conjuntas da civilização residente. Enquanto Cvijić (1895) reconhecia que na Itália as dolinas eram chamadas de *busso* e *pozzo*, noutros locais daquele país, principalmente em algumas regiões Apulianas, tais depressões são conhecidas por *gurgos* e *pulos* (DELLE ROSE; FEDERICO; PARISE, 2004). Cvijić (1895), por sinal, descreve uma variedade de sinônimos para feições doliniformes, apresentando definições em inúmeros idiomas. No Brasil, na região da Bacia Sedimentar do Bananal, essas feições, como já mencionado, foram “batizadas” de *Ipucas* (água arrebatada em tupi) (MORAIS, 2017, p. 283).

Há de se considerar as especificidades morfogenéticas de cada uma dessas feições, ainda que sejam em terrenos cársticos. E, para além da morfologia, o sentido cultural transmuta

espacialmente, criando como que uma tipificação regional, uma característica paisagística que se espalha no imaginário e nos conhecimentos dos descendentes, quando não deixada de lado.

Para findar essas breves reflexões, não com o intuito de esgotar as discussões sobre tais conceitos, categorias de análise e mesmo teoria, que possuem uma íntima relação (Paisagem e Geossistema), sintetiza-se com uma definição de paisagem (como categoria física e social) de forte significado, qual seja, a paisagem como uma “herança”, definição defendida por Ab’Sáber (2012) de forma sucinta, nos pormenores de sua importante obra a respeito dos domínios de natureza no Brasil. Sobre a paisagem, ele diz que: “ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades” (AB’SÁBER, 2012, p. 9).

Julga-se pontuar que, a paisagem é uma categoria-chave para a compreensão das diferentes formas de relevo, não se limitando apenas ao visível e ao audível, mas resultando de forças globais complexas (BERTAND, 2004), que, em suas singularidades, guardam registros do tempo geológico e antrópico, na medida em que, ainda continua a sofrer alterações. Para tanto, as “heranças” há de serem melhores geridas, para salvaguardar a possibilidade de outros humanos contemplarem-nas e usufruí-las. Isto, indubitavelmente, inclui o relevo cárstico, de forma que, através do aparato cartográfico produzido sobre as diferentes paisagens em rochas carbonatadas do Brasil, os “tecnocratas, governantes e especuladores de todos os naipes” como dizia Ab’Sáber (2012, p. 127), estarão mais munidos de informação, assim como a sociedade civil de maneira geral.

2.3 Técnicas Cartográficas e a Compartimentação Geomorfológica

O mapa por suas informações, historicamente representou para civilizações e nações, símbolo inequívoco de dominação e conhecimento do território, sendo mantido em sigilo, levado ao apreço de poucos confidentes. O mesmo, anteriormente à escrita era meio de comunicação e entendimento da organização espacial.

Desse modo, é importante recordar que, no decurso histórico representaram não somente espaços habitados, vivenciados, mas também concepções próprias de mundo, a exemplo dos mapas criados à tutela da igreja. A partir do momento em que novas “(re)descobertas” a respeito da forma da Terra foram postas de manifesto, diferentes “mundos” foram emergindo,

motivando inclusive execuções dos que pregassem conhecimentos dissociados dos aceitáveis pela “ideologia divina” (FITZ, 2008a).

Gomes (2017) atribui grande parte dos primeiros conhecimentos geográficos aos chamados filósofos estoicos. A Crates de Tebas (365-285 a.C.) é arrogada a primeira noção de Planeta Terra, mais tarde calculada por Eratóstenes (FITZ, 2008a; GOMES, 2017). Segundo Gomes (2017, p. 67), no meio geográfico atual, talvez o estoicista mais famoso seja Estrabão (64 a.C. – 21 d.C.), que segundo o autor, foi responsável por um resgate dos saberes geográficos, produzidos por seus antecessores. Para não estender muito, o legado de Ptolomeu (98-168 d. C) é associado muito às navegações dos séculos XV e XVI, sobretudo pela precisão dos mapas, unindo matemática à imaginação (GOMES, 2017).

Nesse percurso da história humana, a técnica de confecção dos mapas, sobretudo nos períodos de domínio dos territórios por parte dos europeus, foi sendo cada vez mais aprimorada, e de acordo com Fitz (2008a), o surgimento da escala tornou-se um fato crucial, auxiliando a obtenção de informações mais precisas, contribuindo aos países colonizadores. Alpers (1983) citada por Gomes (2017) diz que, na Holanda do século XVII, os que desenhavam ou confeccionavam mapas eram considerados “competentes agentes da descrição do mundo” (GOMES, 2017, p. 31).

Recentemente, mais especificamente do século XX para o século XXI, com o *boom* tecnológico, os cartógrafos tradicionais especializados foram deixados de lado, e, à medida com que os *hardwares* e os *softwares* aprimoravam-se, novas modalidades de mapeamento eram incorporadas, estando essa nova constituição de produção informacional muito atrelada à corrente denominada de Geografia Pragmática (Geografia Quantitativa) (CÂMARA; MONTEIRO; MEDEIROS, 2001).

No que concerne aos mapas/pesquisas a respeito da paisagem física, considerando, sobretudo, o espectro da Geomorfologia, e, tirando um pouco do peso imputado por Fitz (2008a) às tecnologias, vale ressaltar que, o trabalho de campo é uma exigência e seu planejamento é inegável. Para tanto, existem livros que delineiam e buscam facilitar a coleta dos dados *in situ*, fornecendo também subsídio à etapa realizada previamente em escritório (IBGE, 1995; VENTURI, 2009; CAVALCANTI, 2018).

Na era dos dados instantâneos, mesmo que o mapeamento geomorfológico seja dependente das tecnologias mais sofisticadas, Griffiths, Smith e Paron (2011) abordam a necessidade de um bom levantamento de campo altamente condicionado às habilidades dos pesquisadores, convergindo para maior fidedignidade na interpretação dos produtos de sensores

remotos. Este detalhe, implica positivamente, quando se trata de escalas médias ou grandes. Discorrendo de maneira parecida, Fitz (2008b) afirma que, para uma boa interpretação de imagem de satélite, é crucial o conhecimento da porção espacial imageada, associado à capacidade técnica de quem manipula os *softwares*.

Ao fazer um breve resgate histórico, depreende-se que, na seara dos estudos sobre o relevo, mais propriamente sobre a compartimentação, houveram formas distintas de se cartografar os fenômenos. Alguns, consideravam a dimensão como fator principal em detrimento de outras interpretações, característica associada aos geógrafos franceses (FLORENZANO, 2008). Ainda num contexto histórico, haviam especificidades de cada país na confecção dos seus mapas, uns mais detalhados, outros menos (FLORENZANO, 2008), sendo a legenda um desafio, e a padronização do mapeamento geomorfológico algo complexo (GRIFFITHS; SMITH; PARON, 2011).

Por ser um instrumento que, de maneira detalhada e resumida, visa facilitar a análise dos fatos geomorfológicos (FLORENZANO, 2008), especializações eram ocorrentes, e minar o “efeito poluidor” pelo excesso de informações, tornara o mapa nesse segmento da Geografia, uma generalização mais fiel do modelado.

Com uma proposta mais acurada e inovadora para o Brasil da época, Ross (1992) elaborou uma taxonomia para os estudos do relevo brasileiro; estabelecendo 6 táxons, e propondo uma representação cartográfica sequenciada em cores para os dois primeiros táxons, e de letras específicas seguidas de algarismos arábicos para os demais, contemplando processos denudacionais e agradacionais do relevo.

No carste e em outros domínios morfológicos, imagens de radar, MDE, MDT e imagens de satélite têm sido produtos de suma importância para a exploração superficial e entendimento da paisagem. No estado do Minnesota – USA, Green et al. (2002) usaram modelo sombreado do relevo, aerofogrametria, trabalho de campo, análise de mapa geológico e pesquisas com a população local para compilarem o mapa de unidades cársticas do Condado de Mower.

No Brasil, os produtos e técnicas de sensoriamento remoto também têm possibilitado conhecimentos mais detalhados sobre este tipo de modelado, podendo-se referenciar Karmann (1994) com estudo sobre o alto vale do rio Ribeira de Iguape e, Sallun Filho e Karmann (2007b) com zoneamento da Serra da Bodoquena. Alves (2018), por sua vez, fez a compartimentação topográfica das cercanias do rio Azuis, no sudeste do Tocantins, compilando informações em um mapa de fenômenos cársticos, em escala de detalhe (1:25.000), com auxílio de fotografias aéreas.

No que cinge à compartimentação, pode ser apontado o uso de traçadores como metodologia para compreensão das zonas de recarga e descarga do carste, tornando-se técnica importante, realizada em várias localidades do mundo, enriquecendo ainda mais os mapas dos fenômenos (CHRISTOFOLETTI, 1974; GREEN et al., 2002; HAJNA, 2019).

Por diversos produtos serem gratuitos, imagens de radar e satélite têm facilitado as pesquisas em diversas áreas antes pouco estudadas, porém existem tecnologias que ainda são dispendiosas, mas que facilitariam e melhorariam em muito a ciência do carste no Tocantins (local da pesquisa), e no Brasil em geral. Estudos com o uso de drones estão numa crescente considerável em algumas partes do Brasil e do mundo. O uso de mapeamento 3D para cavernas também tem se mostrado uma inovação de elevado valor científico (SIMÕES, 2019).

Compreende-se desse modo, que na atualidade, apesar de existirem *hardwares* mais potentes e *softwares* diversificados, é importante direcionar os estudos físicos geográficos numa perspectiva conjunta, valorizando as metodologias tradicionais e as geotecnologias atuais, constituindo um ferramental essencial e otimizador. Ademais, a unificação das simbologias, com convenções específicas, tende a tornar o mapeamento mais sofisticado, legível, dinâmico e padrão.

2.4 Geodiversidade, Geoturismo e Geoconservação no Carste.

Praticamente tudo o que se conhece em termos tecnológicos tem uma íntima relação com o mundo natural animado ou inanimado, fazendo com que haja uma dependência cada vez maior dos elementos da biodiversidade e da geodiversidade. Como tem sido abordado, sabe-se que homem sempre utilizou os recursos naturais, e a tendência é que continue a usufruir dos mesmos substancialmente a cada ano, de forma que o crescimento populacional na contemporaneidade, atrelado ao consumismo exacerbado, exijam grandes quantidades de ativos naturais (BRILHA, 2005; NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO-NETO, 2008).

Assim, a preocupação com a natureza abiótica, justifica-se, porque os elementos geológicos, geomorfológicos, mineralógicos e paleontológicos, além de indispensáveis para os seres vivos, são frágeis às ações humanas, mesmo que demonstrem uma resistência e robustez. Além disso, a geodiversidade possui valores, os quais possibilitam o reconhecimento da história do Planeta e da evolução das paisagens (BRILHA, 2005; PIEKARZ, 2011; GRAY, 2019).

Como sustentáculo da vegetação, por exemplo, Gray (2019) utiliza o conceito de “Zona Crítica” para demonstrar a interação existente entre geodiversidade e biodiversidade. Desde o saprolito até a copa das árvores há uma miríade de inter-relações que se justifica pela dinâmica

sistêmica do Planeta, como atestado no contexto da categoria paisagem. No carste, a “Zona Crítica” dá um aspecto particular à vegetação, que se confunde com o carbonato no período seco, por causa das folhas caducas, e com as demais coberturas arbóreas durante as águas (EVANGELISTA; TRAVASSOS, 2014, p. 86).

Além do fator funcional, o carste contém valores intrínsecos, culturais, estéticos, econômicos, científicos e educativos de suma importância, os quais já foram apontados, mas que serão rapidamente resgatados para exemplificar a sua geodiversidade.

Conforme Brilha (2005), o valor intrínseco carrega subjetividades e está relacionado à interação do homem com a natureza, seja enquanto dominador desta, ou integrante da mesma. Assim, o carste (rocha, solo, hidrologia, vegetação etc.) possui um valor próprio, mas também uma potencialidade de uso para o homem, traduzida nos atributos subsequentes. O valor cultural corresponde à relação do homem com os elementos abióticos e o conjunto da paisagem como um todo, expresso através dos signos, símbolos atribuídos a elementos da natureza, e à dependência para a vida. Algumas cavernas representam bem esse valor, sobretudo pelo apego religioso a elas, recobertas de ex-votos e altares (MOURA; ALT, 2015). Planícies cársticas, cultivadas há tempos, experimentaram a evolução da cultura agrícola e têm sido funcionais para diversas civilizações (KRANJC, 2013).

O valor estético é outro atributo importante do carste. Para muitos, ele é atraente, tem locais esplêndidos. Para outros, causa repulsa, aversão, o que demonstra o caráter subjetivo desse valor (BRILHA, 2005). O econômico, por sua vez, diz respeito à extração mineral, uso como corretivo do solo, construção de templos, calçadas, entre outros. A este, soma-se, ainda, as visitas turísticas (AZEVEDO; KOHLER, 2003; NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO-NETO, 2008; PIEKARZ, 2011; TRAVASSOS, 2019).

Já o científico e o educacional são dois valores imensuráveis. As rochas carbonáticas possuem informações importantes sobre a evolução da Terra, algumas das quais remota ao éon Proterozóico, e possuem vestígios dos primeiros seres a contribuírem com a formação da atmosfera atual (Estromatólitos). A quantidade de cavernas distribuída pelo globo, também auxilia no ciclo do carbono, bem como seus espeleotemas contêm evidências paleoclimáticas (ANDREU et al., 2016). As condições cavernícolas conservaram vestígios da megafauna brasileira e de paleoíndios na região de Lagoa Santa – MG, dando oportunidade para Peter Lund decifrar a relação entre a fauna antiga e os antepassados humanos, colocando esta cidade mineira no cenário científico mundial já no início dos anos 1800 (HOLTEN; STERLL, 2011).

Observa-se, com isso, que o carste possui inestimáveis recursos, e o valor educacional se manifesta em diversas áreas do saber, do ensino do tempo geológico à história da arte. Mas, apesar de todo esse quadro de benefícios ofertados, esses tipos de terrenos são suscetíveis ao risco. Para Hamilton-Smith (2006), a menor transformação nos grandes componentes cársticos pode impactar em todo o sistema. Recurso vital, a água, por exemplo, pode ser poluída e levar ao “sofrimento ambiental”, fazendo com que doenças apareçam após longos períodos de tempo (SOUZA, 2019, p. 145). Pichações sobrepostas às pinturas rupestres também mostram a falta de conhecimento sobre a importância da geodiversidade, fato que resulta do “analfabetismo científico” e também da ignorância (MOURA; ALT, 2015; DEMIGUEL et al., 2020).

Para Mansur (2018, p. 10), “a raiz das ameaças está nos interesses econômicos para o uso das terras, muitas vezes incompatíveis com a conservação da geodiversidade”. Acrescenta-se, ainda, o desconhecimento dos governantes sobre a importância dos recursos abióticos. Grandes corporações não devem se eximir da responsabilidade, pois também impactam em menor ou em maior grau, alguma porção da superfície terrestre.

Assim, pelo fato da intensa exploração dos recursos naturais, com a finalidade de fornecer matéria prima majormente à indústria, que é, sobretudo, amparada no binômio produção/consumo, há por parte de muitos cientistas da natureza uma preocupação cada vez mais incessante acerca da degradação das fontes naturais que, em alguns casos, tem levado a situações quase sem capacidade de remediação, configurando um problema futuro para a população mundial, e para a Terra enquanto sistema.

Com isso, surge a necessidade de manutenção desses bens, e estratégias são postas em evidência pela comunidade científica através de várias frentes de divulgação, seja pela produção de conhecimento, por palestras, eventos científicos e, principalmente pela luta em prol da criação de áreas protegidas ou reconhecidas como dotadas de importância para a humanidade e para o conhecimento da evolução do Planeta (BRILHA, 2005).

Nesse contexto, os vocábulos – Geodiversidade, Geoturismo e Geoconservação – vieram para se firmar e modificar o pensamento conservacionista convencional, apresentando alternativas pautadas naqueles elementos que aparentemente não seriam destruídos pelos humanos.

De acordo com Evangelista e Travassos (2014, p. 14), “quanto mais se conhece o patrimônio natural abiótico, maior é a capacidade de conservá-lo”. Travassos (2019, p. 178) diz que o geoturismo tem como pilares a geodiversidade, o patrimônio geológico e a geoconservação, sendo, portanto, uma forma de fornecer conhecimento à população sobre os

processos que desencadearam a formação do arcabouço geológico. Segundo Nascimento, Ruschkys e Matesso-Neto (2008, p. 42), o geoturismo caracteriza-se pelas visitas a locais com patrimônio geológico significativo, dentre estes o geomorfológico.

Através do geoturismo, pode-se elevar a conscientização popular e conseqüentemente favorecer a geoconservação. Evidentemente que almeja-se conservar aqueles locais mais propícios à contemplação e que forneçam informações relevantes sobre a história da Terra, sobre os processos de evolução da paisagem e do ser humano, entre outros, os quais devem ser traduzidos para a população geral de forma mais acessível. Para o geoturista, estar ao ar livre pode ser bom para a saúde mental e física. Para o sítio, existe a possibilidade de continuar sua dinâmica natural (PEREIRA, 2006; MANSUR, 2018; GRAY, 2019, p. 228).

Travassos (2019, p. 188) aponta que no caso do Brasil e suas áreas cársticas, as Unidades de Conservação podem contribuir com a geoconservação. De acordo com o Painel Unidades de Conservação Brasileiras, do Ministério do Meio Ambiente, acessado no dia 03/11/2020, existem 2.446 UCs no Brasil, quantidade também citada por Santos, Cristo e Moreira (2019). Destas, 1.669 são de Uso Sustentável e 777 de Proteção Integral. Nesse contexto, Nascimento, Ruschkys e Mantesso-Neto (2008) abordam que, das UCs as que mais se enquadram ao patrimônio geológico são: Parque Nacional, Monumento Natural, Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural. Juntas, estas categorias correspondem a 77,88% do total. Das 27 UCs do Tocantins, registradas nesse painel, 26 distribuem-se entre as categorias mencionadas.

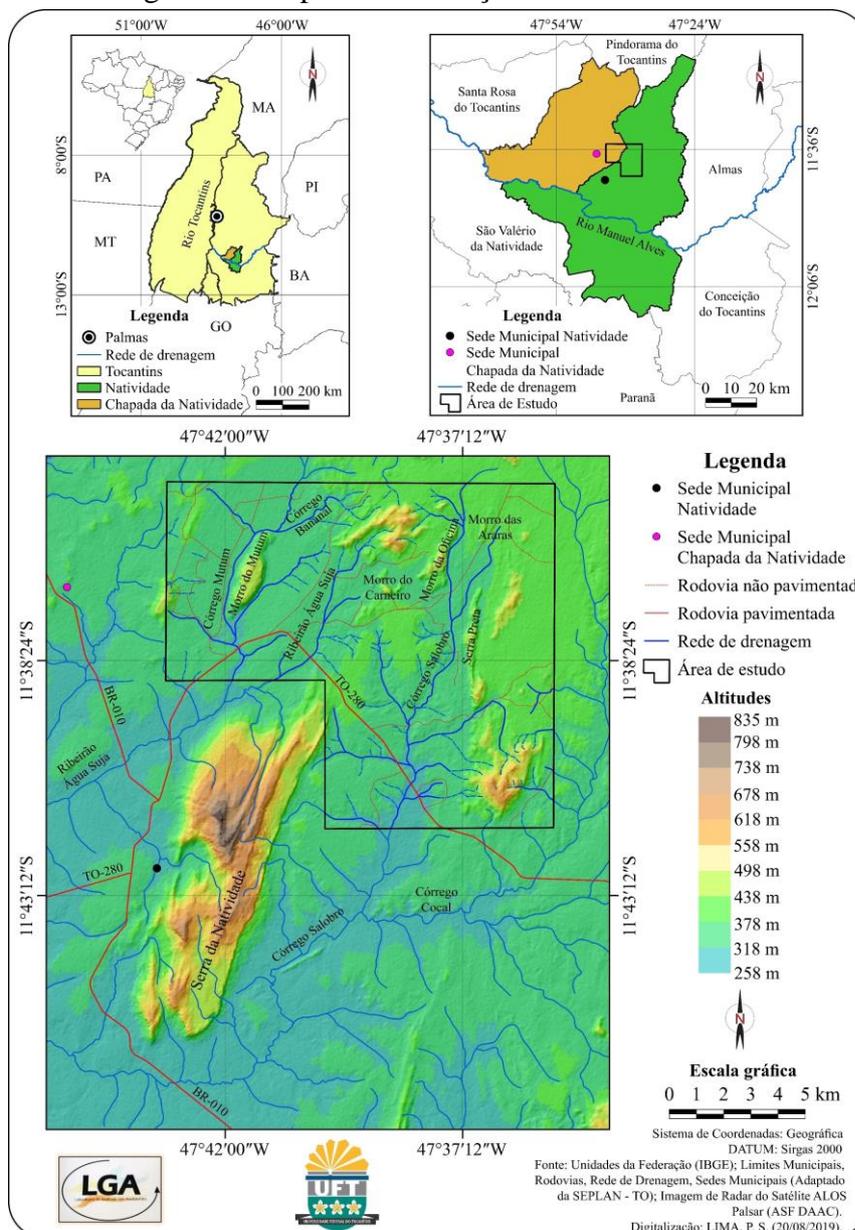
No contexto Nacional, algumas das UCs têm no carste um dos principais elementos, ainda que sua criação não tenha sido motivada exclusivamente por tal tipo de relevo. Ademais, ele potencializa a prática turística. No PETAR – Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, por exemplo, as cavernas já chegaram a receber cerca de 20.000 pessoas ao ano. No Parque Nacional da Serra da Bodoquena, em 2007, as visitas foram ainda maiores, quase 50.000 (LOBO; BOGGIANI, 2013). No PESU – Parque Estadual do Sumidouro em Minas Gerais, 10 LIGeoms – Locais de Interesse Geomorfológico foram escolhidos com o intuito de evidenciar o patrimônio geomorfológico e promover o geoturismo consciente. Alguns dos pontos escolhidos possuíam painéis explicativos, mas trilhas guiadas foram propostas para aumentar a divulgação e transmissão do conhecimento, com vistas aos preceitos da geoconservação.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização da área de estudo

A área pesquisada está delimitada por um polígono que abarca parte dos municípios de Natividade e Chapada da Natividade, e situa-se a cerca de 5 km da sede de Natividade, seguindo em direção à Almas pela rodovia TO-280 (Figura 5).

Figura 5 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Natividade e Chapada da Natividade localizam-se na região sudeste do Tocantins e estão a aproximadamente 221 km de Palmas, capital do estado, podendo ser acessadas pela rodovia BR-010. De uma cidade a outra são cerca de 11,4 km, interligadas por esta rodovia. A área de estudo foi delimitada no *Google Earth Pro* e possui coordenadas de Latitude: 11°34'43.71"/11°41'49.05" Sul e Longitude: 47°35'21.49"/47°43'06.19" Oeste. O recorte da área justifica-se pela quantidade de feições carbonáticas nessa porção espacial, com a presença de morros, dolinas, cavernas entre outras. Em termos de área propriamente dita, corresponde a um total de 153,188 km², dos quais 104,519 km² (68,23%) fazem parte de Natividade, enquanto que 48,669 km² (31,77%) pertencem ao município de Chapada da Natividade. Tanto Natividade quanto Chapada da Natividade possuem baixa quantidade de habitantes, e na tabela 1 é possível observar os dados referentes às características populacionais, assim como o tamanho do território de cada município.

Tabela 1– Área e características populacionais dos municípios da pesquisa.

Municípios	Área km²	hab/km² (2010)	População (2010)	População (2020*)
Natividade	3.241,672	2,78	9.000	9.250
Chapada da Natividade	1.640,833	1,99	3.277	3.331

Fonte: IBGE Cidades (2017), Acesso em: 08/11/2020.

*Estimativa.

A cidade de Natividade foi fundada em 1734 por Antônio Ferraz de Araújo, conhecida, à época, como Arraial de São Luiz (VAZ, 1985; IPHAN, 2014). Sua origem, de acordo com IBGE (2017), é decorrente da chegada de imigrantes portugueses em busca do ouro, os quais por meio do trabalho escravo fixaram moradias no alto da Serra da Natividade (Figura 5). Um fato importante a ser destacado é que, de acordo Paternostro (1945), o “povoado” de Natividade foi formado porque o emissário Sargento João Pacheco do Couto, indo àquela localidade a mando do Governador do Maranhão em 1731, se recusou a acabar com os conflitos pelo ouro, favorecendo o povoamento da região. O certo é que, por meio do labor escravo e da busca pelo metal precioso surgira ali o início do aglomerado humano que viria a se tornar a cidade atual. Novamente em conformidade com o IBGE (2017), no ano de 1832 o Arraial de São Luiz passou a ser denominado Vila da Natividade. Já no século XX, mais especificamente no ano de 1933, e com os limites territoriais definidos, surge então o município de Natividade.

Chapada da Natividade também tem sua origem relacionada à extração do ouro, tendo como figura importante o garimpeiro Carlos Marinho, que iniciou, em 1736, o povoamento do

então Arraial de Chapada. No século XVIII foi instalado, ainda, neste Arraial, um posto de contagem, denominado “Contagem de Chapada da Natividade”. Este posto tinha como objetivo a fiscalização e a arrecadação de tributos sobre o trânsito de animais de uma capitania para outra, e acredita-se que, o nome atual do município deriva do mesmo, fazendo-se presente no meio social desde 1780. A quantidade de residentes do local foi impulsionada por quilombolas que se instalaram próximo ao posto de contagem, e por influência dos descendentes destes quilombolas houve a emancipação municipal no ano de 1995, 259 anos após a chegada dos primeiros moradores (IBGE, 2017).

3.2 Geologia

No que se refere ao contexto físico-geográfico dos municípios, geologicamente, estudos pioneiros situavam a área no Complexo Almas-Cavalcante, na porção setentrional da Faixa de Dobramentos Brasília (Zona Externa), faixa que corresponde à parte centro-leste da Província Tocantins. A configuração do embasamento regional, segundo as primeiras pesquisas, constituía-se por corpos graníticos-gnáissicos e *greenstone belts* de idade paleoproterozóica (GORAYEB et al., 1988; SABOIA, 2009). Nos aportes estabelecidos por tais trabalhos, sobre o embasamento do Complexo Almas-Cavalcante, repousam discordantemente os metassedimentos do Grupo Natividade, de idade paleo/mesoproterozóica, caracterizados por sequência deposicional dividida em 8 unidades da base para o topo (DARDENE; SABOIA, 2007; SABOIA, 2009). De acordo Hasui, Costa e Abreu (1984), o Grupo Natividade se estende pela margem esquerda do rio Tocantins para a região de Gurupi.

De interesse para esta pesquisa, as unidades 3 e 4 do Grupo Natividade são as que abarcam o recorte estabelecido como área de estudo. De acordo com Saboia (2009), na unidade 3 de predominância metadolomítica, que tem como maior segmento a Serra do Mato Virgem, há uma transição de tais metadolomitos para metacalcários, estes correspondendo às feições remanescentes da área escolhida (Serra Preta, Morro da Oficina, Morro do Carneiro, Morro das Araras), estando sobrepostos diretamente ao embasamento, e apresentando microformas típicas do carste (*lapiás*) (SABOIA, 2009). Os metadolomitos correspondem, também, à principal elevação carbonática na área estudada (Morro do Mutum). Ainda de acordo com esse autor, este conjunto de serras e morros formam uma ampla sinclinal e uma pequena anticlinal.

A unidade 4 torna-se importante para análise da área de estudo, na medida em que os metassiltitos estão depositados sobre os metadolomitos e metacalcários da unidade 3, abarcando

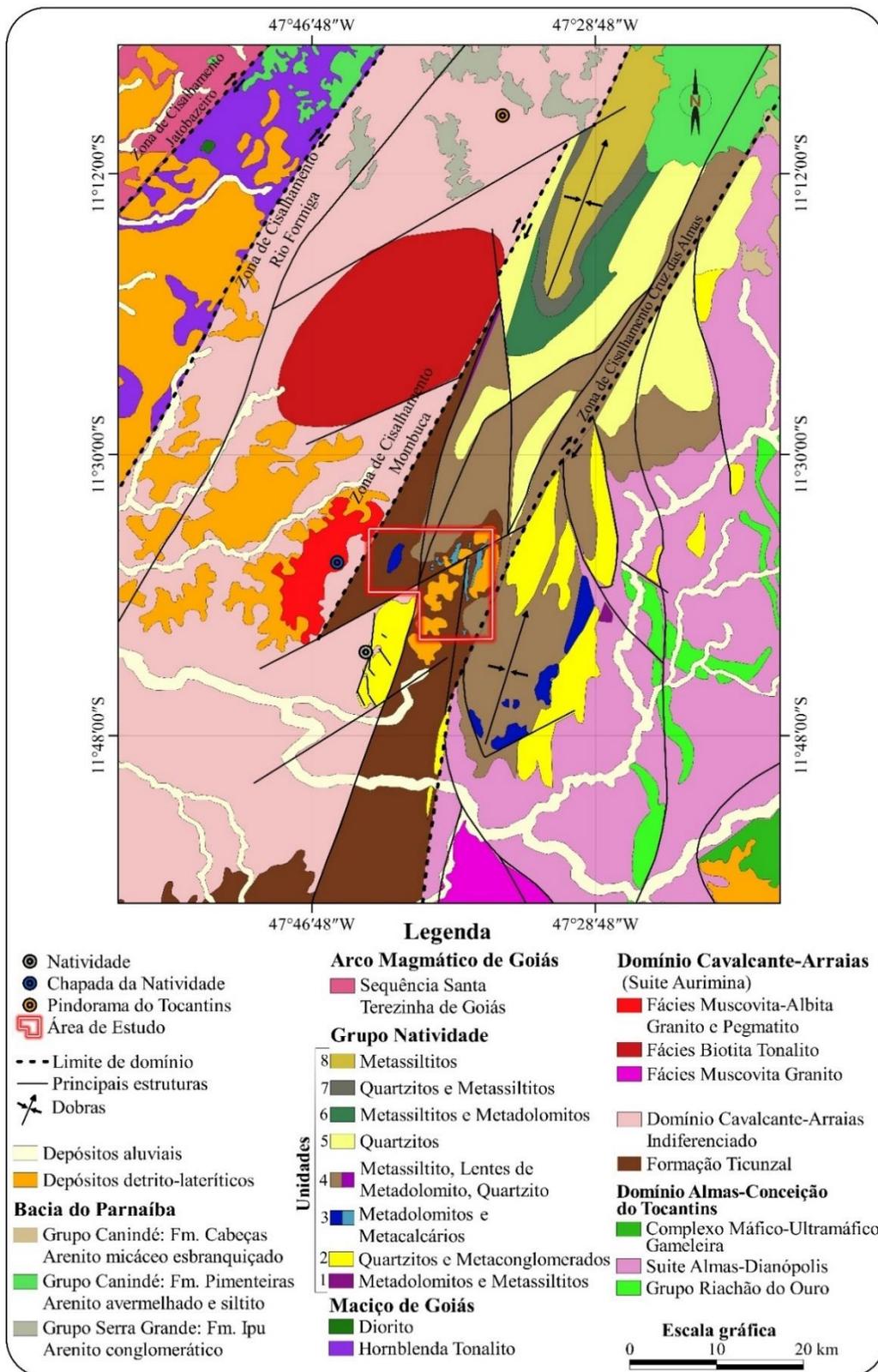
as porções norte da área, nas proximidades dos morros da Oficina e do Carneiro, e a sudeste, próximo à Serra Preta.

Os metassedimentos do Grupo Natividade foram depositados em plataforma marinha rasa (IBGE, 2007; SABOIA, 2009), e são caracterizados pelos intensos fraturamentos associados à orogenia transbrasileira. Sobre o Grupo Natividade, repousam ainda os sedimentos paleozóicos da Bacia Sedimentar do Parnaíba (Formação Pimenteiras e Grupo Serra Grande) (SABOIA, 2009).

Vale ponderar que, trabalhos recentes têm buscado compreender mais acuradamente a sequência evolutiva da região. Souza et al. (2017) realizaram estudos interpretativos 10 km a leste da Serra da Natividade e definiram a sequência deposicional do que classificaram como Bacia Natividade. Dividiram os ambientes de acumulação sedimentar em duas categorias, uma a qual chamaram “Mar restrito” e outra “Mista”, esta última ramificada sob as denominações “Marinho raso” e “Marinho Profundo”. Ainda que não tenham abarcado a parte oeste, local da presente pesquisa, infere-se a possibilidade de deposição sedimentar na zona classificada como “Marinho raso” (SILVA, 1987, p. 18). Esta interpretação se dá, por terem os autores definido a parte sudoeste daquela pesquisa como plataforma marinha rasa, coincidindo com a área aqui estudada.

Praxedes (2015) pontua que os metassedimentos do Grupo Natividade estão sobrepostos a dois domínios distintos, que se uniram ainda no paleoproterozóico, formando um único embasamento, chamado de Bloco Natividade-Cavalcante, nomenclatura distinta do generalizado Complexo Almas-Cavalcante pontuado por Gorayeb et al. (1988), Saboia (2009), e referenciado aqui em parágrafo anterior. Tendo como limite tectônico a Zona de Cisalhamento Cruz das Almas (ZCCA), o Bloco Natividade-Cavalcante possui ortognaisses na parte oriental, e paragnaisses na ocidental. Os metadolomitos e metacalcários da unidade 3 de Saboia (2009), quais sejam os pesquisados neste trabalho, foram acomodados no que Praxedes (2015) nomeou de Domínio Cavalcante-Araias (DCA). Contemplando as descrições realizadas pelos autores em questão, tentou-se sintetizar um mapa geológico (Figura 6) com ênfase para a área de estudo, destacando-se ainda as parcelas das unidades 3 e 4, pertencentes ao âmbito da pesquisa.

Figura 6 – Mapa geológico da região de Natividade.



Fonte: “Adaptado de” Saboia (2009, p. 30), Saboia et al. (2014) e Praxedes (2015, p. 41-42).

3.3 Geomorfologia

A respeito da geomorfologia, a região de Natividade comporta os seguintes padrões de relevo: Planaltos e baixos Platôs dissecados, pertencentes ao Domínio das Unidades Denudacionais em Rochas Sedimentares Pouco Litificadas; Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, principalmente próximo ao rio Manuel Alves; *inselbergs* e outros relevos residuais, domínio de morros e serras baixas, domínio montanhoso, caracterizado pela Serra da Natividade e pela Serra do Grilo, e algumas escarpas serranas nas bordas dos planaltos, nos quais correspondem ao Domínio das Unidades Denudacionais em Rochas Sedimentares. No que diz respeito às Unidades Agradacionais, encontram-se planícies fluviais nos afluentes do rio Manuel Alves (CPRM, 2016). Concernente à área de estudo, o mapa de geodiversidade do estado (CPRM, 2016) dá apontamentos sucintos sobre a ocorrência de dolinas, cavernas e sumidouros, pontuando as fragilidades e possíveis riscos de desmoronamento (colapso).

3.4 Clima

De acordo com a SEPLAN (2012a), a região enquadra-se na categoria de clima úmido subúmido. A maior parte da área pesquisada, pertencente ao município de Natividade, apresenta pequena deficiência hídrica (C2w2A´a`), possuindo evapotranspiração média anual de 1.600 mm, distribuindo-se no verão em torno de 410 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperaturas mais elevadas. Já a menor porção da área, situada no município de Chapada da Natividade, caracteriza-se por deficiência hídrica moderada (C2wA´a´´), com evapotranspiração média anual de 1.500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 420 mm. A temperatura média anual do ar é da ordem de 25 °C, e a precipitação anual, no polígono delimitado, varia de 1.500 mm a 1.600 mm (SEPLAN, 2012a).

3.5 Solos e Vegetação

A vegetação é característica de cerrado, havendo, porém, zonas de tensão ecológica entre o cerrado e a floresta estacional, sendo o cerrado mais expressivo nas encostas e topos dos morros (cerrado rupestre), enquanto que a floresta estacional expande-se pelas encostas inferiores e pelo talvegue (SEPLAN, 2012a). A configuração pedológica apresenta os seguintes tipos de solos: Neossolos, Plintossolos, Planossolos, Latossolos e Argissolos. Nas proximidades

da área, os solos são caracterizados por serem bastante profundos e possuírem boa fertilidade natural, enriquecidos com minerais ferromagnesianos (SEPLAN, 2012a; CPRM, 2016).

3.6 Uso da Terra

Em termos de uso da terra, há uma diversidade nas lavouras cultivadas, desde arroz, mandioca, milho até a produção de soja. No mais, a pecuária também é forte na região. Uma das atividades mais expressivas, sem dúvidas, tem sido a extração do ouro, realizada desde o século XVIII, tanto em Natividade quanto em Chapada da Natividade, e que ainda se configura como prática atual. Outra extração mineral significativa nesses dois municípios é a do calcário, configurando-se como mais um fator de transformação da paisagem da área de estudo.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Descrição dos procedimentos

Esta pesquisa seguiu um roteiro definido, e foi organizada nas seguintes etapas:

1- A primeira etapa teve como ponto de partida a aquisição de materiais bibliográficos nacionais e internacionais acerca da temática estudada, da história dos municípios de Natividade e Chapada da Natividade, bem como a obtenção dos produtos cartográficos utilizados durante a pesquisa. Fez-se uma busca por dados vetoriais e matriciais sobre a fisiografia da área estudada, recorrendo a sítios eletrônicos científicos, em seguida, foram feitas visitas de campo para o reconhecimento prévio da área.

2- Em sequência, foi realizada, com o auxílio da carta topográfica (SC.23.Y.C.IV Natividade) e do *Google Earth Pro*, a delimitação definitiva da área pesquisada. Para a caracterização dos aspectos fisiográficos (solo, clima, vegetação) foram utilizados os dados disponibilizados pela Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública do estado do Tocantins – SEPLAN. No tocante à geologia, este estudo sustentou-se nas pesquisas realizadas por Gorayeb et al. (1988), Dardene e Saboia (2007), Saboia (2009), assim como com base no mapa geológico do estado (IBGE, 2007), além de outros trabalhos consultados.

3- A terceira etapa foi destinada à elaboração dos materiais cartográficos que subsidiaram a pesquisa em todo o seu decorrer e também à confecção do mapa exploratório dos fenômenos cársticos da área. Para a realização dos mapas de hipsometria e declividade, os quais possibilitaram a compreensão da topografia local e as possíveis zonas de recarga do carste, utilizou-se a imagem de radar do satélite ALOS, sensor Palsar, com resolução de (12,5 m), disponibilizada gratuitamente pelo site *ALASKA SATELLITE FACILITY*. Ainda com esse produto, foi extraído por meio da ferramenta (*Extrair/contorno*) no *software* QGIS 2.18.0 as curvas de níveis que facilitaram a melhor visualização/compreensão topográfica. As classificações dos declives foram realizadas com base no proposto pela EMBRAPA (1999).

Para a confecção do mapa de fenômenos cársticos, recorreu-se à simbologia específica, tendo como base o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (1995) e os trabalhos de Paschoal, Conceição, Cunha (2010), Travassos (2010) e Alves (2018). A compartimentação cárstica, reforçada por meio das campanhas de campo, seguiu o método de investigação e descrição, baseando-se em Tricart (1956), Moura (1994), Kohler (1998), Kohler e Castro (2002), e em Sallun Filho e Karmann (2007b). A escala definitiva do mapa de fenômenos

cársticos (1:50.000) foi estabelecida quando do término dos mapas que serviram como base ao restante da pesquisa (declividade e hipsometria), configurando-se, desse modo, uma escala de semi-detalhe.

As transformações espaciais ocasionadas pelas atividades humanas foram postas em evidência por meio dos mapas de cobertura e uso da terra, produzidos a partir de imagens dos satélites Landsat-5 e Landsat-8 (Órbita/Ponto 221/068), seguindo os procedimentos metodológicos contidos no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), e possibilitando a visualização das principais pressões sobre o carste da área.

No que diz respeito ao potencial geoturístico do carste, principalmente numa concepção imbricada na geodiversidade e na geoconservação das formas mais expressivas, usou-se como base bibliográfica os trabalhos de Brilha (2005), Hose (2011), Piekarz (2011), Evangelista e Travassos (2014), Gray (2019) entre outros que abordam sobre a temática.

Em todos os momentos que corresponderam às campanhas de campo, foram utilizados receptores GPS para registrar a localização precisa dos pontos visitados e para uma melhor acurácia nos produtos cartográficos. Foram usados ainda câmeras fotográficas e dispositivos móveis (celulares), que registraram as principais feições analisadas. Como complemento, os pontos previamente escolhidos para serem visitados e as coordenadas dos mesmos, foram organizados na plataforma do *Google Earth Pro*, facilitando o desenvolvimento das atividades. Todos os mapas propostos foram digitalizados com uso do *software* livre QGIS, nas versões 2.18.0 e 3.4.5.

4- A quarta e última etapa foi reservada à organização dos materiais produzidos durante a pesquisa. Sendo criteriosamente realizada a revisão dos produtos cartográficos, e após ter cumprido tal 'protocolo', dedicou-se à escrita da dissertação, bem como, de artigos científicos.

4.1.1 Compilação dos dados e produção dos mapas base

Para a vetorização da rede de drenagem e das rodovias, foram utilizadas as bases vetoriais da SEPLAN (2012a). Porém, tendo em vista que, tais vetores foram extraídos da carta topográfica (SC.23.Y.C.IV Natividade), com escala de 1.100.000, algumas distorções presentes foram corrigidas, sendo ainda, cartografados novos canais fluviais e rodovias não pavimentadas a partir da imagem de satélite 'Copernicus Sentinel Data [07/07/2019]' (Órbita 81) com resolução espacial de 10 m e aquisição gratuita no site do *United States Geological Survey* –

USGS (*EarthExplorer*). A composição colorida da imagem foi definida pelas bandas 4 (vermelho), 3 (verde) e 2 (azul).

Os mapas de hipsometria e de declividade foram feitos a partir da imagem de radar do satélite ALOS/Palsar, cena ALPSRP270296950, obtida no endereço eletrônico <https://search.asf.alaska.edu/#/> no dia 19 de dezembro de 2018.

Para o mapa hipsométrico, a imagem do MDE obtida através do ALOS, sensor Palsar (12,5 m), foi tratada no *software* QGIS 2.18.0, de maneira que, primeiramente foi feita a reprojeção da camada, modificando o Sistema de Referência de Coordenadas – SRC de UTM (WGS84/UTM 23S) para coordenadas Geográficas (SIRGAS 2000). Posteriormente, com o auxílio do *plugin slacer*, obtido através do menu (*complementos*), foi realizado o fatiamento do MDE hipsométrico com o intuito de obter uma reclassificação precisa, tendo em consideração um intervalo altimétrico de 40 m, contabilizando um total de 9 classes.

Com vistas a realçar a topografia, no menu raster (*análise*) foi extraído um modelo sombreado, deixando-o sotoposto ao MDE hipsométrico. Após este procedimento, o fatiamento foi anexado em um novo ‘projeto’ organizado no *software* QGIS 3.4.5. Já com os dados na plataforma do QGIS 3.4.5, foram extraídas as curvas de níveis para representar o gradiente topográfico da área em questão.

No que concerne à declividade, os dados brutos (primários/originais), assim como na hipsometria, foram trabalhados no QGIS 2.18.0. O primeiro passo foi reprojetar a camada do MDE de coordenadas UTM (WGS84/UTM 23S) para coordenadas UTM (SIRGAS 2000/UTM 23S).

Por meio da ferramenta declividade acessada no menu (*processar*) no *software* QGIS 2.18.0, foi extraído o MDE declividade. Com uso da função *R.Reclass*, acessada no mesmo caminho mencionado acima, foi feita a reclassificação do raster de declividade, seguindo as classificações estabelecidas pela EMBRAPA no ano de 1999. Ainda no *software* QGIS 2.18.0, foi feita a reprojeção do raster de coordenadas planas para coordenadas Geográficas (SIRGAS 2000). Tendo concluído o processamento, anexou-se o raster na plataforma do *software* QGIS 3.4.5, e em seguida, foi feita a definição da paleta de cores, buscando um realce dos padrões estabelecidos.

Os mapas base de declividade, hipsometria, drenagem, rodovias, curvas de níveis e recorte da carta topográfica foram representados em uma escala cartográfica de 1:80.000.

4.1.2 Mapa de fenômenos cársticos

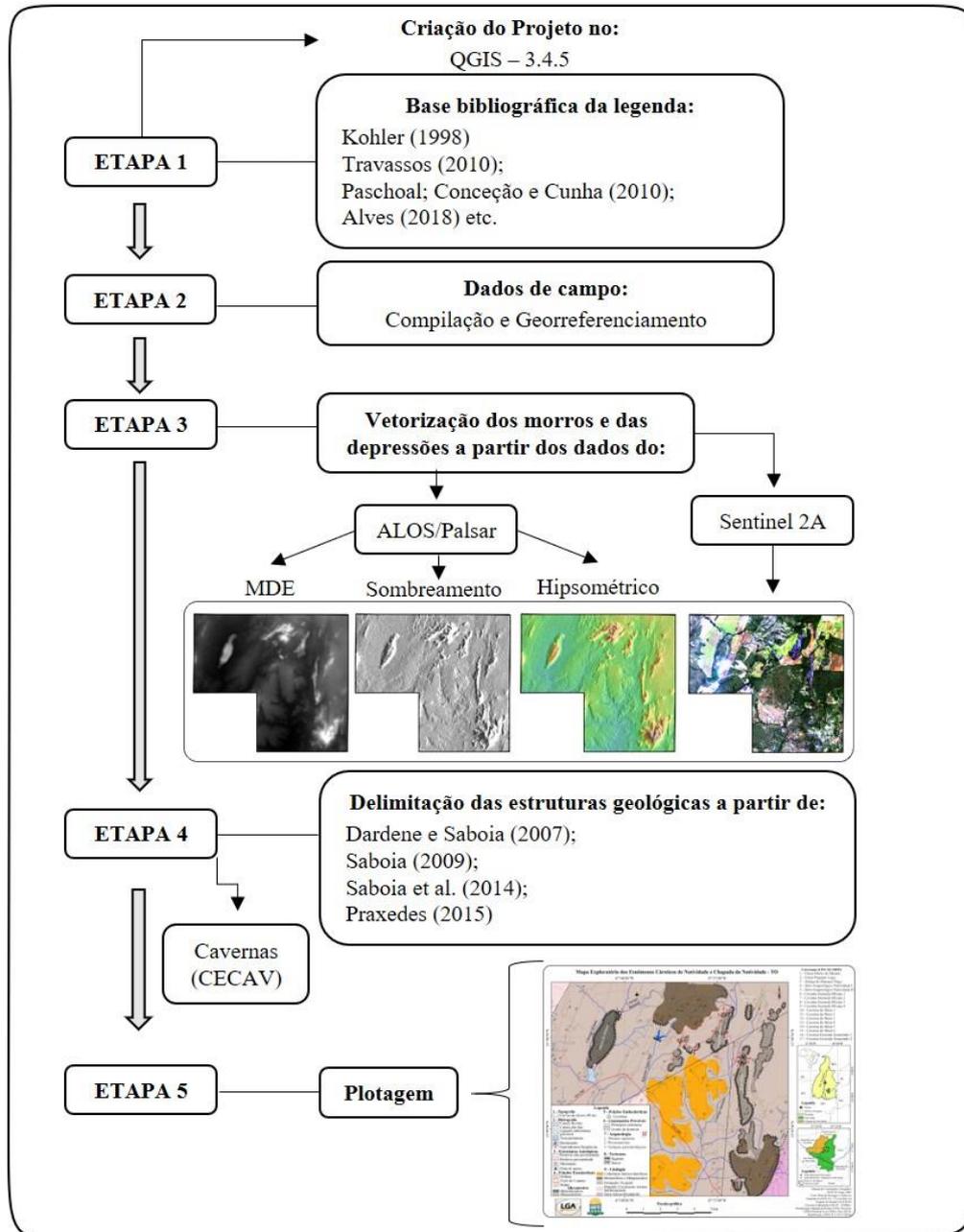
No endereço eletrônico do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV, vinculado ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, foi obtido o arquivo vetorial referente às áreas com ocorrência de cavernas no Brasil, sendo, a partir deste, confeccionado um mapa das respectivas áreas de abrangência no Tocantins (Apêndice A). Essas informações foram sobrepostas às outras camadas para a confecção do mapa exploratório de fenômenos cársticos, que foi feito com base nos seguintes procedimentos:

1. Criação do Projeto em plataforma do QGIS 3.4.5, usando Sistema de Referência de Coordenadas SIRGAS 2000.
2. Compilação, georreferenciamento e organização dos dados coletados em campo;
3. Vetorização dos morros residuais e das depressões mais significativas, a partir das imagens de radar do satélite ALOS/Palsar (ASF DAAC) e do satélite Sentinel 2A (USGS).
4. Delimitação das principais estruturas geológicas, tendo como base os trabalhos de Dardene e Saboia (2007), Saboia (2009), Saboia et al. (2014), Praxedes (2015) e outros.
5. Plotagem do mapa no compositor de impressão do *software* QGIS 3.4.5, utilizando simbologias específicas com base na bibliografia descrita no item 3 da seção 4.1.

Na figura 7 é possível observar de forma sintetizada o fluxograma relacionado aos procedimentos descritos.

Na legenda do mapa exploratório utilizou-se as convenções, de maneira que: As rodovias pavimentadas e não pavimentadas seguem um padrão de cor em tonalidade vermelha, com destaque para as não pavimentadas, com vetor do tipo linha pontilhada. As drenagens respeitam tonalidades azuis, sendo os canais pluviais mais claros que os fluviais, e também com vetor do tipo pontilhado. Por outro lado, as ligações subterrâneas prováveis estão indicadas por linhas pontilhadas de cor verde, com uma seta de mesma cor na extremidade. A área pantanosa foi apresentada com hachura específica, em tonalidade azul e branco. O barramento do ribeirão Água Suja também possui semiologia típica, assim como as áreas de mineração e pista de pouso.

Figura 7 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos referentes ao mapa exploratório dos fenômenos cársticos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os sítios arqueológicos e paleontológicos foram apresentados conforme a simbologia usada no “Mapa do Carst da Region de Pedro Leopoldo” (COUTARD; KOHLER; JOURNAUX, 1978). Para as cavidades, usou-se o símbolo Ω , enquanto que, para as dolinas deu-se preferência para uma simbologia circular, preenchida de branco e com borda avermelhada. Vale lembrar que, em virtude da escala (1:50.000), a simbologia aplicada às dolinas não condiz com o real tamanho das mesmas, sendo adotada a representação pontual de localização, cujo as feições em si, são detalhadas no decorrer do texto.

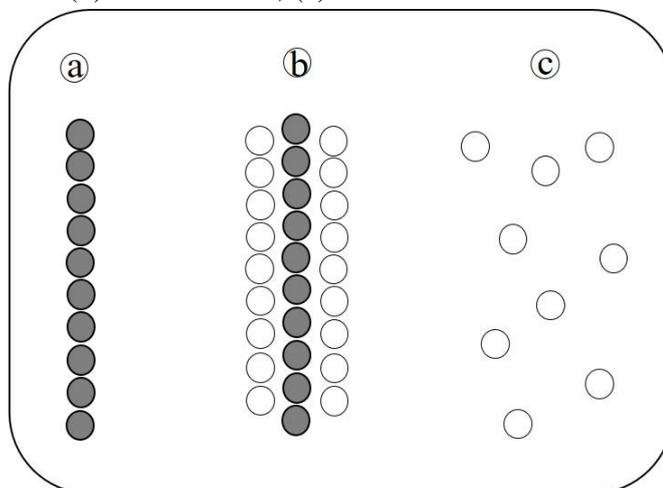
Possíveis sumidouros e surgências/ressurgências são representados por pontos vermelhos. Também em tonalidade rubra, porém em polígono pontilhado, apresenta-se o *polje* de contato. O único *hume* mapeado na área foi representado no mapa com polígonos concêntricos, preenchidos de amarelo e com bordas vermelhas. As vertentes são diferenciadas por vetores lineares, serrilhados de espessuras distintas. As principais estruturas estão discriminadas em preto, com destaque pontilhado para os limites de domínio. Por fim, os remanescentes cársticos e as demais litologias são indicados por exemplares coropléticos, com matizes similares a mapeamentos geológicos e a outros mapas de fenômenos cársticos.

4.1.3 Pontos de observação *in situ* e descrição dos mapas de cobertura e uso da terra

Indispensável à pesquisa, os trabalhos de campo foram organizados conforme bibliografias características do carste, do bioma cerrado e da paisagem como um todo, auxiliando numa análise objetiva e abrangente. Os mesmos foram realizados nas seguintes datas: 14 e 15 de setembro de 2019, 03 de outubro de 2019, 12 e 23 de novembro de 2019, 12,13 e 14 de fevereiro de 2020, 30 de novembro de 2020 e 01 de dezembro de 2020.

Para a análise da paisagem propriamente dita, os pontos de controle foram definidos seguindo o método de observação contido em Cavalcanti (2014, p. 56). De acordo o autor, o “caminhamento livre” é o método mais flexível, pois possibilita estabelecer os locais de análise conforme a variabilidade paisagística, mais apropriado para paisagens cársticas que limitam a amostragens em perfil e transecto (Figura 8).

Figura 8 – Métodos de amostragem: (a) em perfil; (b) em transecto; (c) caminhamento livre.



Fonte: “Adaptado de” Cavalcanti (2014, p. 56).

As localidades estabelecidas para as descrições foram organizadas em laboratório, seguindo um roteiro prévio, adaptado objetivamente em campo, conforme a pertinência atribuída no espaço da pesquisa. Na plataforma do *Google Earth Pro*, fez-se uma distribuição espacial de forma a abranger toda a área. À medida que se ia ao campo, eram feitos refinamentos, tornando a amostragem menos poluída e mais acurada. Ao final desta etapa, buscou-se contextualizar os pontos coletados no âmbito das informações contidas nos mapas de cobertura e uso da terra.

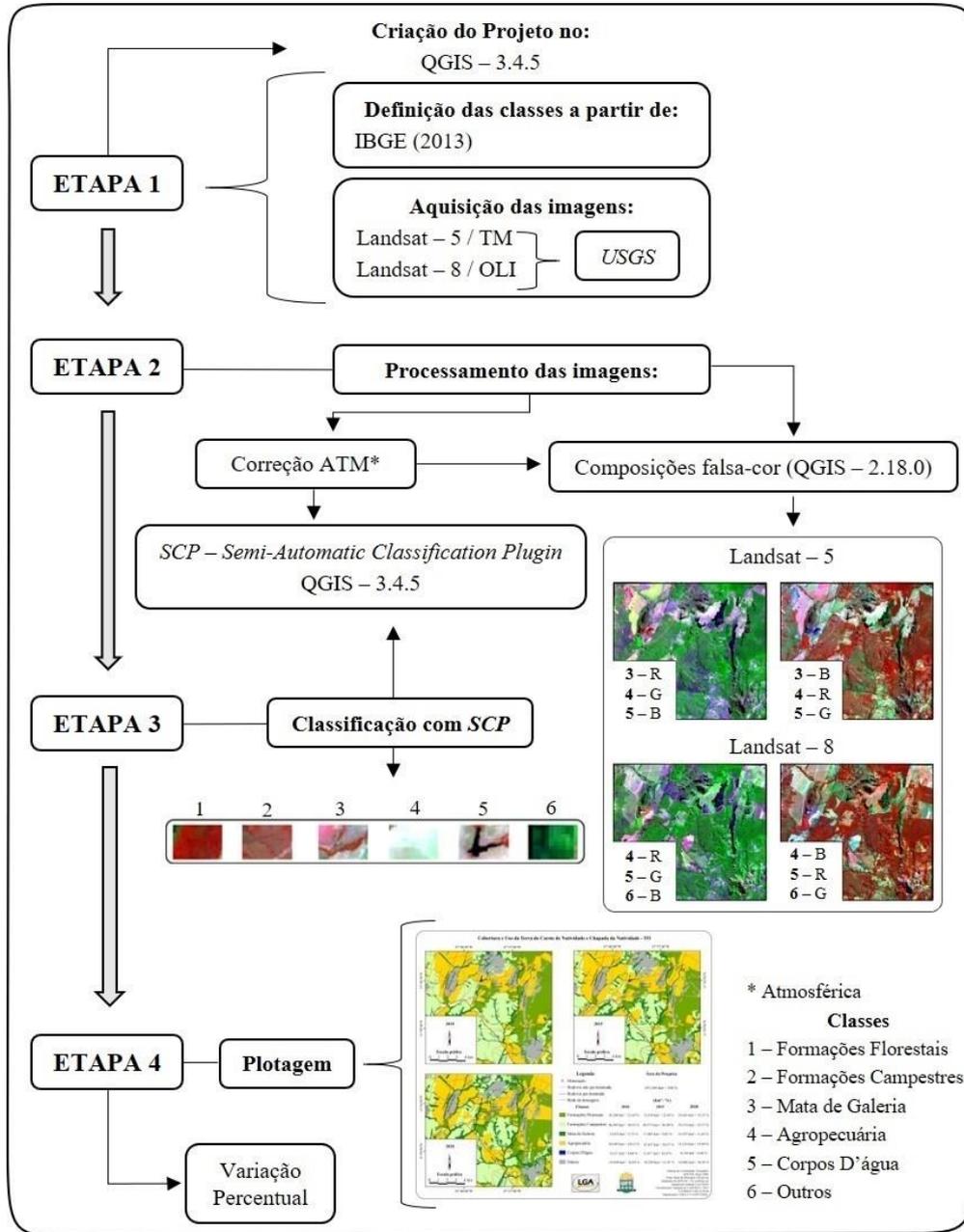
Para descrever a paisagem em campo, foram adotados os procedimentos metodológicos organizados por Leite (2011) (Anexo A) e Cavalcanti (2014, 2018). Estes trabalhos norteiam a descrição dos seguintes aspectos biogeofísicos e humanos: tipos de extratos vegetais e fitofisionomias, formas de relevo, tipo de relevo, declividade, rochosidade, pedregosidade, erosividade, população, intensidade de uso da terra, adensamento populacional, condições de via de acesso, solo exposto, bem como disponibilidade de água ou proximidade com algum tipo de corpo hídrico.

Os pontos que dizem respeito às feições exocársticas foram descritos com base em Cvijić (1895), Kohler (1998), Kohler e Castro (2002) e outros, contidos no item 3 da seção 4.1. De modo a otimizar o tempo de coleta, também foi utilizada uma ficha de campo, organizada a partir de Ferreira e Uagoda (2019) (Apêndice D).

Numa perspectiva ampla, as coberturas vegetais e os modos de ocupação humana foram sintetizados em uma figura com três mapas, os quais abarcam as transformações espaciais nos últimos 10 anos, sendo selecionadas imagens de satélite dos anos de 2010, 2015 e 2020. Para esta sequência temporal, usou dados do Landsat-5 TM e do Landsat-8 OLI (Órbita/Ponto 221/068). A imagem do ano de 2010, sensor TM é datada do dia 06/08/2010, quando havia menor poluição por focos de incêndios, fato observado em imagens de períodos anteriores. Já as imagens do sensor OLI datam de 03/07/2015 e 16/07/2020. Todos estes arquivos matriciais foram adquiridos gratuitamente no site do *United States Geological Survey – USGS*.

O tratamento das imagens e posterior classificação supervisionada foram feitos no *software* QGIS, nas suas versões 2.18.0 e 3.4.5 (Figura 9). Na versão 3.4.5, via menu *complementos*, foi instalada a ferramenta *SCP – Semi-Automatic Classification Plugin*. Este *plugin* corrige as interferências ocasionadas pela “janela atmosférica” no espectro eletromagnético (FITZ, 2008b), etapa conhecida como correção atmosférica e feita na aba *Preprocessing*.

Figura 9 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos referentes aos mapas de cobertura e uso da terra.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Posteriormente, as imagens foram transferidas para o QGIS 2.18.0 e, através do menu raster (*miscelânea – construir raster virtual*), foram feitas as composições falsa-cor. Para a imagem do Landsat-5 TM usou-se as bandas 3, 4 e 5, já para o Landsat-8 OLI, foram utilizadas as bandas 4, 5 e 6. Após isso, as imagens com as composições foram reprojetadas de (WGS84 / UTM zona 23N) para o Sistema de Referência de Coordenadas (SIRGAS 2000). Feitos estes processamentos, as imagens foram levadas à plataforma do QGIS 3.4.5 para a classificação supervisionada.

A classificação propriamente dita foi feita com o *Semi-Automatic Classification Plugin*, seguindo as diretrizes propostas pelo IBGE (2013). Para tanto, foram definidas 6 categorias: **Formações Florestais, Formações Campestres, Mata de Galeria, Agropecuária, Corpos D'água e Outros**. Na aba *Band set* no *SCP* foi carregada a imagem de cada ano específico, imediatamente em sequência, na aba *Basic tools – RGB list*, foram estabelecidas as combinações de bandas. Para o sensor TM (Landsat-5) as composições falsa-cor foram as seguintes, 3R, 4G, 5B e 3B, 4R, 5G, por outro lado, para o sensor OLI (Landsat-8), foram, 4R, 5G, 6B e 4B, 5R, 6G (Figura 9). Para Leite (2011, p. 170), estas composições são vantajosas, facilitam as técnicas de interpretação de imagens, favorecendo a diferenciação entre os alvos.

Feito isso, criou-se uma área de treinamento na aba *Create a new training input*, ativada no botão *Activate ROI pointer*, a essa, foi associada as classes citadas anteriormente, numa estimativa de 260 amostras para cada classificação. Ao finalizar todas as imagens, os rasters foram recortados com a extensão da área da pesquisa, sendo feita a correção da classificação, diretamente no arquivo vetorial, usando a ferramenta *digitalização avançada*.

Concomitante ao processamento e à plotagem dos mapas, foram calculadas as áreas ocupadas por cada classe, respeitando os anos analisados. Para tal, utilizou-se a *calculadora de campo* na *tabela de atributos* de cada camada, para criar o campo Área km². Para a criação do novo campo, fez-se uso da fórmula abaixo:

(Eq. 1)

$$\text{Área} / 1.000.000$$

Após os cálculos das áreas em relação ao polígono da pesquisa, foram calculadas as variações percentuais, objetivando demonstrar o acréscimo e o decréscimo das classes no espaço de tempo analisado. Para isso, foi utilizada a seguinte equação.

(Eq. 2)

$$VP = \frac{VF - VI}{VI} * 100$$

Onde:

VP – Variação Percentual

VF – Valor Final

VI – Valor Inicial

Dada a qualidade das imagens, os mapas de cobertura e uso da terra produzidos a partir desses procedimentos foram representados em escalas de 1:100.000. Resgata-se, ainda, os dados da SEPLAN (2012a) sobre a cobertura do solo para o ano de 2007, auxiliando no refinamento metodológico, sobremaneira, no tocante a associação das classes.

Na tentativa de uma melhor espacialização dos pontos visitados *in situ*, fez-se uma prancha com as imagens mais significativas e representativas da paisagem cárstica das vizinhanças da Serra da Natividade.

4.1.4 Potencialidade geoturística

Para demonstrar o potencial geoturístico, optou-se por utilizar o conceito de LIGeom – Locais de Interesse Geomorfológico, os quais correspondem às feições com importância científica, educativa, contemplativa, ambiental e cultural (PEREIRA et al., 2006; EVANGELISTA; TRAVASSOS, 2014; GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI; SERRANO CAÑADAS, 2015). A partir do trabalho realizado no PESU – Parque Estadual do Sumidouro – MG, de autoria de Evangelista e Travassos (2014), utilizou-se três categorias de magnitudes para as feições avaliadas, a saber: panorâmica, área e isolada. Essas, preconizadas por Pereira (2006, p. 78).

Os locais panorâmicos são aqueles em que é possível observar uma ou várias feições de magnitude significativa. Os locais tipo área são os de tamanho médio, os quais se sobressaem pela forma, podendo conter geformas isoladas. Já as morfologias isoladas são menores, havendo feições como dolinas e cavernas, por exemplo (PEREIRA, 2006, p. 78; EVANGELISTA; TRAVASSOS, 2014, p. 91).

Evidentemente, alguns locais foram considerados, principalmente, pela questão científica e educativa, em face aos aspectos cênicos da paisagem. Por isso mesmo, reconhece-se, em termos de geoturismo, o caráter introdutório do capítulo. Dessa maneira, em virtude da excepcionalidade do ano de 2020, com o surto epidemiológico do Sars-Cov – 2, buscou-se aproveitar informações de feições analisadas nos trabalhos de campo anteriores ao mês de março, assim como de locais pontuais, registrados no final de novembro e início de dezembro de 2020.

Definiu-se, durante o estudo, o potencial espeleoturístico de duas cavernas, pertencentes a dois locais com magnitude do tipo área. Para tanto, realizou-se a caracterização dessas a partir da ficha de Dias (2003) e a relevância turística a partir dos trabalhos de Lobo (2007) e Lobo et al. (2011), sobremaneira pela facilidade e objetividade.

Estas referências estabelecem dois critérios básicos para a mensuração da potencialidade espeleoturística, os quais podem ser resumidos em: fatores restritivos e fatores não restritivos, ou seja, aspectos que limitam o turismo e aspectos que potencializam tal prática. Por meio de um cálculo específico, obtém-se a categoria de uso da caverna explorada.

Com exceção das cavernas, que de certo modo passaram por uma análise quantitativa, todas as morfologias restantes foram avaliadas subjetivamente. Buscou-se descrever as características de cada ponto, restringindo-se aos atributos intrínsecos à concepção de Locais de Interesse Geomorfológico, conforme demonstrado pelos autores citados. Ao final, considerou-se 8 LIGeoms, sendo 3 panorâmicos, 2 do tipo área e 3 isolados. Vale pontuar que, apesar de serem classificados dessa maneira, alguns locais do tipo área apresentam feições isoladas, e algumas feições, aparentemente isoladas, podem ser interpretadas em um contexto mais amplo.

5 RESULTADOS

5.1 Compartimentação geomorfológica do exocarste de Natividade e Chapada da Natividade – TO.

5.1.1 Resumo

Este artigo versa sobre a compartimentação geomorfológica do relevo cárstico localizado nos municípios de Natividade e Chapada da Natividade, especificamente em uma área delimitada nas proximidades da serra homônima. Neste sentido, objetivou tecer considerações sobre a influência dos fatores endógenos e exógenos na configuração da paisagem, ao passo que eram definidas cada porção do relevo. Para tanto, com o auxílio das imagens dos satélites ALOS/Palsar, Sentinel 2A e da carta topográfica (SC.23.Y.C.IV) foram feitos mapas da rede de drenagem local, de altimetria, declividade, assim como a confecção de perfis topográficos e bloco diagrama, para melhor detalhamento do exocarste. *In loco*, o *software* Avenza Maps e os pontos espacializados no *Google Earth Pro* tornaram a navegação mais rápida e objetiva. A partir de então, dividiu-se a área em três compartimentos: Compartimento dos Planaltos Metassedimentares Não-Carbonáticos (PMNC), Compartimento dos Planaltos Carbonáticos (CPC) e Superfícies com Ocorrência de Dolinas (SCOD). O trabalho resultou ainda na elaboração de um mapa exploratório de fenômenos cársticos em escala de semi-detalhe (1:50.000). O trabalho pode contribuir para a elaboração de políticas ambientais, servindo de referência às novas pesquisas, auxiliando na produção de conhecimento mais detalhado do carste da região estudada.

5.1.2 Abstract

This article deals with the geomorphological compartmentalization of the karst relief located in the municipalities of Natividade and Chapada da Natividade, specifically in a delimited area near the homonymous mountain range. In this sense, it aimed to make considerations about the influence of endogenous and exogenous factors in the landscape configuration, while each portion of the relief was defined. For this purpose, with the aid of the images from the ALOS/Palsar, Sentinel 2A satellites and the topographic maps (SC.23.Y.C.IV), were made maps of the local drainage network, altimetry, slope, as well as the elaboration of topographic profiles and diagram block, for better detail of the exocarste. On fieldworks, the

Avenza Maps software and spatially points on Google Earth Pro to become faster and more objective navigation. After then, the area was divided into three compartments: Compartment of Non-Carbonatic Metasedimentary Plateaus (PMNC), Carbonate Plateaus Compartment (CPC) and Surfaces with Sinkholes Occurrence (SCOD). The work also resulted in the creation of an exploratory map of karst phenomena on a semi-detail scale (1:50,000). The work can contribute to the development of environmental policies, serving as a reference for new research, assisting in the production of detailed knowledge of karst in the studied region.

5.1.3 Introdução

O relevo cárstico é constituído de compartimentos individualizados, porém não desconexos sistematicamente, que em conjunto, resultam em uma paisagem singular, dotada de belezas cênicas e igualmente frágil (FORD; WILLIAMS, 2007). As litologias clássicas propícias à formação de feições cársticas são as constituídas por carbonato de cálcio e de magnésio em quantidades significativas, quais sejam: calcário e o dolomito. Além da capacidade destas rochas terem seus minerais fortemente dissolvidos em contato com a água acidulada, outros fatores são essenciais nesse tipo de modelado. A morfogênese cárstica depende do clima, espessura do pacote litológico, gradiente hidráulico, fatores tectônicos, diaclasamento e fissuramento etc., que de forma interligada, juntam-se para compartimentar tal relevo em feições reentrantes e feições remanescentes (CVIJIĆ, 1895).

As morfologias consideradas reentrantes ou negativas são àquelas com caráter depressivo, dolinas, uvalas e *poljes* (KOHLENER, 1998; LINO, 2001). Já as remanescentes ou positivas, em conformidade com os mesmos autores, são os morros residuais, resquílios dos processos dissolutivos, mantendo-se salientes na paisagem. Neste rol, encontram-se os mogotes, as torres cársticas, as verrugas, banquetas, arcos cársticos, os *humes* ou *hum* entre outros (MOURA, 1994; TRAVASSOS; RODRIGUES; TIMO, 2015, p. 48).

De dimensões menores, mas indiscutivelmente importante no carste, os *lapiás* são pequenas feições de dissolução que se encontram penetradas nos pacotes carbonáticos, possuindo tamanhos variados, resultantes de movimentações diferenciadas das águas meteóricas sobre a litologia exposta, ou mesmo no epicarste inumado. Travassos (2019, p. 85) menciona que o caráter ruiforme do carste deve-se à presença dos *lapiás*.

De acordo com Knez, Slabe e Travassos (2011) existe uma variedade dessas pequenas feições, podendo citar entre elas, os canais de subsolo (*subsoils channel*), os copos de subsolo (*subsoils cup*), as marmitas de solos ou *kamenitzas*, de dimensões maiores que os pequenos copos. Abordam também sobre os tubos formados na junção/contato das camadas estratigráficas, os pingos de chuva (*rain pits*), os canais de paredes (*wall channel*) etc., cada um com processos morfogenéticos característicos. Moura (1994) alude a *lapiás* de caneluras pequenas, de caneluras meândricas, *lapiás* de diáclases alargadas entre outros. Tricart (1956), por sua vez, demonstra a influência da vegetação na formação dessas feições.

Com base no exposto, realizar a compartimentação do carste de uma região pouco conhecida torna-se fator relevante para a Geomorfologia brasileira, principalmente, por se tratar de um estado com apenas 32 anos de emancipação política, e por carecer de estudos geomorfológicos, ainda que já tenham sido realizados diversos trabalhos na perspectiva da evolução do relevo no Tocantins.

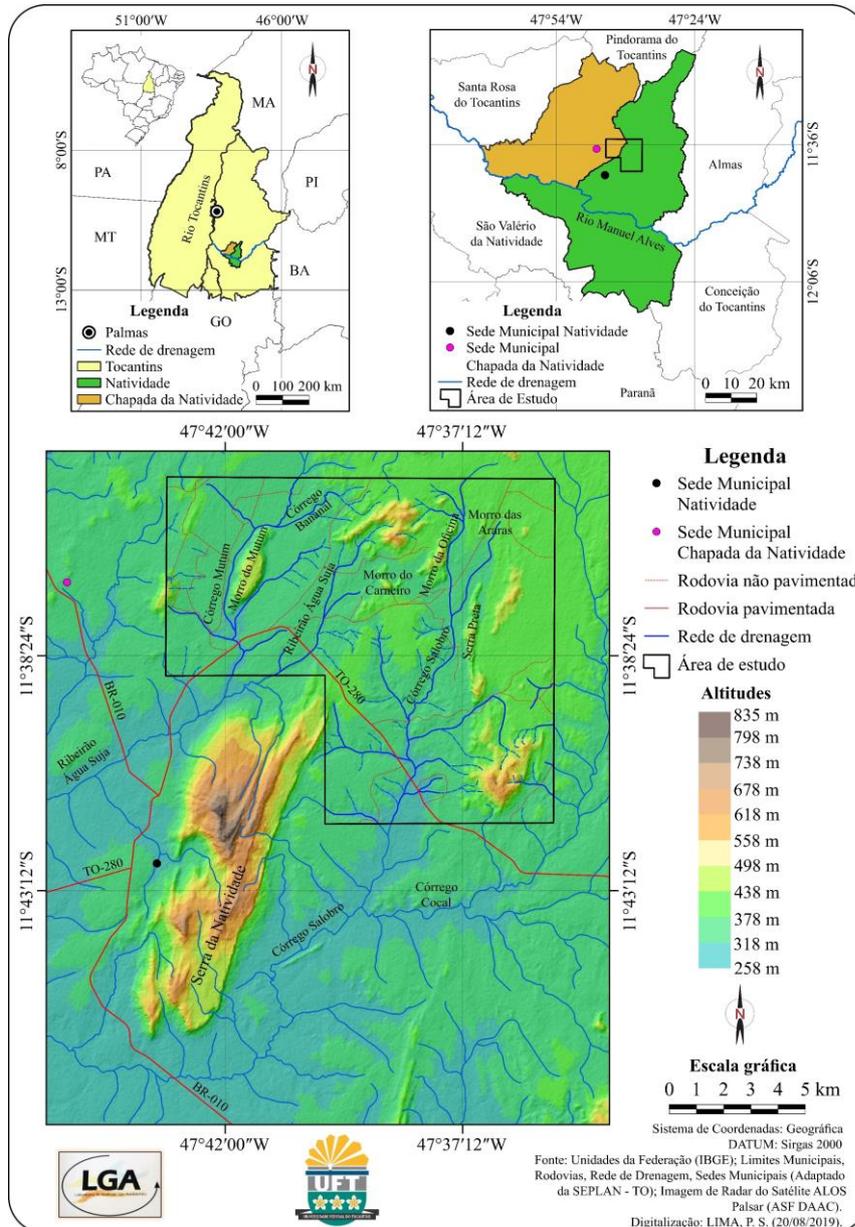
Desse modo, esta pesquisa, realizada nos municípios de Natividade e Chapada da Natividade, no estado do Tocantins, teve como objetivo a compartimentação do relevo cárstico nas proximidades da Serra da Natividade, estabelecendo de acordo aos critérios emanados das referências (TRICART, 1956; MOURA, 1994; KOHLER, 1998; TRAVASSOS, 2010; SALLUN-FILHO; KARMAN, 2007b), quais as principais feições que compõem a paisagem em questão. Além disso, visou contextualizar os fatores que condicionaram as morfologias atuais.

Na tentativa de demonstrar a configuração espacial do exocarste, compilou-se as informações levantadas em um mapa exploratório dos fenômenos cársticos, podendo contribuir para um melhor ordenamento territorial, auxiliando em planejamento mais condizente com as fragilidades do relevo cárstico.

5.1.4 Área de estudo

A área estudada localiza-se a 221 km de Palmas, capital do estado do Tocantins, em um polígono envolvente que abrange parte dos municípios de Natividade e Chapada da Natividade (Figura 10). A partir da capital o acesso à Natividade se dá via BR-010. De Natividade até a área são aproximadamente 5 km, via rodovia TO-280, em direção à Almas – TO.

Figura 10 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Natividade e Chapada da Natividade têm suas origens associadas ao ciclo do ouro. A primeira foi fundada em 1734 pelas mãos dos escravos, e reconhecida como Arraial de São Luiz. A segunda também emergiu-se pelas mãos dos escravos e seus descendentes, tendo sido fundada no ano de 1736 e nomeada Arraial de Chapada (VAZ, 1985; IBGE, 2017). O clima local é dividido em duas estações bem definidas, uma seca de Abr/Set e uma chuvosa, de Out/Mar. As porções sudeste, centro-leste e nordeste da área, caracterizam-se por clima úmido subúmido com pequena deficiência hídrica, e a porção noroeste por clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica. A variação térmica é de 25 °C e a pluviosidade varia de 1.500 a 1.600 mm (SEPLAN, 2012a).

A respeito da geologia, as rochas sedimentares metamorfoseadas, objeto de estudo, fazem parte do Grupo Natividade de idade paleo/mesoproterozóica. Trabalhos mais antigos supunham que os sedimentos haviam sido depositados sobre o chamado Complexo Almas-Cavalcante (GORAYEB et al., 1988; DARDENE; SABOIA, 2007; SABOIA, 2009). Contudo, trabalhos recentes situam a deposição sobre o que foi designado Bloco Natividade-Cavalcante (PRAXEDES, 2015). Tal bloco é formado por dois domínios, o Domínio Cavalcante-Arraias (DCA) e o Domínio Almas-Conceição do Tocantins (DACT), limitados pela Zona de Cisalhamento Cruz das Almas (ZCCA).

Enquanto os metassedimentos que estão a leste da ZCCA alinham-se numa direção N-S (Serra de Santa Clara, Serra do Mato Virgem, Serra da Vaca Brava, Serra do Baeta e Morro da NATICAL) (SABOIA, 2009), os que se encontram a oeste da ZCCA estão no sentido NE-SW, controlados pelo Lineamento Transbrasiliano (LTB), ativado no Neoproterozóico e reativado no Cenozóico (BEMERGUY; BORGES; COSTA, 1994; SABOIA, 2009; GORAYEB, 2011; PRAXEDES, 2015).

Para Praxedes (2015), o LTB pouco influenciou na direção da família de Serras a leste da ZCCA, pois esta Zona funcionou como barreira estrutural (PRAXEDES, 2015, p. 74 e 81).

De maneira geral, a geomorfologia da região é composta por Planaltos e Platôs dissecados, Patamares arrasados, zonas de forte escarpamento na borda de Serranias e de alguns Morros residuais. As áreas agradacionais limitam-se aos aluviões do rio Manuel Alves e de seus afluentes, bem como, aos detritos coluvionares nas bordas de algumas elevações. Concreções ferruginosas sobrejacentes ao embasamento dominam superfícies aplainadas, e encontram-se em estágio de denudação pelos processos hidrogeomorfológicos, desencadeando erosões remontantes (CPRM, 2016).

Sobreposto a este quadro físico geográfico há uma vegetação típica de cerrado, com suas variações fitofisionômicas. Existem locais com cerrado de porte alto, outros com cerrado *stricto sensu*, cerrado rupestre com alguns tipos de herbáceas campestres, e também matas de galeria serpenteando uma paisagem alterada. Veredas também se destacam em lugares específicos (SILVA, 1987, p. 8-9; SEPLAN, 2012a).

5.1.5 Metodologia

Esta pesquisa iniciou-se com o levantamento de bibliografias sobre o carste e com a coleta dos dados cartográficos em sítios específicos, desde órgãos governamentais nacionais às

plataformas internacionais. Para tanto, foram utilizadas as informações da carta topográfica Natividade, disponibilizada pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército, os dados georreferenciados pela SEPLAN (2012a) para o estado do Tocantins, imagem do satélite Sentinel 2A (USGS), imagem de radar do satélite ALOS/Palsar (12,5 m) e trabalhos de campo. Este último planejado conforme recomendações de Venturi (2009), Cavalcanti (2014) e Cavalcanti (2018), entre outros.

A representação da localização da área de estudo foi feita com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, da SEPLAN (2012a) e do ALOS/Palsar. Os mapas de hipsometria e declividade foram confeccionados com uso do *software* QGIS, nas suas versões 2.18.0 e 3.4.5. Para adequação da rede de drenagem à escala de análise, realizou-se vetorização de novos canais e realocação mais precisa dos vetores disponibilizados pela SEPLAN (2012a), ambos procedimentos executados com auxílio das imagens Sentinel 2A e ALOS/Palsar. Para elaboração do mapa hipsométrico, foi feito o fatiamento das altitudes, com equidistâncias de 40 m, já para o mapa de declividade adotou-se os valores de referência sugeridos pela EMBRAPA (1999).

Fez-se um bloco diagrama com o intuito de mostrar a área classificada como *polje* de contato, sendo organizado previamente no QGIS 3.4.5, com um recorte da imagem ALOS/Palsar como camada de entrada, subjacente à imagem do satélite Sentinel 2A, cuja resolução espacial é de 10 m, mais satisfatória ao modelo 3D. Para tal procedimento, necessitou-se usar coordenadas planas, assim, as imagens foram reprojetaadas de (SIRGAS 2000) para o DATUM (SIRGAS 2000/UTM 23S). Por fim, usou-se a ferramenta “adicionar mapa 3D” no compositor de impressão.

Com objetivo de fazer a leitura *in situ* da paisagem cárstica e dos impactos a ela associados, além de sustentar a compartimentação geomorfológica prévia, feita em gabinete, foram realizadas várias campanhas de campo. A compartimentação em si, seguiu modelos de autores como Tricart (1956), Moura (1994), Kohler (1998), Kohler e Castro (2002), Green et al. (2002), Sallun Filho e Karmann (2007b), Travassos (2010), entre outros. No contexto regional optou-se pela taxonomia de Ross (1992).

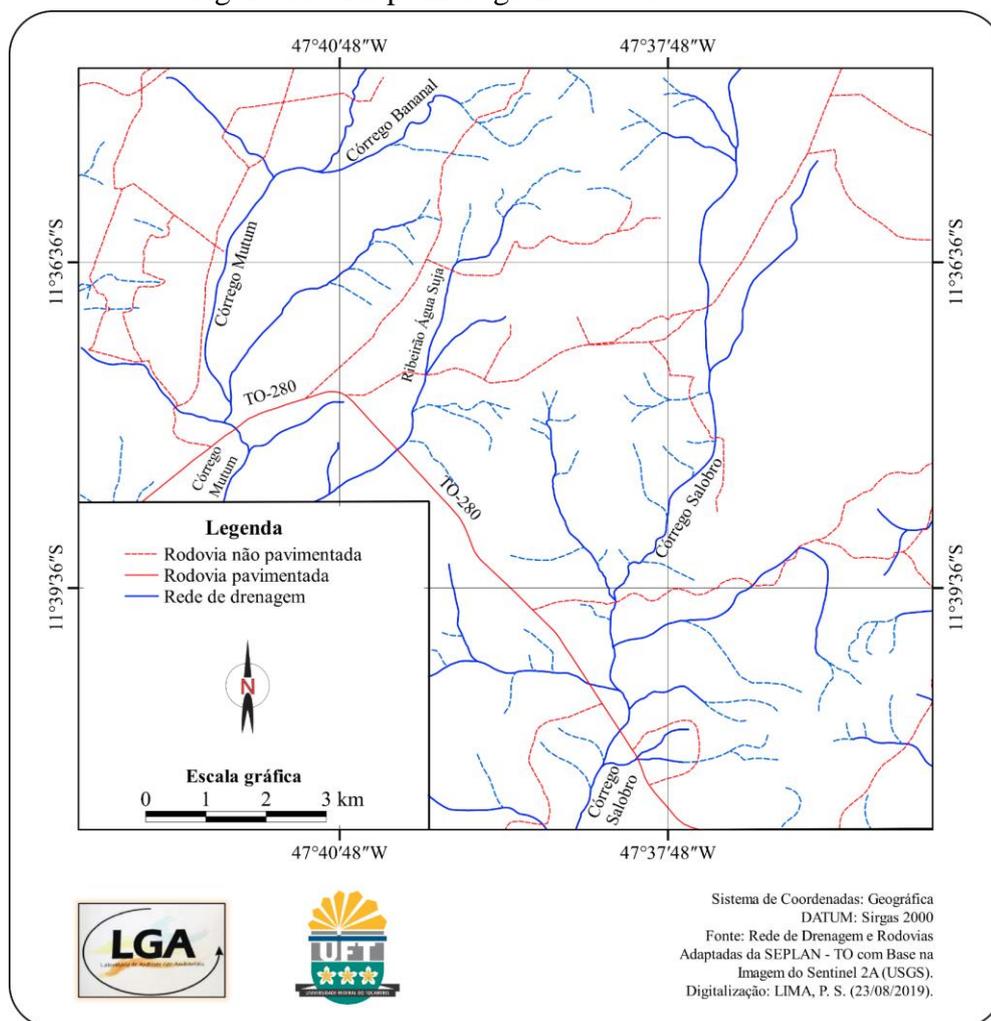
Para o mapa exploratório de fenômenos cársticos, foram utilizadas como “guias”, sobretudo na tentativa de padronização da legenda, pesquisas como as de Paschoal, Conceição, Cunha (2010), Travassos (2010), Ferreira (2015), Alves (2018) entre outros.

5.1.6 Resultados e discussões

A área estudada possui uma rede de drenagem com os principais corpos lóticos no sentido N-S/NE-SW (Figura 11). A mesma situa-se na porção norte da bacia hidrográfica do rio Manuel Alves, que por sua vez é um importante tributário do rio Tocantins. No contexto local, os principais cursos fluviais que drenam a área cárstica e seu entorno são os córregos Mutum e Bananal, tributários do ribeirão Água Suja, na porção centro-oeste da área, e córrego Salobro, principal canal fluvial da porção centro-leste da área.

Antes de desaguardem no rio Manuel Alves, o ribeirão Água Suja e o córrego Salobro ladeiam os quartzitos da Serra da Natividade, o primeiro a Oeste e o segundo a Leste, recebendo fluxos e materiais detríticos provenientes da serra, via canais intermitentes e efêmeros.

Figura 11 – Mapa hidrográfico da área de estudo.

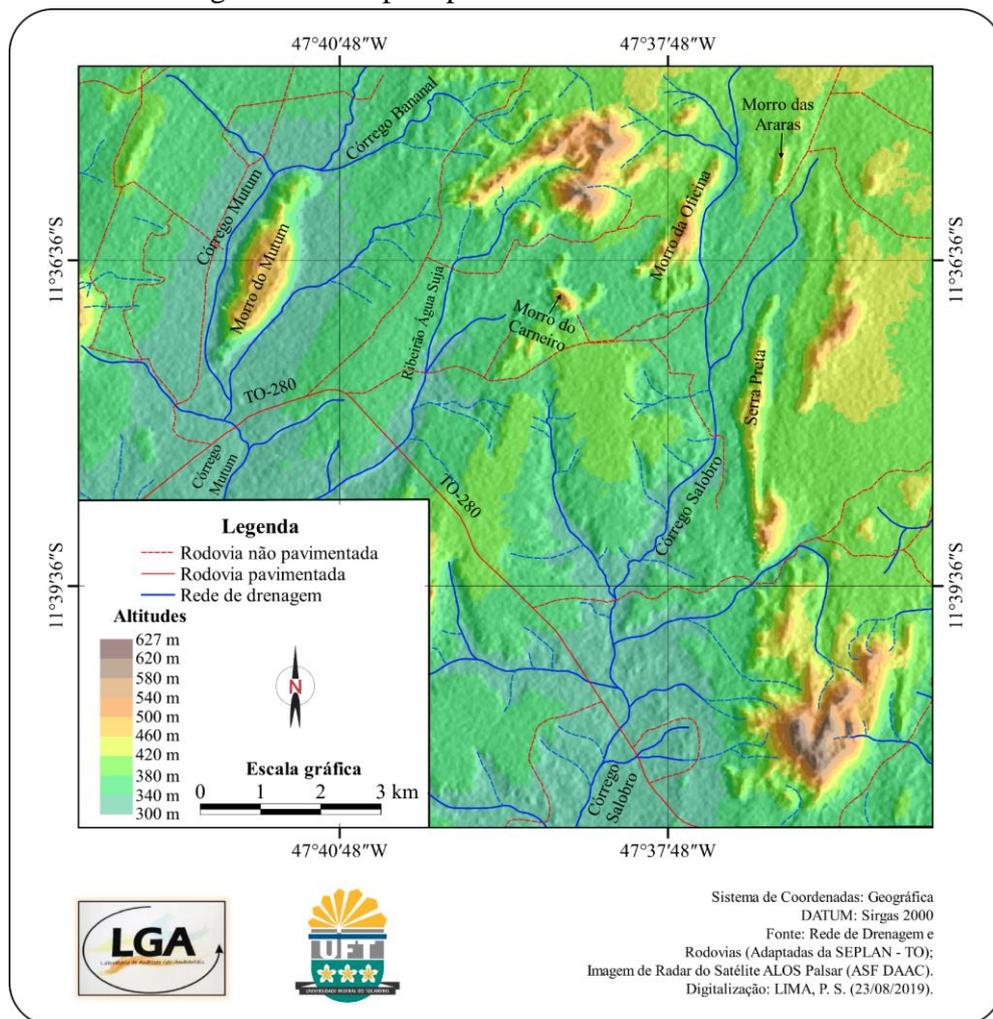


Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A amplitude altimétrica na área, demonstrada no mapa hipsométrico, varia de 300 m nas partes mais baixas a pouco mais de 620 m nas mais elevadas (Figura 12). As partes rebaixadas dizem respeito às áreas denudadas, onde estão alojadas as principais calhas dos cursos fluviais mencionados (ribeirão Água Suja e córrego Salobro). As mais elevadas, por outro lado, correspondem aos metassiltitos e aos matapsamitos. Os morros calcários e dolomíticos, que em alguns locais se metamorfosearam para mármore, estão em cotas que atingem de 420 m a 500 m de altitude (SABOIA, 2009; SABOIA et al., 2014).

Entre 340 m e 460 m estão os interflúvios dos cursos hídricos, assim como o interior do *polje* de contato e grande parte da porção centro-leste da área. Os pontos mais elevados comportam-se como locais de recarga da paisagem cárstica, haja visto, um contínuo padrão topográfico acima de 380 m nas partes N/E-NE.

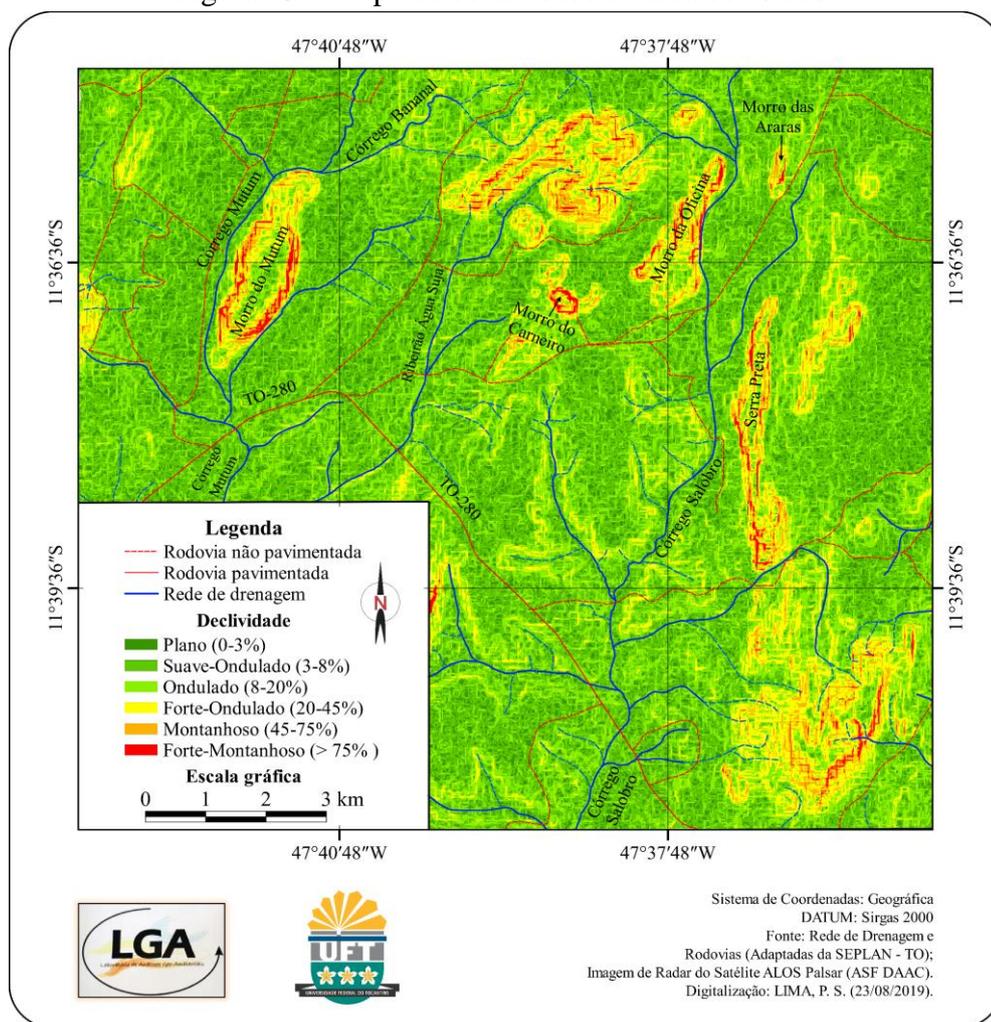
Figura 12 – Mapa hipsométrico da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A respeito das inclinações do relevo, observou-se que os locais com declividades mais acentuadas (Figura 13) correspondem aos metassiltitos, metapsamitos, calcários e dolomitos, que, de acordo com a metodologia utilizada, foram inseridos nas categorias: Forte-Ondulado (20-45%), Montanhoso (45-75%) e Forte-Montanhoso (>75%). Nestas topografias planálticas, os lugares Planos (0-3%) e Suave-Ondulados (3-8%) são apenas nas áreas de cumeada.

Figura 13 – Mapa de declividade da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Em lugares esparsos, sobretudo na base dos morros mais altos e nas bordas de superfícies de erosão, próximo às cabeceiras de drenagem, foram constatados terrenos com declividades Forte-Onduladas (20-45%). Ademais, classificou-se os interflúvios e as áreas intermontanas com as seguintes categorias: Plano (0-3%), Suave-Ondulado (3-8%) e Ondulado (8-20%).

Com base na cartografia e nas observações *in loco*, a área cárstica nas proximidades da Serra da Natividade foi dividida em três compartimentos, a saber: Compartimento dos Planaltos Metassedimentares Não-Carbonáticos (PMNC), Compartimento dos Planaltos Carbonáticos (CPC) e Superfícies com Ocorrência de Dolinas (SCOD).

Posteriormente à compartimentação proposta, compete contextualizá-la na taxonomia do relevo (ROSS, 1992), de forma a elucidar a ação dos fatores morfoestruturais e morfoesculturais na configuração da paisagem.

O 1º Taxon – referente a Unidade Morfoestrutural, corresponde à Bacia Sedimentar Natividade, considerando-se principalmente o trabalho de Souza et al. (2017). Para estes autores, a Bacia Natividade é uma unidade estrutural menor, pertencente à Zona Externa da Faixa de Dobramentos Brasília, fazendo parte da porção nordeste da Província Geológica Tocantins.

Como já referido, os metassedimentos foram acomodados sobre o que atualmente é chamado Bloco Natividade-Cavalcante (PRAXEDES, 2015). De forma mais específica, os metacalcários, metadolomitos e metapsamo-pelitos postos de manifesto neste estudo, assentaram-se sobre os paragnaisses da Formação Ticunzal, que complementam o Domínio Cavalcante-Arraias. Este domínio pertence à porção oeste do Bloco Natividade-Cavalcante, e tem como limite tectônico a Zona de Cisalhamento Cruz das Almas (ZCCA), a qual o separa dos ortognaisses da parte oriental, constituída pelo Domínio Almas-Conceição do Tocantins (DACT) (PRAXEDES, 2015). Assim, os altos topográficos carbonosos e dolomíticos estudados encontram-se no interior de duas estruturas deformacionais, em suma, entre a Zona de Cisalhamento Mombuca (ZCM) e a Zona de Cisalhamento Cruz das Almas (ZCCA) (PRAXEDES, 2015, p. 53).

No tocante à Unidade Morfoescultural, a área situa-se no Patamar de Natividade, que é fortemente condicionado pelas dinâmicas morfoestruturais (BEMERGUY; BORGES; COSTA, 1994). O Patamar de Natividade foi morfologicamente individualizado/arrasado devido aos aspectos paleoclimáticos, com incisão dos canais fluviais em caminhos preferencias, estruturalmente condicionados pelas fraturas no embasamento e nos sedimentos superpostos.

O Lineamento Transbrasiliano ativado no final do Proterozóico fez emergir a Zona de Cisalhamento Mombuca (ZCM), uma falha de rejeito direcional dextral transpressiva, com direção SW-NE (PRAXEDES, 2015). Alojada nos paragnaisses do Domínio Cavalcante-Arraias (DCA), a ZCM em contato com a ZCCA condicionou falhamentos transcorrentes nos metassedimentos, com forte incidência nas morfologias analisadas. Estas falhas podem ter

contribuído para individualizar a Serra da Natividade, dos Morros do Mutum, Carneiro, Oficina e Araras (unidade 3 de SABOIA, 2009), assim como dos metassedimentos não carbonáticos.

A ZCM gerou dobramentos sinclinais e anticlinais, além de famílias de falhas normais e compressivas, com certa invariância escalar (PRAXEDES, 2015, p. 53; PARDO-IGÚZQUIZA, 2019), o que supostamente fez comprimir os sedimentos geradores da Serra da Natividade, formando topografia elevada na parte norte da mesma, com falhas normais conjugadas/truncadas ao sul. Antiformes e sinformes estão presentes na Serra de Belo Horizonte, Serra do Mombuca, e também abarcam os Morros da Oficina, do Carneiro, das Araras e a Serra Preta (DARDENE; SABOIA, 2007, PRAXEDES, 2015). Todo esse quadro deformacional favoreceu a ação dos agentes hidrogeomorfológicos sobre os pacotes rochosos, descrito com mais detalhe no decorrer dos táxons subsequentes.

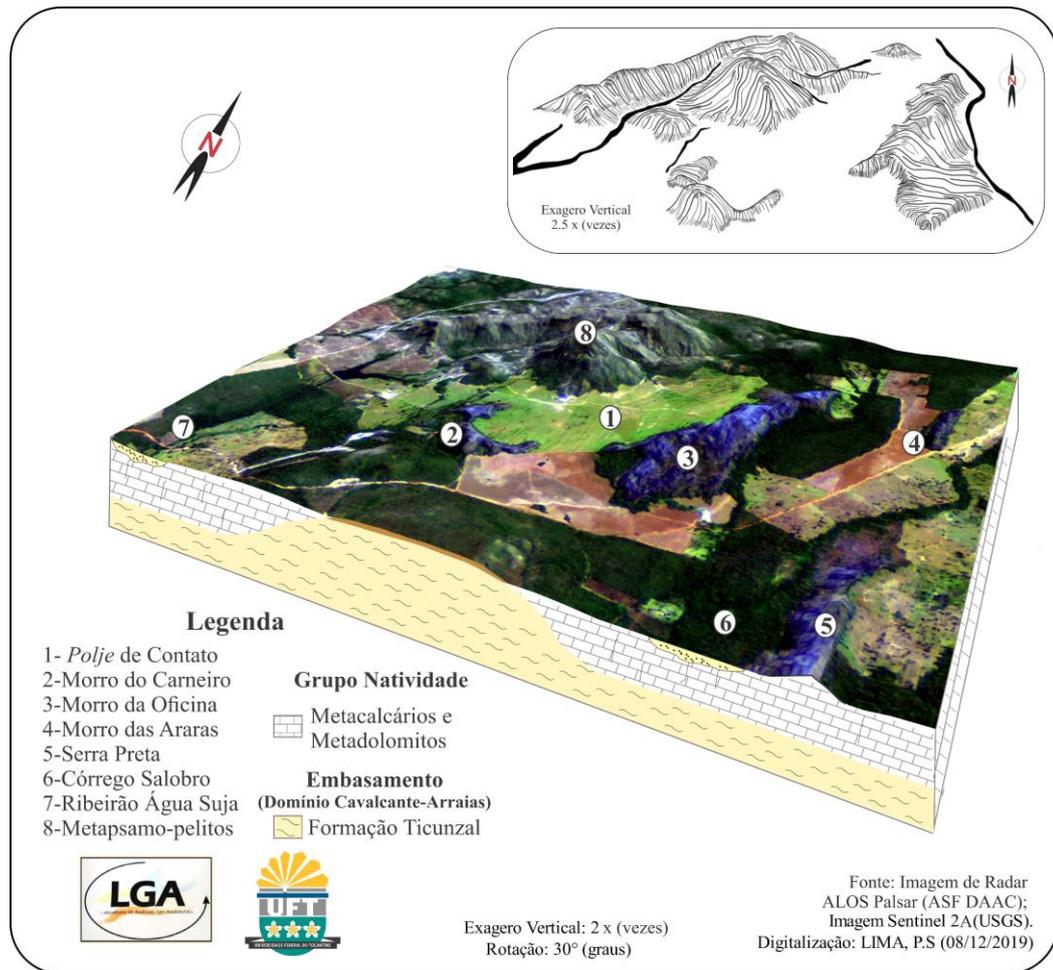
No tocante aos padrões de formas semelhantes, terceiro táxon de Ross (1992), as elevações topográficas são padronizadas em Morros, coincidindo com os topônimos já utilizados.

Sustentado nas informações apresentadas até o momento, tentou-se descrever a seguinte sequência evolutiva. Primeiramente, retoma-se que os metacalcários, metadolomitos e metapsamo-pelitos dos compartimentos CPC e PMNC fazem parte de uma sinforme e uma antiforme de menor amplitude, com caimentos para N e para NE, respectivamente (DARDENE; SABOIA, 2007, p. 35; SABOIA, 2009, p. 33). Todos os Morros carbonáticos do CPC estão sobrepostos diretamente ao embasamento, sendo capeados pelos metapsamitos e metapelitos do PMNC que apresentam até 250 m de espessura (DARNEDE; SABOIA, 2007). Os sedimentos do Morro do Mutum também foram depositados diretamente sobre os paragnaises da Formação Ticunzal, em possíveis grabens, que de igual forma houvera recebido os detritos da principal elevação topográfica a sul deste morro (SILVA, 1987; DARDENE; SABOIA, 2007; SABOIA, 2009; GORAYEB, 2011).

Secundariamente, já no âmbito do quarto táxon de Ross (1992), as elevações em formas de morros que compõem o CPC podem ser divididas em dois subcompartimentos, o primeiro contemplando os morros calcários que, por meio de visualizações de imagens de satélites e trabalho de campo, estiveram ou permanecem em contato com as rochas detríticas do PMNC, e o outro composto pelo Morro do Mutum, individualizado na paisagem e de predominância metadolomítica (DARDENE, SABOIA, 2007; SABOIA, 2009).

O *Subcompartimento CPC* diferencia-se pela ocorrência de três feições, a saber: Morro da Oficina, Morro do Carneiro e *polje* de contato (Figura 14). Apesar de constituir uma depressão cárstica, o *polje* foi inserido neste Subcompartimento por ter uma relação direta com os morros citados.

Figura 14 – Bloco diagrama com destaque para *polje* de contato.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Com base nas leituras de Dardene e Saboia (2007) e Saboia (2009), presume-se que estes morros fazem parte do flanco oeste de uma pequena antiforme, com caimento para NE. Considerando-se que a unidade 4 repousa concordantemente sobre as rochas carbonáticas da unidade 3, e que as forças compressivas que dobraram as rochas do Grupo Natividade influenciaram no embasamento, arqueando as rochas sobrepostas, infere-se a denudação dos metapsamo-pelitos anterior à dissolução do pacote carbonático, originando os morros atuais (SILVA, 1987, p. 67; GORAYEB et al., 1988; SABOIA, 2009, p. 33).

As cotas topográficas representadas pelas rochas detríticas, apesar de constituírem relevos dissecados pela erosão, denunciam a gênese alogênica das águas que corroeram o interior do atual *polje*. A esta interpretação, associa-se o fator gradiente topográfico, que certamente contribuíra para o direcionamento dos fluxos nos sentidos meridional e oriental, concorrendo ainda à instalação de permeabilidade secundária nas rochas carbonáticas.

A partir do momento em que as rochas siliciclásticas foram sofrendo erosão remontante e o carbonato sendo exumado, surgiram campos de *lapiás* em virtude da água acidulada, os quais podem ser atestados pelas estrias de direção NW-SE no topo dos morros. Posteriormente, águas altamente corrosivas, provenientes das rochas cristalinas a NE, concentraram-se em uma fratura no flanco da anticlinal, fazendo com que prevalecesse dissolução na porção oeste do atual Morro da Oficina.

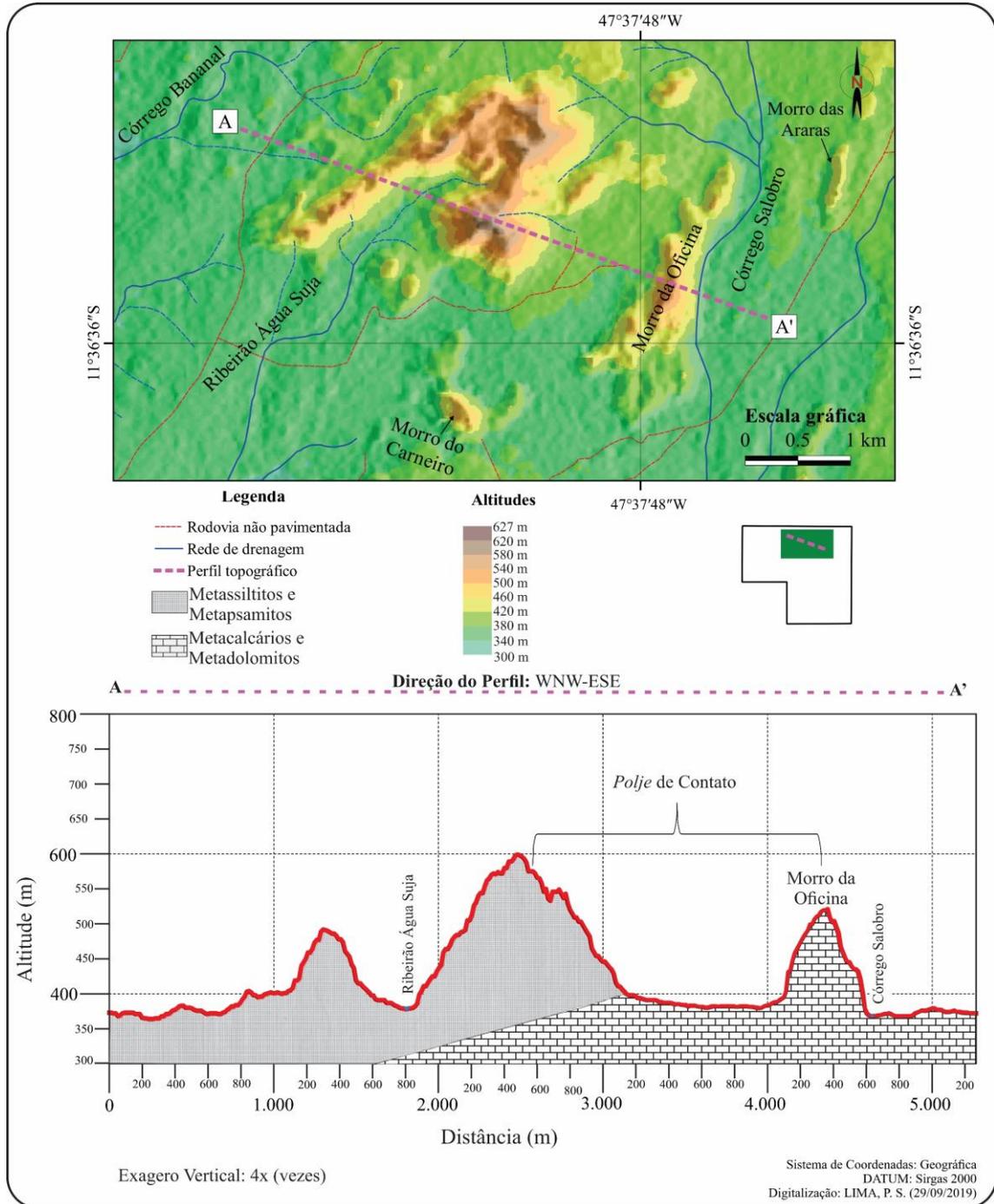
Ao seguir as fraturas ocasionadas pela dobra, e, também, a falha de direção NE-SW, a drenagem intensificou a dissolução na parte sul do *polje*, que em estágio mais avançado foi vazado, tornando-se um *polje* aberto. Diferentemente dos *poljes* clássicos, que possuem córrego meandrante no centro da depressão, nessa feição o córrego localiza-se rente ao morro cárstico. Conforme observado em campo, no período chuvoso o fluxo do mesmo é constante, devendo ser revisitado no período de seca, pois, como diz Nicod (2003), os *poljes* abertos são drenados por córregos perenes ou intermitentes.

Outra característica importante é a ocorrência de solo no centro do *polje*, corroborando a elevada pluviosidade paleoclimática. Acrescenta-se, também, o alongamento no sentido da falha e o eixo menor acima de 400 m. Veja-se, então, que a presença dos aspectos essenciais para a confirmação de feições desse porte, permite sustentar a gênese dessa morfologia (CVIJIĆ, 1895; NICOD, 2003; KRANJC, 2013). Karmann (1994, p. 31) apresenta um modelo explicativo para a gênese de um *polje* de contato, sendo aqui referenciado a título de comparação.

O Morro da Oficina é o maior corpo rochoso deste local, com extensão superior a 2 km, direção NE e algumas cavernas alojadas em seu interior. Ele foi separado do Morro das Araras, uma feição exocárstica positiva. A separação entre os dois maciços pode ter ocorrido em virtude das águas alóctones do alto curso do córrego Salobro terem atingido caminho preferencial, controlado pela falha de direção N-S explicitada no mapa de Saboia (2009), dissolvendo tais pacotes carbonáticos na charneira da anticlinal. O Morro da Oficina pode ter 90 a 100 m de altura na parte sul, rebaixando para nordeste conforme o caimento da dobra. Encontra-se fortemente lapiezado, com diáclases amplas próximas ao topo. A figura 15 apresenta o *polje* de

contato, explicitado pelos metapsamo-pelitos e pelo Morro da Oficina, além do contato geológico inferido a partir do perfil topográfico A-A'.

Figura 15 – Perfil topográfico, *polje* de contato.

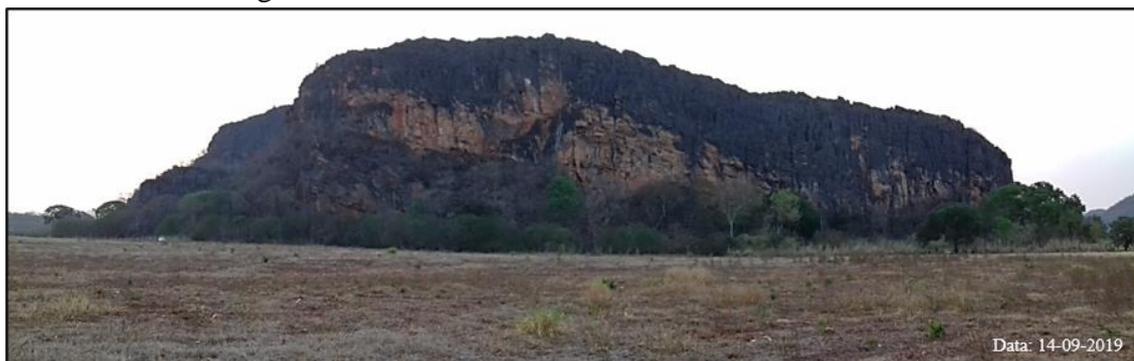


Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O Morro do Carneiro (Figura 16), se encontra na porção SW do *polje*, com morfologia em ferradura (*Oxbow*), nome adotado para a propriedade rural à qual o mesmo tangencia. Um de seus flancos está alinhado para NE, enquanto o outro está para NW. A dissolução do calcário

moldou a forma atual do morro, gerando cavernas com fácil acesso em suas partes exteriores, cuja a gênese presumivelmente iniciou no interior do *polje*. Num de seus lados há exfiltração de água, represada com estrutura rochosa revestida em cimento, construída pelos moradores locais. Há resquícios de morros para SW, testemunhando a união deles com àquele do Carneiro. Cortes nas estradas vicinais mostram o epicarste associado a tais topografias reliquiarias.

Figura 16 – Vista da face leste do Morro do Carneiro.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Em direção a extremidade NW do Morro do Carneiro, há indícios de fluxos contrários ao da nascente que se encontra represada. Ao visitar a área e examinar os materiais cartográficos, imagina-se a possibilidade de uma dolina de contato, ou de ponto de recarga (SAURO, 2003). A oeste deste morro, margeia ainda uma estreita franja de umidade que deve desaparecer na base dos mogotes anteriormente interligados ao Carneiro. A mata presente neste local está degradada com desmatamento e escavações para o represamento da água.

Com base em Karmann (1994), é presumível que as atuais cavernas embutidas nos morros da Oficina e do Carneiro, correspondam a antigos níveis superiores de sumidouros. Além das cavernas atuais, protocavernas, chamadas de janelas por Moura (1994), denunciam paleoníveis, a mais de 20 m de altura. Estes também podem guardar vestígios arqueológicos e paleontológicos, podendo ser objeto de pesquisas futuras (MOURA, 1994, p. 135 e 138).

Um segundo ponto específico do *Subcompartimento CPC*, a NE da poligonal de estudo, encontra-se o Morro das Araras, com seus 800 m de comprimento (Figura 17). O mesmo possui lados escarpados, com pontos elevados na parte sul e caimento para norte, afirmando-se na paisagem. Com alinhamento predominantemente N-S, apresenta leve inflexão para NE. No sopé, alguns blocos abatidos e angulosos preservam *lapiás* de diferentes morfologias (caneluras pequenas, *rain pits*).

Na figura 17 é possível visualizar as características da sazonalidade, com realce da vegetação ao redor da dolina e do maciço, dois meses após a primeira visita de campo, cujo em primeiro momento apresentavam árvores sequiosas, características de mata seca.

Figura 17 – Vista panorâmica a oeste do Morro das Araras: (a) 15/09/2019; (b) 23/11/2019.



Fonte: Acervo do autor (2019).

O Morro das Araras e o espigão a sul, constituídos de calcário calcítico metamorfoseado, foram fraturados por uma falha que se estende por mais de 35 km, iniciando-se a sul da Serra do Grilo, passando a norte da Serra da Natividade para findar em direção a foz do ribeirão Água Suja (SABOIA, 2009). Por influência desta falha, a cabeceira do córrego Salobro a NE da área de estudo iniciou o processo de esculturação naquela porção.

Após esta fase inicial, é possível que o córrego Salobro tenha sofrido desvio para sul em virtude de uma falha segmentada da Zona de Cisalhamento Cruz das Almas (ZCCA), alinhada a oeste da serra de mesmo nome, melhor detalhada em Saboia (2009) e responsável pelo entalhamento do alto curso do Salobro, que separa o Morro da Oficina do Morro das Araras, descrito anteriormente. Seguindo tal percurso e margeando a leste da Serra da Natividade, o córrego Salobro aloja-se em outra falha, qual seja a que está a sul dos quartzitos desta topografia altaneira, já não mais na poligonal desta pesquisa. Este curso d'água que domina a parte oriental do terreno cárstico segue a última falha até desaguar no rio Manuel Alves. Esta falha, por sinal, condiciona o rio Manuel Alves, quando este tem seu talvegue voltado para NE, retomando, posteriormente, o entalhamento em direção ao rio Tocantins.

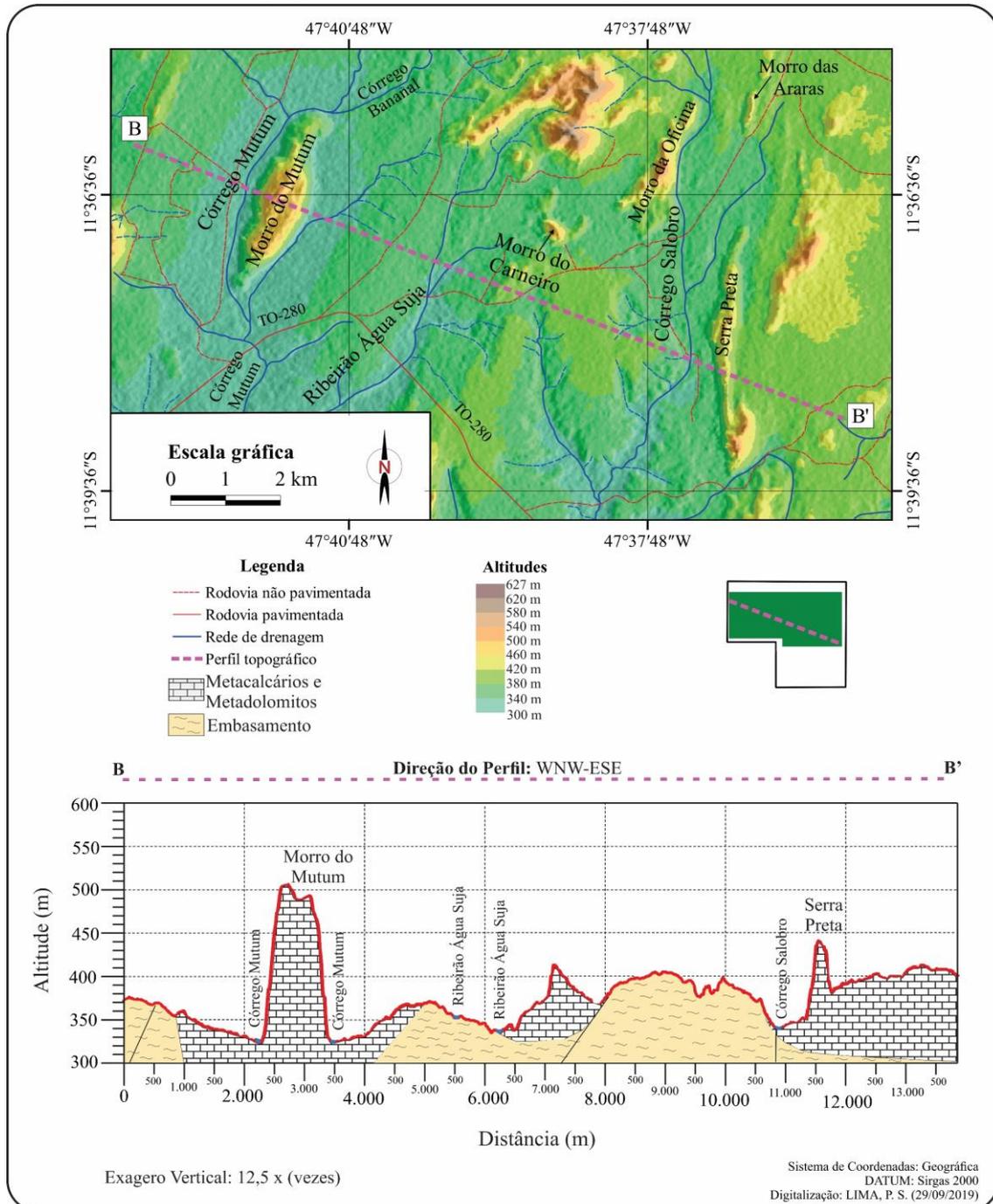
A falha ao norte da Serra, certamente contribuiu para que o Morro das Araras fosse mais intemperizado em sua extremidade SE, podendo ser visto matizes mais avermelhados a leste que a oeste do mesmo, de coloração gris, cinza puro. Vale recuperar ainda as associações feitas por Silva (1987) a respeito dessa estrutura cisalhante, que, para o autor, alterou os metassedimentos e as rochas do embasamento, gerando superfícies cataclasadas (SILVA, 1987, p. 9 e 54), tornando-se as rochas, portanto, mais friáveis à incisão pela água. Um tributário do córrego Cocal, afluente do córrego Salobro, também é controlado por tal falha na porção sul da Serra do Grilo.

As topografias com maiores projeções no CPC são um par de morros a sul do Morro das Araras, cujo a parte central sofreu intensa dissolução, gerando duas bifurcações que indicam conexão perto do contato com os metassiltitos, localizados a sudeste da área. A parte ocidental, conhecida como Serra Preta, está visivelmente exumada e possui mais de 4 km de comprimento N-S. Depreende-se que esteja no flanco leste da dobra antiforme, que encerrará a porção oeste de uma sinclinal em direção a um baixo mogote, subjacente às rochas clásticas. A porção oriental possui mais de 5 km de comprimento, direcionado para NE e parcialmente camuflado pela vegetação. Na extremidade deste linhão carbonático existem alguns mogotes de menor estatura, certamente individualizados por influência da falha ao norte da Serra da Natividade, assim como ocorrera com o Morro das Araras, testemunhando, portanto, a união desses em períodos pretéritos. Na parte intermontana dessas duas bifurcações há um *hume*, com vegetação ao lado, mostrando-se desnudo no topo, porém, melhor percebido por ter havido supressão da vegetação para a fixação da pastagem atual.

A terceira e última parte a ser levada em consideração nesse *1º Subcompartimento CPC*, diz respeito ao baixo mogote a sudeste da área. O mesmo está em contato com os metassiltitos da unidade 4 de Saboia (2009). Sotoposto a estas rochas detríticas, o mogote é um seguimento da Serra Preta, tendo sofrido dissolução a NE por influência de águas alóctones que escoaram em direção ao canal principal do córrego Salobro, já na extremidade sul da área. Também contém *lapiás* do tipo pingos de chuva, e outros (KNEZ; SLABE; TRAVASSOS, 2011), além de duas cavernas cadastradas no site do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV. Apresenta estratos horizontais a sub-horizontais com basculamento com caimento para NW, indicando a origem das forças deformacionais. A sua parte sul é tomada por uma vereda, que tem passado por processos recorrentes de incêndios florestais.

2º Subcompartimento CPC – A este, tem-se apenas um remanescente topográfico elevado, conhecido como Morro do Mutum (Figuras 18 e 19). Apresenta cavernas embutidas na sua parte norte, sofrendo alteração na parte sul-oriental por lavra mineral iniciada no final da década de 1980.

Figura 18 – Perfil topográfico (Morro do Mutum/Superfície de Erosão/Serra Preta).



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O Morro do Mutum é alinhado para NE, e contém canais fluviais nas duas laterais, cujas nascentes de leste provêm dos metapsamo-pelitos ao norte da área de estudo, tendo como contribuinte o córrego Bananal. Um dos canais que compõe o fluxo do flanco oeste surge nos metapsamo-pelitos que se encontram fora da área definida para este estudo, por outro lado, um braço que entalhou a superfície na parte NW do Morro do Mutum tem a nascente quase em contato com a Zona de Cisalhamento Mombuca (ZCM). Esta importante zona cisalhante condiciona outros canais fluviais que surgem de pequenas saliências topográficas degradadas. Possivelmente, os mesmos já estiveram interligados ao córrego Mutum, afluente do Água Suja, e, atualmente, encontram-se descaracterizados por atividades antrópicas. O córrego Mutum, por sua vez, desagua no ribeirão Água Suja justamente no limite central da falha que se encontra localizada ao norte da Serra da Natividade.

Figura 19 – Vista da face leste do Morro do Mutum, com lavoura de soja em primeiro plano e lavra de calcário no segundo plano.



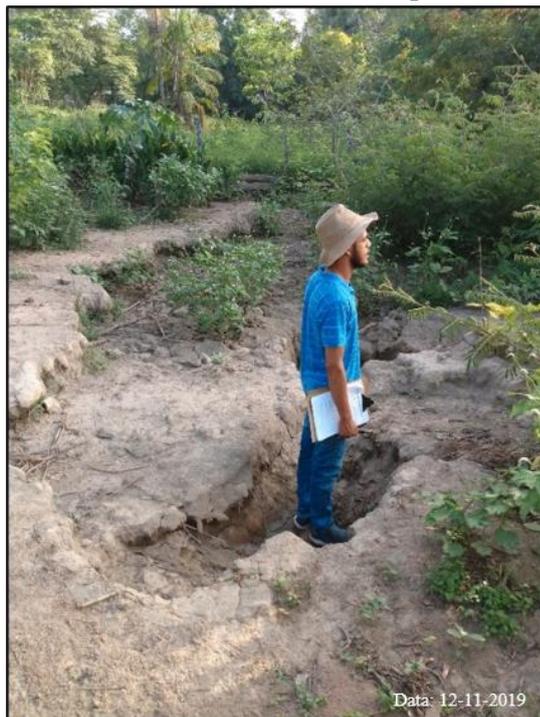
Fonte: Acervo do autor (2019).

Praticamente todas as nascentes do córrego Mutum são alogênicas. No alto curso, algumas drenagens possuem fluxo constante e carga sedimentológica de granulometria grossa, em contraste com os sedimentos finos do baixo curso. Atualmente os canais estão prejudicados pelo desmatamento e pelos barramentos.

Na extremidade sudeste há uma dolina de contato alagada (SAURO, 2003), utilizada para dessedentação animal. O morro cárstico que interage com esta dolina possui topografia de longe inferior ao do Mutum (340-380 m em face a 500-540 m), porém apresenta-se coligado a este. Nesse morro há uma pequena zona de exfiltração que abastece uma área pantanosa nos períodos de precipitação, cujo limite sul esvazia pela continuação do córrego Mutum.

No interior desse “pântano” são encontrados solos hidromórficos de característica saibrosa fina com coloração acinzentada, suportando uma vegetação hidrófila, com tucunzais. Sumidouros diminutos foram localizados em seu interior, com trincas de tração evidentes, afirmando a acentuada dinâmica da evolução cárstica, na extremidade sul do metadolomito do Compartimento dos Planaltos Carbonáticos (Figura 20).

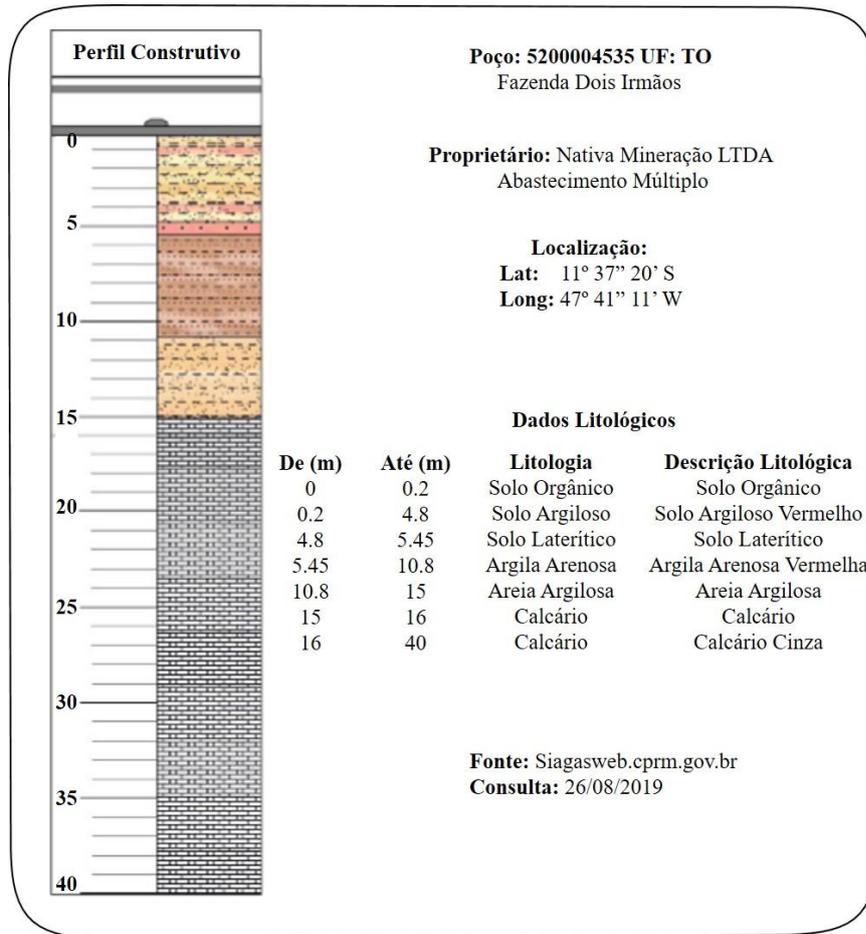
Figura 20 – Sumidouro no interior de depressão escalonada.



Fonte: Sandro Sidnei Vargas de Cristo (2019).

Através da plataforma do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS foi possível obter alguns perfis da margem leste do Morro do Mutum, com destaque para um poço tubular de 40 m, onde o carbonato situa-se a 15 m de profundidade (Figura 21). Deste modo, a delgada camada de solo que capeia o carbonato pode sofrer colapsos de cobertura, como os apresentados subsequentemente no compartimento das Superfícies com Ocorrência de Dolinas (SCOD).

Figura 21 – Poço tubular com destaque para perfil construtivo.



Fonte: “Adaptado de” SIAGAS (2019).

Ao dar continuidade à compartimentação, ainda no 4º Taxon, é possível dividir os Planaltos Metassedimentares Não-Carbonáticos (PMNC) em dois subcompartimentos. O primeiro interage diretamente com o *polje*, já o segundo abrange a porção SE da área, sobrepondo o mogote cárstico.

1º *Subcompartimento* PMNC – Este, enquadra-se entre os locais mais elevados da área. Em uma de suas vertentes emergem nascentes do ribeirão Água Suja, sendo o córrego Mutum e córrego Bananal os principais contribuintes. Na contra-vertente, em direção SE, há uma drenagem, que atualmente encontra-se represada no sopé das rochas detríticas, já no domínio do *polje*. Na extremidade NE, águas provenientes do mesmo abastecem o alto curso do córrego Salobro. Estes morros possuem afloramentos de quartzitos na sua parte oeste, formando algumas colinas com solo pedregoso e vegetação típica de cerrado *stricto sensu*, além da presença de canelas-de-ema (*Vellozia squamata*) quase no limite da área. Alguns fragmentos de rochas analisados apresentam vênulas de quartzo entremeio às zonas de fraturas, feições também denominadas *boxworks*.

2º *Subcompartimento* PMNC – Classificadas pelos autores estudados como metassiltitos, as rochas detríticas sobrepostas ao seguimento da Serra Preta correspondem ao local mais elevado da área, com cume a 627 m de altitude. Esta elevação topográfica contém quartzitos e apresenta morfologia abaulada, com topos convexos, possivelmente adquirida em decorrência da proximidade com a barreira estrutural, referente à Zona de Cisalhamento Cruz das Almas (PRAXEDES, 2015). Os processos intempéricos associados às condições paleoclimáticas originaram uma rede de drenagem próxima ao padrão radial, também notado nos metapisamo-pelitos em contato com o *polje*. Tais constatações podem ser observadas de maneira elucidativa nos mapas de hipsometria das figuras 12, 15 e 18. Assim, o descenso das águas desse ponto cotado abastece a bacia do córrego Salobro a SE da área, bem como a bacia do córrego Cocal, afluente daquele, mas fora dos limites estabelecidos para este estudo.

De maneira a contemplar os tipos de formas de vertentes, ou seja, o 5º Táxon de Ross (1992), pontua-se que as feições exocársticas positivas têm um padrão mais escarpado, com vertentes quase que retilíneas, suavizando-se já próximo ao sopé dos morros. As vertentes do Compartimento dos Planaltos Metassedimentares Não-Carbonáticos (PMNC) possuem maior alongamento, topos suavizados, sobretudo o que capeia o mogote associado aos carbonatos da Serra Preta, mostrando convexidade mais moderada que as do CPC.

As dolinas do compartimento SCOD enquadram-se no último nível de compartimentação adotado (6º Táxon), referente às formas e processos atuais naturais e antrópicos. Esse compartimento pode ser subdividido em setores específicos, mas que se juntam para formarem as áreas de reabastecimento das redes subterrâneas, do carste da porção nordeste da Serra da Natividade.

Alguns pontos de fuga das águas meteóricas seguem trajetos com declividades Planas (0-3%) e Suave Onduladas (3-8%). A este respeito, próximo ao Morro da Oficina há uma dolina de colapso de cobertura (HEIDARI et al., 2011) de pequenas dimensões, inferior a 5 metros em todas as extensões. De igual forma, duas dolinas de colapso de cobertura ou de abatimento de solo (TRAVASSOS, 2019, p. 111) desenvolveram-se a oeste do Morro das Araras e atualmente evoluem para formar uma uvala.

Na extremidade NE da área, alinhadas a um braço do alto curso do córrego Salobro localizado a leste do Morro das Araras, foram encontradas três dolinas, uma de colapso de cobertura, maior que as abordadas anteriormente, uma de pequenas dimensões e rasa, com trincas de tração, e uma analisada primeiramente por imagem de satélite. Esta última encontrava-se encoberta pela vegetação, e na primeira campanha de campo ao local, a visita foi

impossibilitada pela pastagem. Contudo, ao retornar, 5 meses após a primeira visita, haviam intensas modificações como, retirada da ínfima vegetação que bordejava a depressão, entulhos de terrenos escarificados, e plantio de soja, onde antes era pastagem. Soma-se a essas três, uma dolina de subsidência com morfologia em bacia (KOHLENER, 1998; SORIANO; SIMÓN, 1993). A mesma está localizada a NE do Morro das Araras, ao lado de um mogote. Todas essas quatro dolinas tendem a direcionar os fluxos para um dos canais do córrego Salobro.

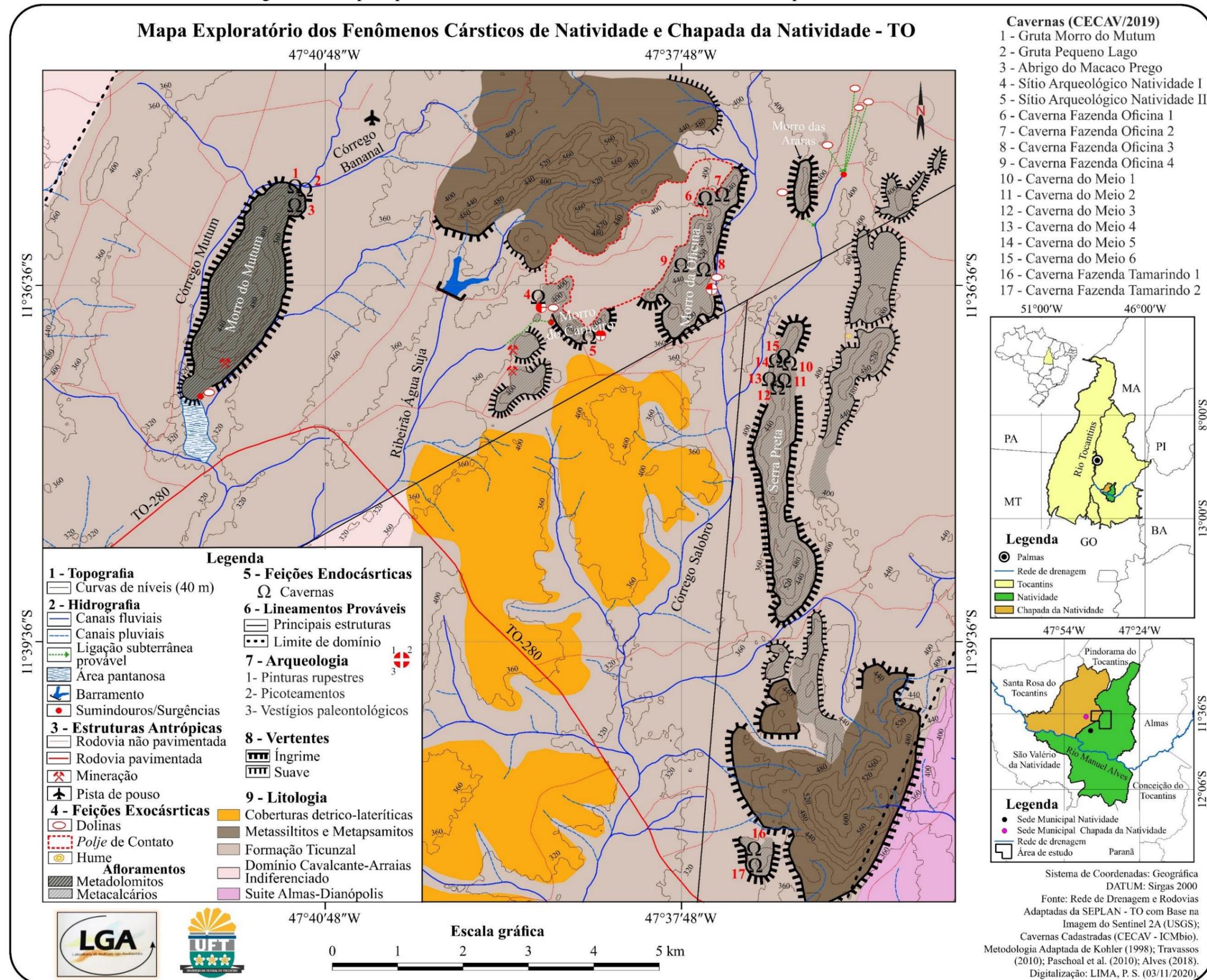
Essas seis dolinas resultaram do fraturamento dos pacotes carbonáticos que estão encobertos por latossolos, aproveitados para atividades agropastoris, com exceção à dolina a oeste do Morro da Oficina, que está localizada sob vegetação densa.

No compartimento das Superfícies com Ocorrência de Dolinas (SCOD) há duas dolinas de contato, uma a NW do Morro do Carneiro e outra a leste do Morro do Mutum, que podem ser interpretadas como pontos de recarga (SAURO, 2003, p. 45). Porém, enquanto a do Morro do Carneiro tem um regime efêmero, a do Morro do Mutum tende a ser intermitente, carecendo, contudo, de novos campos para conclusões mais apropriadas. Ambas as dolinas têm eixo maior na direção NE-SW do embasamento, no entanto, a do Morro do Carneiro abastece o aquífero cárstico no sentido contrário aos fluxos superficiais.

É importante citar também no âmbito desta pesquisa as superfícies enrugadas, moderadamente aplainadas, relacionadas ao embasamento da Formação Ticunzal. Sobre estas superfícies não há formações exocársticas, por outro lado, na porção central da área encontram-se capeadas por depósitos detrítico-lateríticos que se comportam como divisores de águas do ribeirão Água Suja e do córrego Salobro e que, atualmente, estão sendo retrabalhados por pequenos canais intermitentes e efêmeros. Já a leste do Morro do Mutum, o embasamento está à mostra, com presença de fragmentos de quartzo, bem como metapelitos.

Após as discussões suscitadas acerca dos possíveis fatores da divisão deste relevo, é plausível dizer que, a compartimentação geomorfológica emerge como uma tentativa de contribuir com o conhecimento sobre a região. Deste modo, o mapa exploratório dos fenômenos cársticos situa as principais morfologias descritas (Figura 22), servindo para a realização de novas pesquisas e para a organização do território, podendo contribuir, sobretudo, para a elaboração de Políticas Públicas que assegurem as qualidades do carste.

Figura 22 – Mapa exploratório dos fenômenos cársticos de Natividade e Chapada da Natividade – TO.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5.1.7 Considerações Finais

Depreende-se a partir desta pesquisa, a existência de um carste tradicional (ANDREYCHOUK et al., 2009 citado por TRAVASSOS, 2019) próximo à Serra da Natividade, desenvolvido sobre metacarbonatos e metadolomitos sobrepostos ao embasamento, e em contato com remanescentes de rochas clásticas metamorfoseadas.

Compartimentou-se a área em três partes, com destaque para o Compartimento dos Planaltos Carbonáticos (CPC) e para as Superfícies com Ocorrência de Dolinas (SCOD), as quais contêm as principais formas cársticas. As feições cársticas identificadas correspondem, portanto, às seguintes morfologias: Morro da Oficina, Morro do Carneiro, Morro das Araras, Morro do Mutum, Serra Preta e *polje* de contato. Dolinas de ponto de recarga e de colapso de cobertura reabastecem o aquífero cárstico, enquanto que as surgências associadas aos córregos do Salobro e do Mutum correspondem às áreas de descarga.

Com a realização da compartimentação geomorfológica, evidenciou-se o controle dos fatores morfoestruturais na configuração da paisagem atual, demonstrando a forte influência do Lineamento Transbrasiliano (LTB) no direcionamento das principais feições exocársticas. De igual forma, o sistema de falhas associado à Zona de Cisalhamento Mombuca e à Zona de Cisalhamento Cruz das Almas contribuiu para o entalhamento dos talwegues dos principais cursos fluviais, os quais distribuem-se nos sentidos N-S e NE-SW. Soma-se a isso o poder de dissolução das águas após interação com as rochas detríticas, facilitando a ação morfoescultural.

Apesar das informações levantadas, pelos limites impostos no decorrer do estudo, a parte oeste do Morro do Mutum necessita de investigações detalhadas, principalmente para se obter novos dados. Ademais, os próximos estudos de geomorfologia cárstica na região de Natividade devem atentar-se para a Serra do Mato Virgem, tendo em vista os carbonatos alojados na ampla sinclinal, a qual estende-se para sul e para leste da área pesquisada (DARDENE; SABOIA, 2007; SABOIA, 2009).

Por fim, apesar da individualização de feições a que se propõe o exercício de compartimentação, sobretudo na tentativa de distinguir os indivíduos geomórficos de maior similaridade (CASSETI, 2005), é necessário considerar a paisagem cárstica de Natividade e Chapada da Natividade – TO na esteira da TGS – Teoria Gerais dos Sistemas. Assim, é preciso fazer prognósticos concisos sobre o funcionamento integral, levantando o maior número de informações possíveis, referentes às distintas Zonas Hidrológicas: Superficial, Vadosa, Epifreática e Zona Freática.

5.2 Análise do uso da terra e caracterização da paisagem cárstica em Natividade e Chapada da Natividade – TO

Na atualidade, é consenso tanto na academia quanto na sociedade civil global, que o ser humano através de suas inúmeras culturas e “modos de vida” vem alterando as características da paisagem natural em virtude da necessidade de sobrevivência e de tornar mais cômoda a maneira de viver (HAJNA, 2019). As transformações técnicas e tecnológicas têm facilitado o agir humano, criando inúmeros espaços geográficos e deixando impressos na superfície terrestre simbologias e ferramentais, que têm possibilitado interpretar a história de antigas civilizações, bem como, a relação com os locais habitados. Moreira (2008) faz um exercício histórico a respeito dos diferentes espaços, situando o homem nas distintas temporalidades e o modo como suas ações incidiram e incidem no planeta.

Cabe resgatar que essa relação humana com os aspectos físicos naturais foi motivo de preocupação por parte de naturalistas como Humboldt e George Perkins Marsh ainda no século XIX. Segundo Wulf (2016), enquanto Humboldt denunciava o caráter sanguinário da colonização espanhola, no tocante à exploração das riquezas Sul-americanas, George Perkins Marsh buscava detalhar o impacto humano, resgatando acontecimentos históricos e correlacionando-os aos vivenciados por ele. George Perkins Marsh dizia que “em toda a parte o homem é um agente perturbador” (WULF, 2016, p. 409).

No contexto do relevo cárstico, objeto principal desta pesquisa, também convém situar a forma degradante de apropriação destes ambientes por parte de antigas civilizações. A própria toponímia do carste clássico (**kras**), adotada mundialmente para designar topografias sobre rochas altamente solúveis, e cuja etimologia da palavra significa (**terreno pedregoso**), com ausência de água e de vegetação, surgiu em decorrência das queimadas e desflorestamento, atrelados a sucessivos modos de uso da terra (GAMS, 1993; FORD; WILLIAMS, 2007; ALVES, 2018; HAJNA, 2019).

Ford e Williams (2007) demonstram o quão as rochas carbonáticas foram utilizadas para a construção de templos, muitos, na atualidade, considerados patrimônios mundiais. No espaço rural, diversos cercados para animais tinham suas paredes feitas de rocha e várias dolinas eram colmatadas para possibilitarem o plantio. A respeito dos recursos hídricos, Humboldt, em suas abordagens sobre o carste, cita o uso desordenado da água na mineração (TRAVASSOS, 2013).

Muitas outras formas de desestruturação ambiental e natural vêm surgindo como resultado da evolução cultural e tecnológica. Desse modo, enquanto não houver uma

modificação na racionalidade econômica, que conseqüentemente almeje uma sociedade negentrópica, como pontua Leff (2008), analisar e representar as forças antrópicas na inter-relação com os elementos físicos naturais torna-se de suma importância, para implementar o debate, favorecer a reflexão, e traçar estratégias favoráveis à manutenção da biodiversidade e da geodiversidade.

Diante do enunciado, como parte de um trabalho mais amplo sobre o carste das proximidades da Serra da Natividade, este estudo teve como objetivo descrever os elementos exteriores que compõem o mosaico paisagístico desse terreno, sobretudo numa perspectiva interativa entre os diferentes compartimentos do relevo estudado. Assim, além das feições exocársticas típicas e das descrições básicas destas, são enaltecidos os fatores intrinsecamente correlacionados à paisagem geral.

De forma complementar, esses elementos da paisagem são situados nesse contínuo processo de produção do espaço geográfico por parte da sociedade humana, principalmente, àquele referente à cultura da lavoura à Terra. A fim de demonstrar as transformações estampadas no relevo, as discussões tomam rumo através de elementos imagéticos e interpretativos, sustentados a partir de sucessivos trabalhos de campo, que levaram às associações e identificações das características próprias do agir humano e das forças naturais.

5.2.1 Alterações da paisagem e características do exocarste

Com o intuito de elucidar o contexto exocárstico numa concepção integral, tanto dos aspectos físicos geográficos, quanto da relação íntima expressa no binômio sociedade-natureza, optou-se por discutir primeiramente os resultados surgidos em decorrência das interpretações de imagens, registradas por sensores remotos (Figura 23). Logo em seguida, foram descritos os pontos de visualização da paisagem em campo, com suas características sustentadas nas bibliografias pertinentes. Outra consideração valiosa ao leitor é a de que, mesmo que o carste seja analisado sistematicamente, optou-se por descrever os pontos com feições típicas do carste anteriormente aos demais pontos, de característica complementar à paisagem cárstica.

A respeito da classificação das imagens de satélite, aquilo que foi definido como Formações Florestais corresponde à *Savana Florestal* e diz respeito à fitofisionomia de cerradão, com árvores densas, semidecíduas, dossel característico, com poucos espaçamentos entre os indivíduos vegetais. As Formações Campestres referem-se à *Savana Arborizada*, e correspondem aos diferentes padrões de cerrado, desde o *stricto sensu*, com árvores e arbustos

não muito elevados, por vezes espaçados, e com extratos emergentes extrapolando o dossel de algumas árvores, até as formações de campo, sobre litossolos, com herbáceas alternando-se com arbustos tortuosos, às vezes rupestres. Os ambientes de domínio dessa classe historicamente têm servido como local de pastagem, aproveitando as gramíneas naturais. A Mata de Galeria, por sua vez, corresponde à vegetação ripária, alternando-se às vezes a mata ciliar com a mata de galeria propriamente.

A classe Agropecuária refere-se às subclasses Culturas Temporárias e Pastagem (IBGE, 2013). As Culturas Temporárias equivalem às unidades das graníferas e cerealíferas, tais como soja, milho, sorgo, milheto etc. As pastagens correspondem à pecuária de animais de grande porte, com leguminosas inseridas artificialmente, diferente da pastagem de campo, realizada nas Formações Campestres. Eventualmente, alguns polígonos com agricultura de pequeno porte foram inseridos na categoria Agropecuária.

A classe Corpos D'Água abarca, tão somente, um barramento que foi feito no curso do ribeirão Água Suja. Por fim, a classe “Outros” está relacionada aos afloramentos rochosos, possíveis áreas de rodovia e solos expostos, que tenham sido capturados pelos sensores. A litologia dos afloramentos compreende os metadolomitos, metacalcários e metapsamo-pelitos das unidades 3 e 4 de Saboia (2009).

Com base na classificação realizada (Quadro 1 e Figura 23), é possível identificar uma predominância das Formações Campestres em relação aos outros tipos de vegetação natural, em todos os anos analisados. Numa comparação da cobertura com o tipo de uso e demais classes, identificou que, apesar da vegetação nativa (Formações Florestais, Formações Campestres, Mata de Galeria) corresponder a mais de 50% em todos os três anos estudados (2010, 2015, 2020), houve significativas reduções nesses últimos 10 anos, perdendo espaço para as práticas agropastoris.

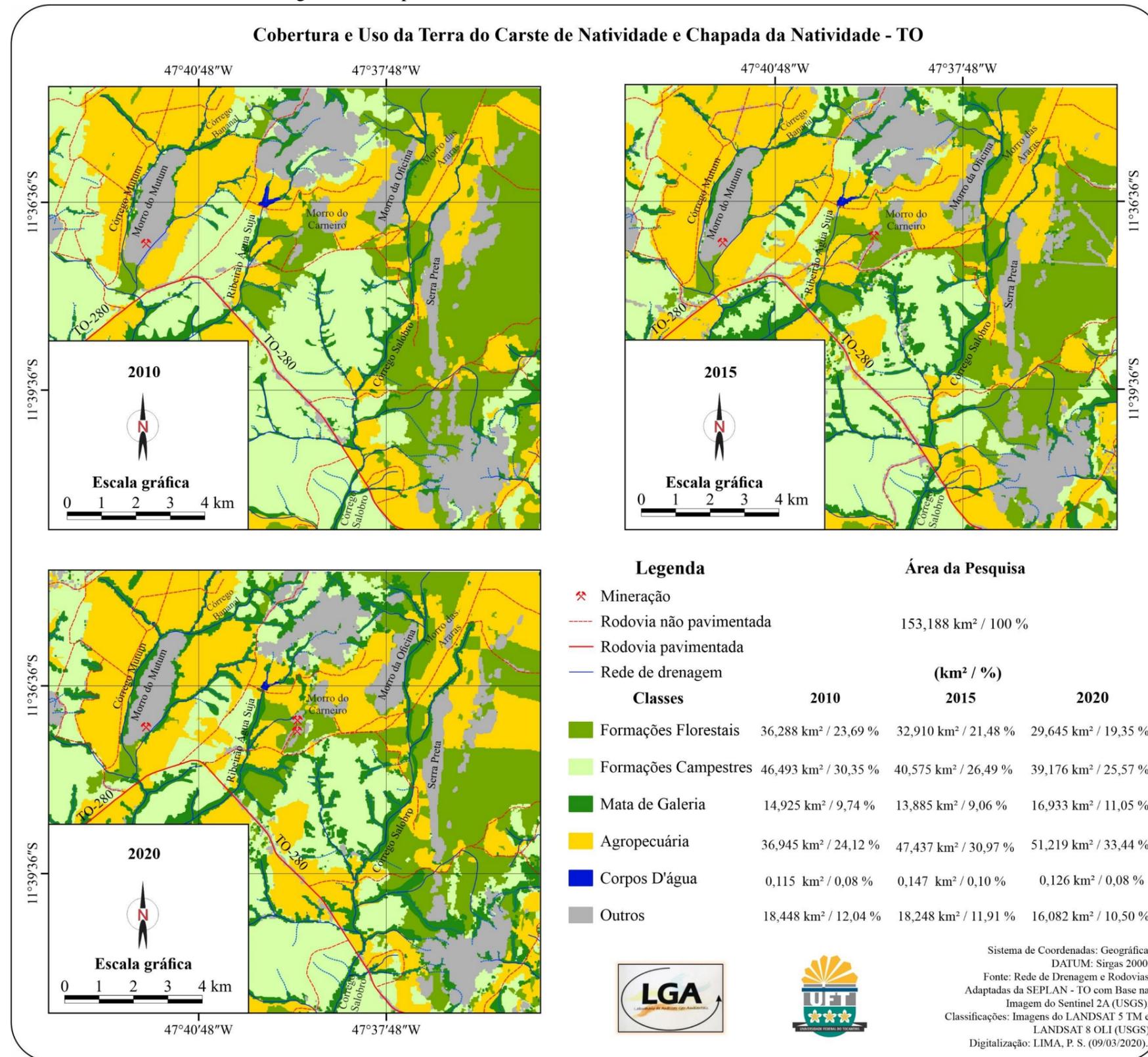
Quadro 1 – Área e variação percentual das classes de cobertura e uso da terra.

Anos	2010		2015		2020		Variação (%)	
	Área*						2010/2015	2015/2020
Classes	km ²	%	km ²	%	km ²	%		
Formações Florestais	36,288	23,69	32,910	21,48	29,645	19,35	-9,31	-9,92
Formações Campestres	46,493	30,35	40,575	26,49	39,176	25,57	-12,73	-3,45
Mata de Galeria	14,925	9,74	13,885	9,06	16,933	11,05	-6,97	21,95
Agropecuária	36,945	24,12	47,437	30,97	51,219	33,44	28,40	7,97
Corpos D'Água	0,115	0,08	0,147	0,10	0,126	0,08	27,83	-14,29
Outros	18,448	12,04	18,248	11,91	16,082	10,50	-1,08	-11,87

* A área total da presente pesquisa equivale a 153,188 km²

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 23 – Mapas de cobertura e uso da terra dos anos de 2010, 2015 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Identificadas, principalmente, nas partes leste e nordeste da área, as Formações Florestais, do tipo *Savana Florestal* (cerradão) diminuíram em 9,31% do ano de 2010 para o ano de 2015. De 2015 à 2020, também houve decréscimo, com variação percentual negativa de -9,92% e redução da área de 21,48% para 19,35%.

Ainda que as Formações Campestres correlacionadas à *Savana Arborizada* (cerrado sentido restrito, campo sujo, campo limpo) sobressaíam ao cerradão, perderam mais cobertura florística do que comparado às Formações Florestais. Assim, de 46,493 km² (30,35%) em 2010 passou a contar com 40,575 km² (26,49%) em 2015 (variação percentual de -12,73%). De 2015 para 2020, a diminuição foi bem menor (-3,45%), representando, ao final dos 10 anos, 25,57% da área.

Dentre as áreas com mata nativa, a única classe a ter aumentado ao final desses 10 anos foi a de Matas de Galeria. Primeiramente, houve diminuição de 14,925 km² (9,74%) em 2010 para 13,885 km² (9,06%) em 2015, o que corresponde a uma variação percentual de -6,97%. Não obstante, de 2015 para 2020 aumentou em 21,95%, chegando a ocupar 16,933 km² da área pesquisada. Há de se considerar a resolução radiométrica das imagens e o processo de digitalização dos vetores, os quais podem ter influenciado nessa oscilação.

É perceptível a ascensão das atividades antrópicas agrícolas no quadro paisagístico, expandindo-se em área, subtraindo tanto espécimes de cerradão quanto exemplares campestres. O crescimento mais significativo foi de 2010 para 2015, com uma variação percentual de 28,40%. Por outro lado, de 2015 à 2020 o crescimento foi menor (7,97%), o que corresponde a um acréscimo de 3,782 km², menos da metade dos 10,492 km² implementados nos primeiros 5 anos analisados.

A classe Corpos D'água, mesmo variando positivamente e depois decaindo, está relacionada à dinâmica do represamento, não correspondendo a outras áreas similares, pois, via de regra, mesmo que se tenha conhecimento da presença destas, não foram captadas pelos sensores. A classe dos afloramentos rochosos e demais áreas descobertas tiveram uma tendência de diminuição, variando negativamente de 2010 à 2015 (-1,08%), assim como, de 2015 para 2020 (-11,87%). A maior diminuição nestes últimos 5 anos está relacionada à qualidade das imagens, pois foi possível considerar alguns pixels como formações campestres.

Outro ponto importante, representado nos mapas por meio de vetores pontuais, é o aumento dos postos de extração de calcário. O do Morro do Mutum a noroeste da área é o mais antigo, ainda do ano de 1986, já os outros dois são mais recentes, e em mogotes de menores dimensões.

Após essas considerações gerais sobre as coberturas fitofisionômicas e sobre o os modos de uso da Terra, compete agora descrever a paisagem pontualmente, correlacionando o observado em campo aos resultados expostos anteriormente. Nessa premissa, a figura 24 apresenta espacialmente os locais visitados. Ademais, mesmo não constando nesta figura, algumas imagens complementares foram adicionadas em pontos específicos.

Deste modo, em localidades às vezes atapetadas por pastagens e lavouras aparecem feições cársticas dignas de nota, outras vezes, onde ainda não houve a retirada integral da vegetação nativa, também se vê morfologias positivas e negativas, de igual importância.

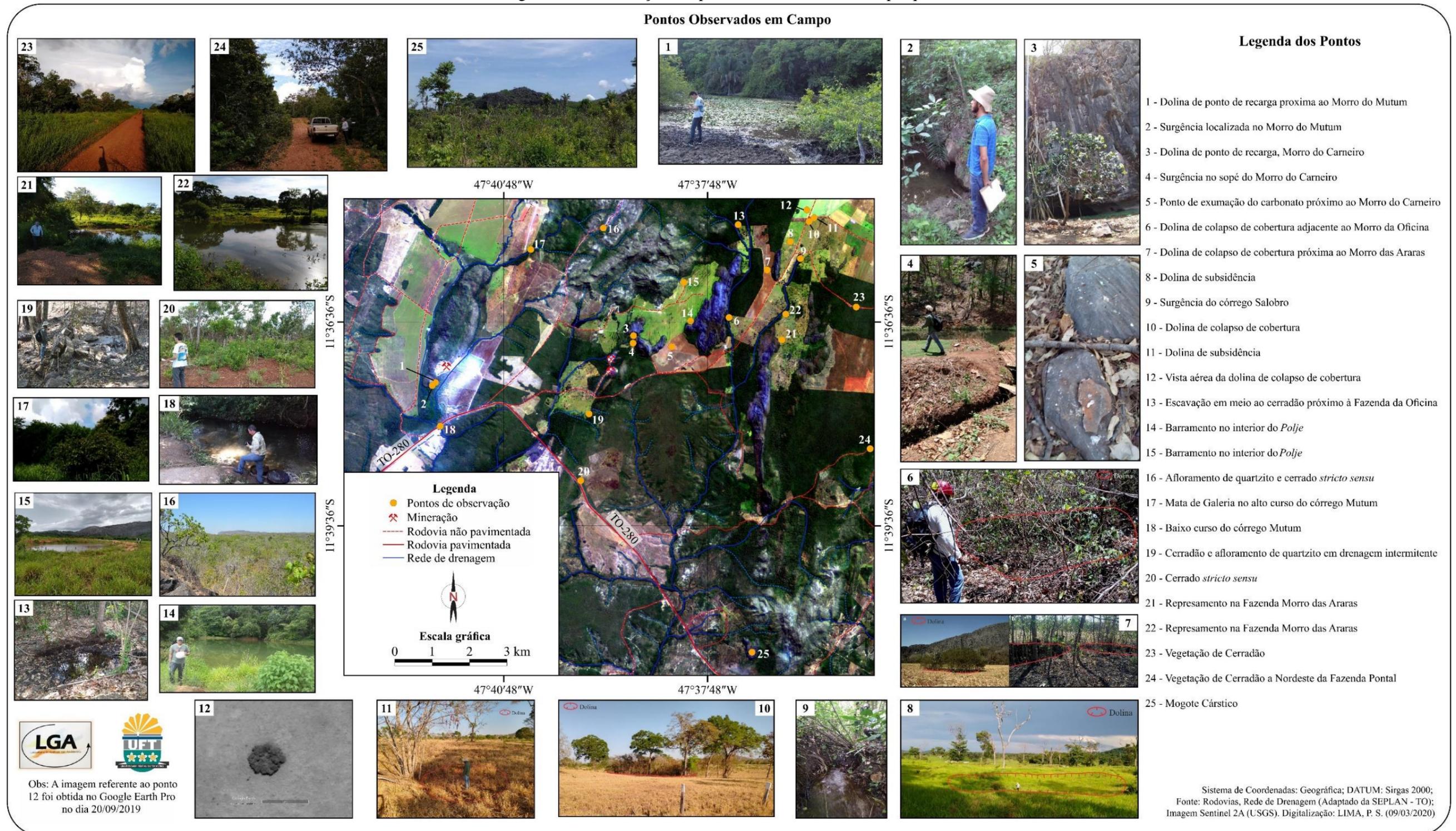
Os seguintes pontos amostrais trazem as descrições de dolinas e demais formações típicas de ambientes cársticos observadas na paisagem estudada.

Ponto 1. Dolina de ponto de recarga próxima ao Morro do Mutum.

Localizado na extremidade sudeste do Morro do Mutum, este ponto corresponde a uma dolina de ponto de recarga, assimétrica fluvial (SAURO, 2003). Suas coordenadas são: Latitude: 11°37'29.43" Sul e Longitude: 47°41'48.30" Oeste. A dolina encontra-se ao sopé de um mogote com menos de 20 m de altura, contíguo ao Morro do Mutum, com mais de 150 m de altura. A depressão apresenta indícios de intermitência, com lâmina d'água coberta por vegetação aquática. Na ocasião, foram identificados pisoteio de animais, e que a feição é usada para abastecer criadouro de suínos. Presume-se que esteja interligada ao canal do córrego Mutum, aquele que margeia a parte leste do morro homônimo (Figura 24).

A feição situa-se a 318 m de altitude, em terreno plano para suave ondulado. Próximo a vertente do mogote, a vegetação é densa e, de forma mais ampla, a dolina encontra-se parcialmente interligada a um babaçal vizinho a área pantanosa (Figura 25). Ao consultar os mapas de cobertura e uso da terra, nota-se que esse ponto localiza-se na área classificada como Formações Florestais, não sofrendo alterações bruscas na cobertura natural. O risco de poluição dos recursos hídricos é evidente, sobretudo por receber dejetos dos animais domésticos.

Figura 24 – Distribuição dos pontos amostrais na área da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 25 – Dolina de Ponto de recarga.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Ponto 2. Surgência localizada no Morro do Mutum.

Aproximadamente 120 m a sudoeste do ponto 1 surgem, no sopé do mesmo mogote interligado ao Morro do Mutum, águas provenientes do subterrâneo cárstico (Figura 26). Sua localização refere-se às coordenadas: Latitude: 11°37'32.09" Sul e Longitude: 47°41'51.03" Oeste. O fluxo originário dessa feição abastece o córrego Mutum. Encontra-se a 334 m de altitude, e em relevo plano para suave ondulado. Apesar de estar conservada, em uma área com “mata” fechada, próxima à vegetação hidrófila, a surgência sofre interferência dos suínos que transitam por toda a área. Em relação aos mapas de cobertura e uso da Terra, localiza-se na classe Formações Florestais, observável nas três séries de imagens classificadas (Figura 23).

Figura 26 – Surgência no Morro do Mutum.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Ponto 3. Dolina de ponto de recarga, Morro do Carneiro.

Este ponto (Figura 27) trata-se de uma dolina de ponto de recarga (SAURO, 2003), situada nas coordenadas: Latitude: 11°36'48.05" Sul e Longitude: 47°38'53.45" Oeste. O processo de recarga subterrânea realizado por essa dolina segue direção contrária aos fluxos hídricos superficiais, enquanto estes contêm direções N-S ou NE-SW, a dolina abastece o aquífero no sentido SW-NE. No momento da visita observou-se solo úmido, e que a feição segue o plano de acamamento do carbonato.

A altitude é de 353 m e o relevo é suave ondulado. No local, foram vistas árvores de porte baixo de (5 a 20 m), e (*dry-forest*) cobrindo parte dos afloramentos carbonáticos. O afloramento calcário possui mais de 20 m de altura e encontra-se fraturado, com *lapiás* diversificados. Alguns blocos, resquícios de processos dissolutivos e físicos, encontram-se afastados do morro e a estabilidade dos taludes é de baixa para média (LEITE, 2011). O local em si é tombado como patrimônio histórico, reconhecido como Sítio Arqueológico Natividade I (Apêndice B). Durante os últimos 10 anos, analisados a partir das imagens de satélite, parece não ter sofrido alteração, enquadrando-se na classe Formações Florestais, do tipo cerradão.

Figura 27 – Dolina com Ponto de Recarga.



Fonte: Acervo do autor (2019 e 2020).

Ponto 4. Surgência no sopé do Morro do Carneiro.

Com Latitude: 11°36'54.63" Sul e Longitude: 47°38'53.88" Oeste, esta feição corresponde a uma surgência (Figura 28), atualmente barrada, com laterais revestidas com cimento e blocos de calcário autóctones. Em um ou dois lugares, o barramento é drenado por

canaletas feitas artificialmente. A água é translúcida e a profundidade é de pouco mais de 1,5 m. No tocante a altitude, está a 356 m acima do nível do mar, já o relevo varia de forte ondulado para montanhoso. Alguns exemplares florísticos encontram-se próximos à surgência, e vão se adensando à jusante, em direção a um mogote baixo e parcialmente inumado. A estabilidade dos taludes é média e a rochiosidade ultrapassa os 75% (LEITE, 2011; CAVALCANTI, 2018). Igualmente ao ponto anterior, nos últimos 10 anos esteve presente na classe Formações Florestais.

Figura 28 – Barramento da surgência no Morro do Carneiro.



Fonte: Acervo do autor (2019 e 2020).

Ponto 5. Epicarste próximo ao Morro do Carneiro.

A pouco mais de 180 m a leste do Morro do Carneiro, este ponto localiza-se nas coordenadas geográficas: Latitude: 11°36'57.89" Sul e Longitude: 47°38'19.69" Oeste. O epicarste, encoberto pela vegetação, encontra-se em meio à área de agropecuária desde o ano de 2010. Algumas árvores conservadas têm porte de até 5 m de altura, com capoeira rala abaixo do subdossel e na altura do piso florestal (CAVALCANTI, 2018). A rocha aflorante não ultrapassa 30 cm de altura e encontra-se lapiezada (Figura 29), com caneluras pequenas e com raros pingos de chuva (*rain pits*). A altitude no local é de 372 m e o relevo é ondulado. Na ocasião, haviam indícios de lavoura temporária nas adjacências. Por outro lado, no interior da mata que recobre o epicarste, continham remanescentes de pastagem.

Figura 29 – Ponto de exumação do carbonato próximo ao Morro do Carneiro.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Ponto 6. Dolina de colapso de cobertura adjacente ao Morro da Oficina.

Este ponto corresponde a uma dolina de colapso de cobertura em forma de bacia (Figura 30) (HEIDARI et al., 2011; FERREIRA; UAGODA, 2019) localizada nas coordenadas geográficas de Latitude: 11°36'32.04" Sul e Longitude: 47°37'29.11" Oeste. Ela encontra-se no sopé a leste do Morro da Oficina, que possui mais de 100 m de altura. A mesma é efêmera, e comporta-se como ponto de captação dos fluxos superficiais temporários, abastecendo o aquífero cárstico.

Na localidade a vegetação é arbórea alta, típica de cerradão, ultrapassando às vezes 20 m nas definições de (CAVALCANTI, 2018), apresentando uma fisiologia semidecidual e cobertura densa, sobretudo, quando da estação chuvosa, onde o dossel se encontra mais aproximado. O subdossel, por sua vez, é composto por capoeira arbustiva rala. No topo do Morro da Oficina predomina mata seca (*dry-forest*) e cactáceas (*suculentas*), típicas de relevos cársticos. A dolina está em um terreno plano e a uma altitude de 365 m. Há bastante rocha carbonática exposta, e a estabilidade dos taludes é média (LEITE, 2011). Nos mapas de cobertura e uso da terra (Figura 23) é possível observar que a área permanece conservada, estando localizada na classe Mata de Galeria, o que demonstra sua relação com um dos contribuintes do córrego Salobro. Porém, por conter pastagem nas proximidades, a intensidade do uso da terra foi considerada mediana. Para além disso, foi observada degradação no Morro da Oficina por visitação não planejada.

Figura 30 – Dolina de colapso de cobertura.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Ponto 7. Dolina de colapso de cobertura próxima ao Morro das Araras.

Na porção oeste do Morro das Araras a aproximadamente 170 m há uma dolina de colapso de cobertura. Suas coordenadas são: Latitude: 11°35'50.03" Sul e Longitude: 47°36'55.46" Oeste. Por estar coalescendo com outra depressão menor, evoluirá para uma uvala (Figura 31b). Na ocasião, observou-se o caráter efêmero da depressão, que se comporta como área de recarga do aquífero cárstico. No seu interior, foi possível visualizar sacos de estopa, resquícios dos utilizados no ensacamento do milho, colhido na área circundante. Outra observação a destacar é a presença de estacas e arames farpados dentro da dolina, pois com o processo de evolução, parte da cerca construída ao redor da feição foi arrastada.

Na localidade existem árvores somente nas bordas da feição e próximo aos Morros da Oficina e das Araras, a cerca de 80 e 140 m de distância, respectivamente (Figura 31). A dolina está em uma área suave ondulada, com altitude de 381 m. O local onde a depressão se encontra tem passado por intensa atividade agropastoril desde 2010, porém, não é possível afirmar se esta morfologia já existia ou não. Por ter interação direta com lavouras temporárias e por sofrer com a pressão exercida pelos maquinários agrícolas, pode expandir-se, ampliando suas dimensões. Além disso, esses impactos agrícolas podem favorecer o processo de aluição em outros locais, configurando um risco, em virtude da gênese repentina (FORD; WILLIAMS, 2007; HEIDARI et al., 2011). Ademais, como visto na figura 31, o tipo de solo é latossólico vermelho.

Figura 31 – (a) visão oblíqua da dolina de colapso de cobertura em primeiro plano e Morro das Araras em segundo; (b) visão aproximada das depressões.



Fonte: (a) Fernando Morais (2019), (b) Acervo do autor (2019).

Ponto 8. Dolina de subsidência.

Este ponto localiza-se nas coordenadas: Latitude: 11°35'25.04" Sul e Longitude: 47°36'35.04" Oeste, e corresponde a uma dolina de subsidência, com morfologia em forma de bacia (Figura 32). A feição está 350 m a NE do Morro das Araras e encontra-se na face leste de um baixo mogote. Assim como as três dolinas que estão a NE da área, esta comporta-se como local de recarga do lençol freático apenas durante o período chuvoso, não armazenando água em seu interior. Situa-se a uma altitude de 412 m e em uma porção do relevo suave ondulada.

Quanto aos fatores impactantes, notou-se pastagem no interior e nas adjacências da dolina, bem como o trânsito recente de máquinas pesadas sobre a feição. É possível que esta e aquelas, localizadas na porção NE da área, abasteçam a surgência do córrego Salobro, localizada a Sul delas. Não foi identificada erosão, e a única vegetação que se aproxima corresponde aos remanescentes de cerradão sobre o mogote, parcialmente inumado. A cobertura pedológica deste local é caracterizada por latossolo vermelho-escuro. Ao fazer um comparativo com os mapas da figura 23, constatou-se em 2010 a presença de Formações Florestais. Já nos anos posteriores (2015 e 2020) a vegetação natural foi substituída pela pastagem, permanecendo inalterada até o momento.

Figura 32 – Dolina de subsidência.



Fonte: Fernando Morais (2020).

Ponto 9. Surgência do córrego Salobro.

Este ponto localiza-se nas coordenadas: Latitude: 11°35'40.00" Sul e Longitude: 47°36'26.05" Oeste, e está 500 m a leste do Morro das Araras. No interior de uma vegetação fechada, de porte arbóreo alto (20 a 30 m de altura), surgem águas provenientes do aquífero cárstico (Figura 33), que, possivelmente, pode ser reabastecido à montante pelas dolinas aludidas nos pontos 8, 10, 11 e 12. A 389 m de altitude e em relevo suave ondulado, a surgência caracteriza-se por ser uma das nascentes do córrego Salobro, permanecendo preservada enquanto local de exfiltração. Estudos futuros devem ser feitos para comprovar ou negar a relação dessa surgência com as dolinas dos pontos mencionados. Em caso de confirmação, a principal fonte de contaminação das águas pode estar relacionada aos agrotóxicos agrícolas que atingem, sobretudo, a dolina do ponto 12, descrito posteriormente. Análises químicas também devem ser feitas para o reconhecimento da qualidade das águas. Ademais, no que se refere aos mapas de cobertura e uso da terra, a Mata de Galeria permanece conservada por todo o canal do Salobro.

Figura 33 – Surgência do córrego Salobro.



Fonte: Fernando Morais (2020).

Pontos 10 e 11. Dolinas de colapso de cobertura

Na porção nordeste da área, próximo à curva da estrada que dá acesso ao córrego Ponte Alta, há uma dolina de colapso de cobertura (HEIDARI et al., 2011; FERREIRA; UAGODA, 2019) localizada nas Latitude: 11°35'07.33" Sul e Longitude: 47°36'18.48" Oeste (Figura 34). A mesma encontra-se a 409 m de altitude, em relevo plano, e está evoluindo para uma uvala. Comporta-se como área de recarga do aquífero cárstico no período chuvoso, permanecendo seca durante a estiagem. Observou-se uso intensivo da área por práticas agropecuárias no local, porém, alguns espécimes vegetais, ainda conservados, indicam uma antiga cobertura vegetal do tipo cerradão.

Figura 34 – Dolina de colapso de cobertura.



Fonte: Fernando Morais (2019).

A aproximadamente 120 m a nordeste dessa dolina, uma outra depressão formou-se na paisagem (Figura 35). Com Latitude: 11°35'04.02" Sul e Longitude: 47°36'14.06" Oeste, é uma dolina pequena e circular, com 5 metros de largura e menos de 60 cm de profundidade. Localiza-se em meio à pastagem, assim como a dolina mencionada anteriormente. Também se comporta como local de captação das águas pluviais, estando seca durante o período de estiagem. Na cobertura latossólica vermelha, trincas de tração à vista refletem contínua evolução da dolina. Essas duas depressões tendem a abastecer a nascente do córrego Salobro, como já mencionado, carecendo de estudos para comprovações futuras.

Figura 35 – Dolina de subsidência.



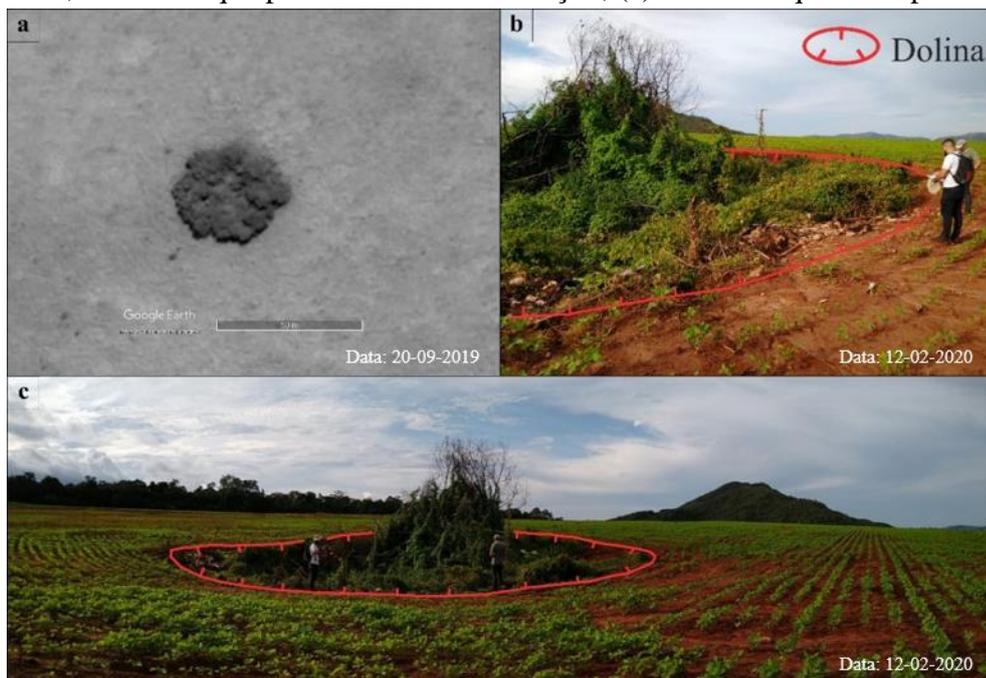
Fonte: Fernando Morais (2019).

Ponto 12. Dolina de colapso de cobertura.

Na porção nordeste, quase no limite da área de estudo, há uma dolina localizada nas coordenadas: Latitude: 11°34'57.13" Sul e Longitude: 47°36'20.46" Oeste. Para esta, há considerações importantes no tocante à modificação recente da paisagem. Durante o primeiro campo, realizado entre os dias 14 e 15 de setembro de 2019 não foi possível acessá-la, pois nessa época estava em meio à pastagem, não sendo possível fazer observações detalhadas. Havia uma pequena mata ao seu redor e, diante disso, foi inicialmente interpretada como dolina de subsidência com morfologia em bacia. Numa outra visita de campo, realizada no dia 12 de fevereiro de 2020, haviam modificações na área de influência dessa feição. O modo de uso tinha sido alterado de pastagem plantada para monocultura de soja, e a mata ao redor da dolina, suprimida por inteira. Além disso, fragmentos rochosos provenientes da escarificação do terreno foram entulhados em suas laterais.

Em razão do avistado, emergiram novas interpretações morfogenéticas e morfológicas. Portanto, ainda que no contexto da subsidência, a dolina foi classificada como de colapso de cobertura, apresentando morfologia afunilada, não contendo bordas tão suaves quanto havia sido imaginado (FORD; WILLIAMS, 2007; HEIDARI et al., 2011; FERREIRA; UAGODA, 2019). Como local de reabastecimento subterrâneo, oferece sério risco à contaminação por fertilizantes provenientes da lavoura. Além do mais, a tentativa de obliteração da feição é preocupante, impactando esteticamente o local. Em termos de altitude, localiza-se a 421 m, em terreno suave ondulado. Não há vegetação nativa tão próxima e o solo é do tipo latossolo vermelho-escuro. Ademais, até o ano de 2010 o local era coberto por cerradão. A figura 36 elucida as transformações ocorridas em pouco menos de 5 meses.

Figura 36 – Dolina de colapso de cobertura: (a) vista aérea da dolina; (b) vista lateral da dolina, com destaque para os entulhos na feição; (c) visão oblíqua da depressão.



Fonte: (a) *Google Earth Pro*, (b) e (c) Fernando Morais.

A partir de então, as descrições se voltarão aos demais pontos que complementam a caracterização da paisagem. Ainda que estes não sejam feições cársticas em si, estão inter-relacionados, interligados à dinâmica de toda a área. Por outro lado, apesar de ser uma morfologia cárstica, optou-se por descrever o ponto 25 por último.

Ponto 13. Cerradão próximo à Fazenda da Oficina

Este ponto localiza-se nas seguintes coordenadas: Latitude: 11°35'10.08" Sul e Longitude: 47°37'21.08" Oeste. Com vegetação arbórea e fitofisionomia de cerradão, o local possui relevo ondulado e altitude de 417 m. A estabilidade do talude é alta, não contendo rochas expostas, e erosão apenas laminar.

A intensidade de uso da terra é média, havendo regeneração incipiente de algumas árvores, em meio à pastagem abandonada, a qual está situada próxima à mata fechada. Esses fatores indicam o processo de desmatamento com corte raso para a pecuária, confirmada nas três séries amostrais de imagens (Figura 23). A disponibilidade de água é baixa, tendo sido observada somente uma pequena poça d'água, resultando de escavação antrópica (Figura 37). No geral, o ponto aproxima-se de um tributário do córrego Salobro e de litologia não carbonática.

Figura 37 – Escavação em meio ao cerradão.



Fonte: Fernando Morais (2019).

Ponto 14. Barramento no interior do Polje.

Com Latitude: 11°36'35.06" Sul e Longitude: 47°38'03.09" Oeste, corresponde ao barramento do córrego que escoar a oeste do Morro da Oficina (Figura 38). A vegetação possui porte de cerradão, porém, existe também mata seca ao redor do maciço. A altitude é de 381 m, o relevo é ondulado e a estabilidade do talude é alta, havendo, porém, blocos angulosos da meia para baixa vertente. A rochividade é alta em virtude da relação com o Morro da Oficina. Sulcos laminares ocorrem, principalmente, nas bordas do barramento e em meio à pastagem circundante.

Esse barramento foi feito para abastecer rebanhos bovinos, que são criados no interior do *polje* em sistema de “piquetes”. Por estar associado ao curso fluvial, pode impactar na hidrologia cárstica, principalmente por receber dejetos dos animais. Área intensamente ocupada, contém atividade pastoril desde antes de 2010 (SEPLAN, 2012a).

Figura 38 – Barramento no interior do *polje*: lâmina d’água em primeiro plano, desvio para captação e vegetação no segundo.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Ponto 15. Barramento no interior do *Polje*.

Localizado ao norte do *polje* e em contato com os metapsamo-pelitos da unidade 4 de Saboia (2009), o barramento situa-se nas coordenadas: Latitude: 11°36'01.03" Sul e Longitude: 47°38'09.00" Oeste. Esta feição antrópica barra um córrego pequeno, com nascente na vertente das rochas detríticas.

No sopé das rochas detríticas há uma vegetação de cerradão, raleando à medida em que a topografia eleva. Na localidade, a altitude é de 391 m e o relevo é ondulado. Os Morros que interagem com o barramento possuem vertentes moderadas, suavizando aos poucos, até atingir a parte mais plana. A rochosidade e a pedregosidade são altas (50% a 75%) em virtude dos quartzitos presentes no local. Porém, os taludes encontram-se estáveis e foi observado, tão somente, erosão em lençol. Assim como o barramento do ponto 14, este também foi construído para abastecimento do gado (Figura 39).

Figura 39 – Barramento no interior do *polje*: pastagem em primeiro plano, barramento em segundo e Morro da Oficina ao fundo.



Fonte: Fernando Morais (2020).

Ponto 16. Afloramento de quartzito.

Este ponto localiza-se nas coordenadas: Latitude: 11°35'13.05" Sul e Longitude: 47°39'20.08" Oeste, e corresponde a um afloramento rochoso. No local há uma vegetação arbórea, predominantemente baixa, típica de cerrado sentido restrito (Figura 40c). Em uma das vertentes do afloramento o dossel está conectado, formando cobertura densa, enquanto na outra, a cobertura é aberta com piso florestal forrado por canelas-de-ema, sobrepostas ao solo pedregoso (25% a 50%) proveniente de detritos quartzíticos.

O relevo caracteriza-se pela presença de colinas (Figura 40a), e a altitude é de 379 m. A área é rochosa (25% a 50%) com média exposição das rochas e estabilidade média dos taludes, podendo ser percebidos blocos no sopé da vertente. Também foi possível observar erosões laminar e em sulcos. Ademais, observou-se lentes de sílica, indicativo da instabilidade tectônica (Figura 40d). Por fim, constatou-se a ocorrência de canais de baixa ordem, sobretudo, canais que fazem parte do córrego Bananal, afluente do Córrego Mutum (Figura 40b). Esses canais apresentaram intermitência, com afloramentos de quartzitos em seu leito. Na figura 40 é possível observar as características do local visitado, bem como o estado de conservação.

Figura 40 – (a) colina com afloramento rochoso; (b) afloramento no canal fluvial; (c) cerrado *stricto sensu*; (d) *boxwork* (lentes de sílica).



Fonte: (a e b) Acervo do autor (2019); (c e d) Fernando Morais (2019).

Ponto 17. Mata de Galeria no alto curso do córrego Mutum.

Este ponto representa o contato entre a vegetação do córrego Bananal e a pastagem adjacente (Figura 41). O mesmo, por sua vez, fica localizado nas coordenadas: Latitude: 11°35'32.01" Sul e Longitude: 47°40'24.07" Oeste. A vegetação forma uma Mata de Galeria densa e baixa (5 a 20 m de altura) em contato com a pastagem inserida anterior ao ano de 2007 (SEPLAN, 2012a). A altitude no local é de 341 m, já o relevo é ondulado, contendo locais pontuais de forte ondulação em direção a NE do marco.

Afluentes do córrego Mutum, o córrego Bananal possui fluxo constante no período chuvoso, porém, com lâmina d'água não muito profunda, tampouco larga, no tocante ao leito de vazante. O mesmo transporta sedimentos mal selecionados, com lados angulosos, próximos ao calhaus, provenientes dos metapsamo-pelitos da unidade 4 de Saboia (2009). Um pouco distante da calha, presenciou-se o afloramento de metapelitos do embasamento.

Figura 41 – Mata de galeria no alto curso do córrego Mutum.



Fonte: Fernando Morais (2020).

Ponto 18. Baixo curso do córrego Mutum.

Este ponto corresponde ao baixo curso do córrego Mutum, a cerca de 2.000 m do seu nível de base, o ribeirão Água Suja. Situa-se nas coordenadas: Latitude: 11°38'08.06" Sul e Longitude: 47°41'44.03" Oeste. A altitude no local é de 380 m, e o relevo é suave ondulado. Destaca-se pela presença de vegetação ciliar, às vezes, fechando o dossel para Mata de Galeria, com árvores de até 15 m. Não foram avistadas rochas expostas, erosão apenas laminar e boa estabilidade das vertentes. A intensidade do uso da terra diz respeito às atividades agropastoris nas proximidades da calha fluvial, sobretudo, na margem direita do canal. O córrego possui disponibilidade hídrica, com volume significativo em relação ao curso principal do ribeirão Água Suja (Figura 42).

Atualmente é utilizado para a captação de água por meio de caminhões pipas, os quais regam as vias de acesso das lavras minerárias. Desse modo, observou-se que, com o trânsito de veículos na área interligada ao córrego, tem ocorrido a desagregação do solo, aumentando o aporte de partículas finas e favorecendo o escoamento superficial em direção ao canal fluvial. Constatou-se também a presença de lixo, como, por exemplo, fragmentos de zinco (Figura 42).

Figura 42 – Baixo curso do córrego Mutum.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Ponto 19. Cerradão próximo à drenagem intermitente.

Este ponto está localizado a sul da guarita da Nativa Mineração, nas coordenadas de Latitude: 11°37'57.16" Sul e Longitude: 47°39'32.71" Oeste. Notou-se a presença de vegetação arbórea alta (20 a 30 m) com cobertura densa e fitofisionomia de cerradão. Nas proximidades, o relevo contém colinas com topos convexos, estando a uma altitude de 345 m. A estabilidade dos taludes é alta, não tendo sido percebido blocos rochosos nas vertentes. Há uma baixa quantidade de rochas expostas, perceptíveis apenas nos leitos intermitentes, sendo, portanto, exemplares de canga laterítica, esparsos em um canal, e de quartzito na drenagem ao sopé da vertente (*Figura 43a*). O tipo de erosão presente corresponde aos canais fluviais intermitentes, com destaque para o que se encontra na base da encosta (*Figura 43a*).

Na ocasião, observou-se a presença de pecuária nos arredores, fato constatado nos mapas da figura 23. Além disso, a prática de uso do fogo, muito típica nas épocas de seca, foi realizada naquela localidade, afetando o comportamento da vegetação. Ademais, a disponibilidade de água é inexistente nos períodos de estiagem e a drenagem próxima à vertente comporta-se como curso de baixa ordem, alimentando o ribeirão Água Suja.

Figura 43 – (a) canal fluvial intermitente; (b) afloramento de quartzito no leito do canal.



Fonte: Fernando Morais (2019).

Ponto 20. Cerrado *Stricto Sensu*.

O ponto em questão margeia a Fazenda Altamira e localiza-se nas coordenadas: Latitude: 11°38'36.03" Sul e Longitude: 47°39'40.08" Oeste. A fitofisionomia caracteriza-se pela presença de cerrado sentido restrito e cobertura vegetal aberta, apresentando copas esparsas, principalmente por ter sofrido incêndios florestais no período seco e raleamento com cortes de árvores de menor expressão (*Figura 44*). Continha vegetação adensada no ano de 2010, perdendo área para a classe Agropecuária a partir de 2015 (*Figura 23*). Identificou-se, a

partir de uma placa, que este local corresponde a uma Área de Preservação Permanente – APP, e que algumas árvores estão crescendo novamente.

Encontra-se a 395 m de altitude, com relevo variando de plano, suave ondulado a ondulado. Não foram vistas rochas expostas, contudo, observou-se coberturas lateríticas capeando o embasamento (SABOIA et al., 2014; PRAXEDES, 2015).

No local em si, não há disponibilidade de água, no entanto, a partir da análise dos ‘mapas base’, das imagens de satélite e do próprio *Google Earth Pro*, foi possível expandir a leitura da paisagem. Desse modo, reconheceu-se esse local como área de reabastecimento das cabeceiras de drenagem que alimentam o ribeirão Água Suja a oeste e o córrego Salobro a leste. Portanto, comporta-se como divisor das bacias hidrográficas dos principais cursos d’água da área de estudo.

Figura 44 – Cerrado *stricto sensu*.



Fonte: Acervo do autor (2019).

Ponto 21. Represamento na Fazenda Morro das Araras.

Este ponto está situado entre os dois remanescentes cársticos mais alongados da área da pesquisa, e localiza-se nas coordenadas: Latitude: 11°36'51.77" Sul e Longitude: 47°36'42.43" Oeste. Corresponde a uma represa de pequeno porte no interior de uma área utilizada para a bovinocultura de corte (Figura 45). A elevação é de 373 m, já o relevo varia de suave para suave ondulado. Algumas árvores conservadas indicam antiga cobertura composta por cerradão. Não há pedregosidade aparente, já a rochosidade diz respeito às rochas carbonáticas do maciço lapiezado, e os aspectos erosivos são ínfimos, com erosões laminares nos bordos da represa. Essa feição antrópica complementa uma série de represas construídas no interior dessas duas topografias alongadas. Ademais, em todos os anos dos mapas de cobertura e uso da terra (2010, 2015 e 2020) o local correspondeu à classe Agropecuária, com pastagem plantada (Figura 23).

Figura 45 – Represamento na fazenda Morro das Araras.



Fonte: Fernando Morais (2020).

Ponto 22. Represamento na Fazenda Morro das Araras.

Este ponto também corresponde a uma represa (Figura 46), e localiza-se nas coordenadas de Latitude: 11°36'29.09" Sul e Longitude: 47°36'39.08" Oeste. Encontra-se a leste do canal do córrego Salobro, próximo à Mata de Galeria que acompanha a calha fluvial. A uma altitude de 366 m, e com relevo suave ondulado para ondulado, a represa é utilizada para dessedentar o gado. Não foi constatado erosões acentuadas, apenas laminar e em sulcos. Além da represa e da pastagem, há uma passagem por dentro o córrego, o que também soma aos aspectos de alteração de base antrópica, sobretudo, alargando o canal naquela porção.

Além de ser um represamento, parece acomodar água que escoar de leste, o que carece de verificações mais detalhadas em momento futuro. Esta represa é maior que a descrita no ponto anterior, bem como a água é mais turva, pois foi aberta em uma localidade com solo de coloração escura. Sauro (2003) aponta que algumas feições decorrentes da ação humana podem se comportar como uma dolina, e, nesse caso em específico, é importante que o comportamento da represa seja melhor avaliado em outra oportunidade, pois pode impactar os recursos hídricos, principalmente pela proximidade com o córrego Salobro.

Figura 46 – Represamento na fazenda Morro das Araras.



Fonte: Fernando Morais (2020).

Ponto 23. Cerradão.

Com Latitude: 11°36'22.77" Sul e Longitude: 47°35'36.87" Oeste, o ponto diz respeito a uma mata fechada, arbórea baixa (5 a 20 m de altura) típica de cerradão. À medida em que se aproxima do carbonato, a oeste deste ponto, a vegetação tem o porte mais elevado, com árvores altas (20 a 30 m) e “troncudas”. Tanto a rochiosidade quanto a pedregosidade são ausentes. Está em altitude de aproximadamente 419 m, com relevo variando de plano para suave ondulado. O local, em si, encontra-se conservado, talvez um dos maiores remanescentes de cerradão da área, juntamente com o ponto a nordeste da Fazenda Pontal. O solo possui coloração avermelhada, com característica de depósitos lateríticos, e a figura 47 elucida os aspectos do local.

Figura 47 – Cerradão.



Fonte: Fernando Morais (2020).

Ponto 24. Vegetação de cerradão a nordeste da Fazenda Pontal.

Dentre as áreas mais conservadas no polígono da pesquisa (Figura 48), o ponto a nordeste da Fazenda Pontal localiza-se nas coordenadas: Latitude: 11°38'27.89" Sul e Longitude: 47°35'24.58" Oeste. Com porte arbóreo, em geral, contém árvores entre 5 e 20 m de altura, consideradas baixas para Cavalcanti (2018), porém, conforme se aproxima da Fazenda citada, árvores com troncos, alturas e copas maiores tornam-se recorrentes. A uma altitude de 408 m, o relevo possui pequenas rugosidades, mas a declividade é moderada. Na localidade a rochosoidade é baixa, contudo, afloramentos de quartzitos foram avistados a leste, não mais na área pesquisada. Já a pedregosidade local (25% a 50%) evidencia possíveis alterações do embasamento, bem como ocorrência de depósitos detrítico-lateríticos, como demonstram os estudos geológicos (SABOIA et al., 2014; PRAXEDES, 2015).

Figura 48 – Vegetação de cerradão.



Fonte: Fernando Morais (2020).

Ponto 25. Mogote cárstico.

Por fim, localizado nas coordenadas de Latitude: 11°41'27.60" Sul e Longitude: 47°37'08.85" Oeste, este ponto corresponde a um mogote cárstico, a sudeste da área da pesquisa (Figura 49). A feição é um seguimento da Serra Preta e encontra-se a 414 m de altitude, em relevo forte ondulado. Em suas proximidades há um misto de atividade Agropecuária, remanescentes de Formações Campestres sobre litossolo pedregoso (50% a 75%) e Formações Florestais, com cerradão na meia vertente dos metapsamo-pelitos da unidade 4 de Saboia (2009). Além destes exemplos de vegetação nativa, há também uma vereda na porção sul do maciço. Na ocasião da visita, observou-se que, sobre a mesma haviam indícios de incêndio florestal recente, com resquícios de cinza também próximo ao mogote.

Os mapas de cobertura e uso da terra têm mostrado que na parte ocidental da feição, predominam atividades agropastoris, principalmente pastagens para criação de gado. Já o trabalho de campo possibilitou observar que, sobre o carbonato fraturado, lapiezado e dobrado, existem cactáceas e presença de intemperismo biológico atuante. Ademais, além de conter cavernas embutidas, nas laterais do maciço foram identificados pontos de infiltração, com sentido SW-NE.

Figura 49 – Mogote cárstico.



Fonte: Acervo do autor (2019).

5.2.2 Considerações complementares sobre a paisagem cárstica de Natividade e Chapada da Natividade.

Os dados levantados, tanto a nível de interpretação de imagem quanto de trabalho de campo, permitem fazer alguns apontamentos complementares aos já aludidos no decorrer das apresentações supracitadas.

Destarte, nesses últimos 10 anos constata-se nitidamente o crescimento da Agropecuária em relação à vegetação nativa, observável visualmente ou estatisticamente. As atividades antrópicas, seja a monocultura ou mesmo a pastagem plantada, principalmente aquelas de maior extensão territorial ocupam terrenos planos, favoráveis a grandes sistemas de repartição, no caso da pastagem, e ao preparo da terra e colheita dos grãos com mecanização pesada, no caso da agricultura extensiva. Por outro lado, as pequenas propriedades rurais caracterizam-se pelo desmatamento em polígonos localizados e de pouca extensão territorial, distribuindo-se principalmente a sul e a sudeste da área.

Essas atividades antrópicas têm ocupado espaço em áreas diretamente interligadas aos recursos hídricos superficiais ou subterrâneo, contribuindo possivelmente para o escoamento superficial, bem como para a expansão e origem de feições cársticas. Sobre *Savana Arborizada*

(formações de campo), expandiu entre o interflúvio do córrego Mutum com ribeirão Água Suja, e entre este e o córrego Salobro, o ultimo sobre extensas coberturas de depósitos detrito-lateríticos. Já os locais de supressão de cerradão para plantio de capim ou monoculturas temporárias, coincidem com a localização das atuais dolinas de colapso de cobertura (HEIDARI et al., 2011), e com algumas áreas com o epicarste à mostra.

Nesses últimos dois anos, a implementação de culturas temporárias tem transformado a relação carste-efluentes, assim, a substituição de pasto para cultivo de soja nas proximidades do ponto 12 tende a impactar negativamente na surgência do córrego Salobro (ponto 9) e em outros locais, como aborda a literatura (HARDT, 2008; TIMO; TRAVASSO; VARELA, 2018). Além disso, a pressão provocada pelas máquinas pesadas pode intensificar a formação de futuras dolinas de abatimento de solo ou a ampliação das já existentes, o que configura um risco, principalmente pelo caráter repentino dos desabamentos (DELLE ROSE; FEDERICO; PARISE; 2004; FORD; WILLIAMS, 2007, TRAVASSOS, 2019). Acrescenta-se também os barramentos e represamentos que podem funcionar como dolinas, algo já correlacionado por Sauro (2003) para outros tipos de intervenções antrópicas.

Apesar das Formações Campestres, do tipo *Savana Arborizada* terem perdido mais espaço comparado às Formações Florestais, do tipo *Savana Florestal*, o avanço de atividades agropastoris sobre terrenos cobertos por cerradão constitui fator de maior preocupação, principalmente pela baixa capacidade de revitalização, às vezes remotas, algo preconizado por Ab'Sáber (2012) e carente de mais atenção governamental e popular. Já o cerrado *stricto sensu* e demais vegetações de campo revigoram mais rápido, o que também não anula o melhor planejamento para a ocupação destas áreas.

Depreende-se, portanto, que os remanescentes de cerradão precisam de maiores cuidados, pois sua resiliência é muito baixa, além de constituírem importante cobertura vegetal, assegurando a sobrevivência de uma fauna diversificada (AB'SÁBER, 2012).

Por sua vez, o aumento da classe Mata de Galeria, ao final da análise, pode refletir o disposto na Lei (12.651/2012) que define as matas de fundo de vale como Área de Preservação Permanente – APP. Acrescenta-se, ainda, a qualidade das imagens de 2015 e 2020, as quais possibilitaram melhor classificação.

5.2.3 Perspectivas futuras para o carste da região de Natividade e Chapada da Natividade.

As informações postas em evidência possibilitam apontar alguns procedimentos futuros, tendo como base estudos pretéritos e atuais que apontam medidas para a gestão, predições de impactos, e recuperação de áreas cársticas. Gams (1993) aponta uma série de tentativa de reflorestamento, algumas logrado êxito. Com base nisto, julga-se importante repensar as áreas já cultivadas e as possíveis áreas que serão usadas para a produção agropastoril. Assim mesmo, aquelas áreas mais críticas precisam ser recuperadas com vegetação plantada, de preferência com espécies do bioma característico, conforme dispõe no Código Florestal Brasileiro.

Para dar suporte às boas práticas de reflorestamento, estudos futuros sobre a taxa de erosão do solo figuram como uma necessidade. De acordo com Zhou et al. (2020), a perda de solo no carste é um problema que afeta os ambientes subterrâneos, a agricultura e os aspectos socioeconômicos, o que justifica a realização de pesquisas no âmbito da pedologia (FORD; WILLIAMS, 2007; HARDT, 2008; ZHOU et al., 2020).

Por outro lado, caso não sejam repensadas, as atividades agropastoris podem elevar as pressões na área estudada, contribuindo para a supressão da cobertura florística e consequente perda de solo. Além do mais, os desmatamentos podem potencializar a exumação de feições que se encontram encobertas pela dinâmica natural. Complementar a isso, por ter alguns locais reconhecidos como Sítio Arqueológico (Apêndice B), e por conter morfologias de interesse geológico e geomorfológico (LOBO; BOGGIANI, 2013), necessita de planejamento ambiental, principalmente na perspectiva abordada por Ross (1995), ou seja, feito a partir de diagnósticos e prognósticos, numa concepção interdisciplinar, que possibilite avaliar as fragilidades e as potencialidades reais do uso daquele território.

Compreende-se, portanto, que este planejamento, com vistas à recuperação, reordenação e conservação deve, inclusive, estender-se para um contexto regional, principalmente pela tendência gradual de apropriação do espaço por pastagens e culturas agrícolas, processo recorrente no carste do sudeste do Tocantins (FERREIRA, 2015; ALVES, 2018; PASCHOAL; MORAIS, 2019).

Numa outra perspectiva, é possível fazer cálculos e inferências das taxas de expansão das dolinas de colapso de cobertura, como tem sido demonstrado por Pueyo Anchuela et al (2012) e Pueyo Anchuela et al (2016) na bacia do Ebro. Com o panorama de estudos como estes, e com o conhecimento mais detalhado da espessura do pacote carbonático, será mais “fácil” prevenir-se de riscos eminentes. Ainda que em áreas agropastoris os riscos de

subsidência e colapso sejam menores que em perímetros urbanos (SIMÓN et al., 2009), estudos devem ser amplificados, acima de tudo por ser uma área pouco conhecida cientificamente.

Para além disso, é preciso expandir a educação ambiental, principalmente a respeito da fragilidade do sistema cárstico, de modo a criar senso crítico e desejo de mudança, iniciando desde as idades mais baixas, até o alto nível etário. Tal perspectiva, caso seja adotada, visa em um futuro próximo demonstrar aos moradores de Natividade e Chapada da Natividade a importância geológica, geomorfológica e cultural daquela paisagem. Desse modo, é preciso modificar as estatísticas a nível de conhecimento e da importância do carste por parte dos alunos e dos moradores, ainda que a população adulta tenha ciência dos riscos de degradação a esse tipo de relevo (MANDU; MORAIS, 2013; SILVA; MORAIS 2014).

Sob a coordenação do CBHRMA – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves, criado em 22/03/2011, algumas atividades de educação ambiental vêm sendo realizadas nos municípios localizados no perímetro da bacia. Nos anos de 2018 e 2019 foram feitas oficinas e capacitações em Natividade e Chapada da Natividade, respectivamente (SEMARH, 2020). No entanto, conforme consta no relatório anual desse comitê, disponível somente para esses anos apontados, os temas tratados eram gerais, ou correspondiam à recuperação de áreas específicas, não chegando a mencionar diretamente sobre a paisagem cárstica.

Face à sua representatividade, por contar com a participação de vários profissionais interessados na conservação da natureza, e, também, por ter sede em Natividade, o comitê pode contribuir na difusão do conhecimento do carste ora pesquisado. Para além da área desta pesquisa, o contexto regional reforça ainda mais a necessidade de realizar-se oficinas e palestras, bem como trabalhos de campo nos terrenos cársticos, pois dentre os 11 municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves, 8 possuem feições cársticas, a saber: Chapada da Natividade, Natividade, Pindorama do Tocantins, Almas, Dianópolis, Porto Alegre do Tocantins, Rio da Conceição e Taipas do Tocantins.

Vê-se com isso a importância hidrográfica e hidrogeológica das rochas carbonáticas na presente bacia, as quais encontram-se distribuídas em unidades litoestratigráficas diferentes (Grupo Bambuí e Grupo Natividade) e contribuem significativamente para a manutenção da população e de uma biota de enorme valor. Assim, observa-se que a pesquisa no carste de Natividade, Chapada da Natividade e do sudeste do Tocantins de maneira geral é um campo aberto, demonstrando que os estudos não se findam por aqui e que sua gestão será um desafio constante.

5.3 Potencialidade geoturística do carste de Natividade e Chapada da Natividade – TO.

5.3.1 Resumo

O geoturismo é uma prática fundamentada na divulgação dos recursos naturais mais valiosos, e parte do pressuposto de que o contato com os elementos físicos, aliado à interpretação, é um fator essencial para a conservação. Por seu patrimônio arquitetônico chamativo, tombando pelo IPHAN, Natividade é um dos atrativos do Tocantins, tendo, no entanto, um turismo de natureza incipiente. Por isso, este trabalho objetivou demonstrar a potencialidade geoturística do carste de Natividade e Chapada da Natividade, a partir da escolha de locais que se destacam pela importância científica, contemplativa, cultural e educativa, sendo aqui definidos como LIGeoms – Locais de Interesse Geomorfológico. A representação dos LIGeoms foi definida conforme a magnitude das feições. Assim, locais com possibilidade de observar grandes morfologias foram considerados panorâmicos, enquanto aqueles com geoformas médias foram classificados como do tipo área. Foram definidos 8 LIGeoms, com suas características avaliadas subjetivamente, respeitando, contudo, os aspectos relacionados ao conceito. Nesse sentido, constatou-se que no relevo cárstico estudado existem vários elementos passíveis de serem explorados pelo geoturismo, tais como as feições relacionadas ao *polje* de contato, as pinturas rupestres e o Morro das Araras. Acredita-se que a pesquisa contribuirá na divulgação da área, podendo, também, instigar a população a criar estratégias de geoconservação.

5.3.2 Abstract

Geotourism is a practice based on the dissemination of the most valuable natural resources, and is based on the assumption that contact with natural elements, combined with interpretation, is an essential factor for conservation. Due to its striking architectural heritage, listed by IPHAN, the municipality of Natividade is one of the attractions of Tocantins, having, however, an incipient tourism. Therefore, this work aimed to demonstrate the geotouristic potential of the karst of Natividade and Chapada da Natividade, from the choice of places that stand out for their scientific, contemplative, cultural and educational importance, being defined here as LIGeoms - Places of Geomorphological Interest. The representation of LIGeoms was defined according to the magnitude of the features. Thus, places with the possibility of

observing large morphologies were considered panoramic, while those with medium geofoms were classified as area type. 8 LIGeoms were defined, with their characteristics subjectively assessed, respecting, however, aspects related to the concept. In this sense, it was found that in the karst relief studied there are several elements that can be explored by geotourism, such as the features related to contact polje, rock paintings and Morro das Araras outcrop. It is believed that the research will contribute to the dissemination of the area, and may also instigate the population to create geoconservation strategies.

5.3.3 Introdução

O geoturismo é um tipo de turismo de natureza que tem como base principal os elementos da geodiversidade, sendo notadamente sustentado por aqueles locais com valor superlativo. O mesmo surgiu no Reino Unido no final do século XX, tendo como ideal uma prática que valorize a contemplação e a conservação dos atributos geológicos, geomorfológicos e paleontológicos (BRILHA, 2005; PIEKARZ, 2011; HOSE, 2011).

Partindo-se da concepção de que a natureza abiótica é indispensável para a vida, por ofertar as condições perfeitas para a sobrevivência e, principalmente, por possuir elementos que permitem o entendimento da evolução do planeta e da relação dos seres vivos com as paisagens, pesquisadores das áreas de Ciência da Terra vêm sustentando a ideia de que o geoturismo permite tomar consciência acerca do significado do geopatrimônio (NASCIMENTO; RUCHKYS; MANTESSO-NETO, 2008; EVANGELISTA; TRAVASSOS, 2014). Para Gray (2019 p. 232), uma das razões de se conservar o geopatrimônio é exatamente porque ele nos oferece indícios da história da Terra e do nosso lugar nela.

Neste contexto, o relevo cárstico enquadra-se por seus diversos valores e por sua geodiversidade. Assim, além de conter dados relevantes para a produção do conhecimento científico, ele é indutor do geoturismo, tendo nas cavernas o seu elemento mais representativo, muitas das quais foram modificadas internamente para receber visitantes (LOBO et al., 2007; ROBLEDO-ARDILA; DURÁN-VALSERO, 2016; DEMIGUEL et al., 2020). Seus espeleotemas são contemplados por seu aspecto diferenciado. Já o microclima cavernícola, por exemplo, permite a conservação de restos humanos e animais por milhares de anos, a exemplo dos encontrados no carste de Lagoa Santa e no carste chinês (RAVBAR, 2003; HOLTEN; STERLL, 2011; ANDREU et al., 2016).

Entende-se, contudo, que não somente as cavernas são atrativos turísticos. Trilhas guiadas, ou com painéis informativos, contribuem na divulgação da natureza e oferecem meios interpretativos que permitem conhecer a evolução histórica do local visitado. A exemplo de outros relevos, o cárstico, em alguns locais do Brasil e do mundo, é organizado de tal forma para que corresponda aos princípios do geoturismo, ou seja, com vistas à transmissão do conhecimento científico, atrelado ao bem estar do visitante e à geoconservação (BRILHA, 2005; PIEKARZ, 2011; COSTA; OLIVEIRA, 2018).

De maneira complementar, quando existem feições que destoam das demais, elas, em uma concepção regional, podem ser incluídas em “circuitos geoturísticos”, os quais elevam ainda mais o entendimento do meio físico por parte da população (PIEKARZ, 2011; EVANGELISTA; TRAVASSOS, 2014).

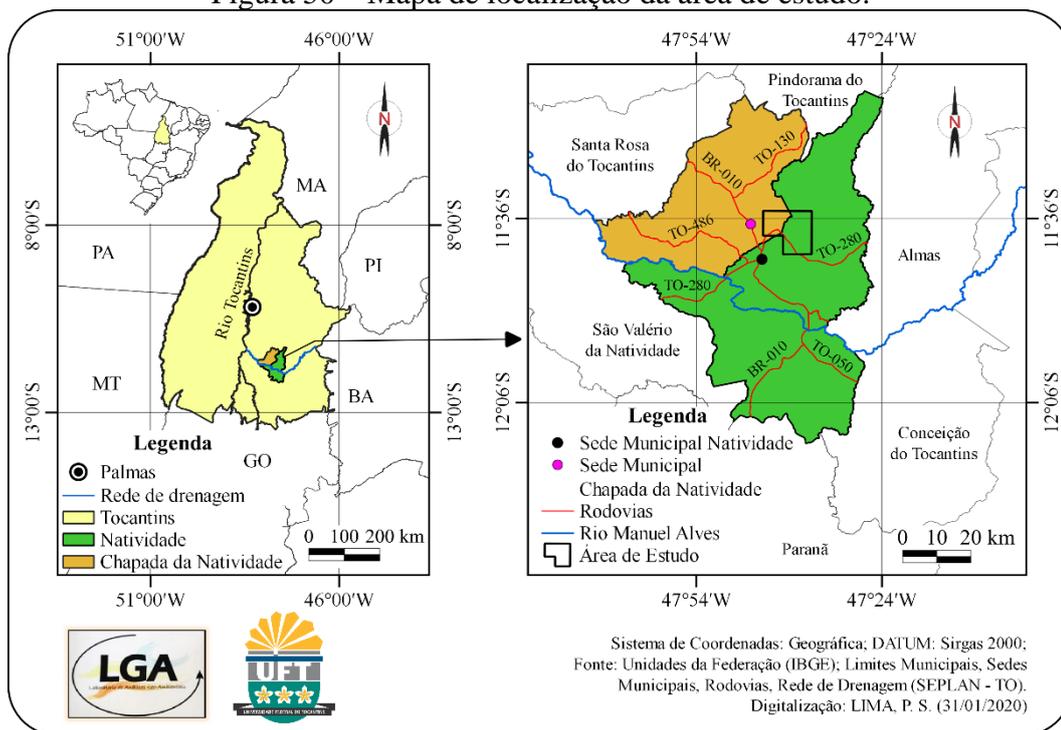
Sustentado nessa perspectiva de geoturismo, o principal objetivo do artigo será demonstrar, no carste de Natividade e Chapada da Natividade, quais são os locais propícios para o entendimento da evolução da paisagem, os quais podem, também, agregar beleza cênica, importância cultural e educacional, aspectos esses integrados ao conceito de LIGeoms.

O mesmo, justifica-se por se tratar de uma temática que possibilitará a divulgação da paisagem cárstica em questão, podendo, a partir de então, atrair novos pesquisadores, e também a população local que, consciente da importância desse modelado, poderá participar das decisões que visem à geoconservação. Complementar a isso, os LIGeoms poderão ser um elemento a mais a ser agregado no contexto do roteiro geoturístico da região de Natividade, o qual concentra-se amplamente nos monumentos arquitetônicos do período colonial.

5.3.4 Área de estudo

A área pesquisada corresponde a um polígono com feições cársticas que engloba parte dos municípios de Natividade e Chapada da Natividade (Figura 50). Distanto 221 km de Palmas, capital do Tocantins, a área pode ser acessada pela BR-010. Para chegar até o local da pesquisa, necessita-se percorrer 5 km, saindo de Natividade em direção à cidade de Almas pela TO-280.

Figura 50 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A exemplo de outras cidades no Brasil, Natividade e Chapada da Natividade originaram e floresceram em virtude da sua geodiversidade, ambas possuindo, atualmente, mais de 280 anos, tendo sido fundadas nos anos de 1734 e 1736, respectivamente. Desde o início, o ouro permeia a história delas, tornando-se aspecto identitário. Natividade se destaca por ser a cidade mais antiga do estado do Tocantins, e por ser tombada como patrimônio histórico desde 1987 (VAZ, 1985; IPHAN, 2014; IBGE, 2017).

No âmbito do polígono pesquisado, o embasamento geológico é constituído por paragneisses da Formação Ticunzal, que pertence ao Domínio Cavalcante-Arraias, localizado na porção oeste do Bloco Natividade-Cavalcante. Sobre a parte basal contêm rochas metassiliciclásticas e metacarbonáticas do Grupo Natividade, datadas do Pré-Cambriano. A região como um todo sofreu influência do Lineamento Transbrasiliiano, cujos controles são pronunciados na paisagem por meio de falhas e dobras métricas a quilométricas, e, também, pela direção de diversos morros e serras (GORAYEB, 2011; PRAXEDES, 2015).

Geomorfologicamente, há Planaltos, Platôs e Patamares constituídos por morros e serras com vertentes abruptas e suaves. As áreas de deposição, por sua vez, dizem respeito aos leitos dos rios, recobertos por aluviões, e aos interflúvios, com depósitos lateríticos localizados, principalmente, na parte centro-sul da área investigada (BEMERGUY; BORGES; COSTA, 1994; CPRM, 2016). O clima caracteriza-se por ser úmido subúmido, com pequena a moderada

deficiência hídrica. A evapotranspiração média anual varia de 1.500 a 1.600 mm, assim como a precipitação média anual. A temperatura, por sua vez, tem uma média de 25 °C (SEPLAN, 2012a).

A vegetação é típica de cerrado, contendo exemplares de suas subdivisões. Há cerrado, cerrado sentido restrito, cerrado rupestre e campo sujo. Veredas, matas de galeria e mata seca também se distribuem no limite estabelecido (SILVA, 1987; SEPLAN, 2012a). Parte desta flora natural foi substituída por pastagens e lavouras que contribuem para a economia local. Festejos tradicionais, visitas turísticas, joias, culinária e extração mineral também são partes importantes da dinâmica econômica da região (IBGE, 2017).

5.3.5 Metodologia

A pesquisa iniciou-se com a aquisição de bibliografias nacionais e internacionais sobre temas relacionados à geodiversidade, geoturismo e geoconservação, com destaque para a paisagem cárstica. Fez-se, também, um levantamento sobre estudos realizados nos municípios de Natividade e Chapada da Natividade, tanto acerca dos aspectos físicos quanto socioespaciais.

Posteriormente, foram feitos trabalhos de campo em pontos específicos, os quais complementaram os levantamentos realizados anteriormente por meio do “caminhamento livre” (CAVALCANTI, 2014). A partir dos dados coletados, selecionou-se os locais que possuem as características mais relevantes do ponto de vista geoturístico e científico, organizando-os em uma prancha para melhor visualização no contexto da área.

Com base nos trabalhos de Piekarz (2011) e Evangelista e Travassos (2014), buscou-se categorizar os locais potenciais em três níveis de magnitude: panorâmico, área e isolado. Além disso, reconheceu-se aqueles com maior capacidade para interpretação da evolução geomorfológica. Soma-se, ainda, os atributos relacionados aos fatores contemplativos, culturais e educativos.

No contexto geral, mesmo baseando-se em Evangelista e Travassos (2014), optou-se por analisar a potencialidade de forma subjetiva, não tendo sido feitos estudos quantitativos. Com isso, não classificou-se de maneira comparativa a potencialidade das feições, mas sim se elas se destacam na área da pesquisa. Exceção à regra, em duas cavernas a potencialidade foi analisada através da caracterização interna e da avaliação espeleoturística, as quais foram feitas a partir dos trabalhos de Dias (2003) e Lobo (2007), respectivamente. Ademais, o ambiente externo, nos maciços, reforçou a necessidade de se considerar a importância geoturística desses

pontos. Os locais com relevância cultural foram escolhidos, especialmente, em virtude do aspecto legal. Já os fatores de cunho educativo foram considerados sem especificar níveis de escolaridade, apenas relacionando o que cada ponto oferece.

5.3.6 Resultados e discussões

O carste de Natividade e Chapada da Natividade é fonte de matéria prima para corretivo agrícola, contém cavernas, possui pinturas rupestres e picoteamentos, fornece água para a população, para as plantas e animais, e, ainda, preserva vestígios da história da evolução da paisagem. Isso é reflexo da geodiversidade, e possibilitou a escolha de 8 locais com potenciais geoturísticos, reconhecidos como Locais de Interesse Geomorfológico (Figura 51).

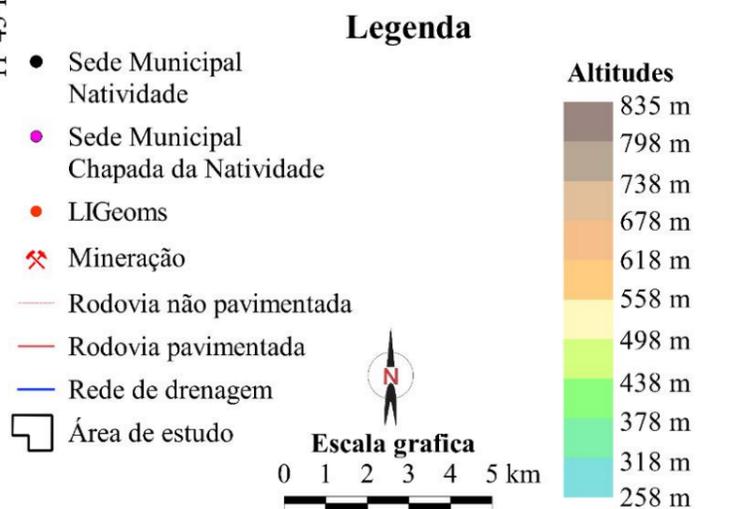
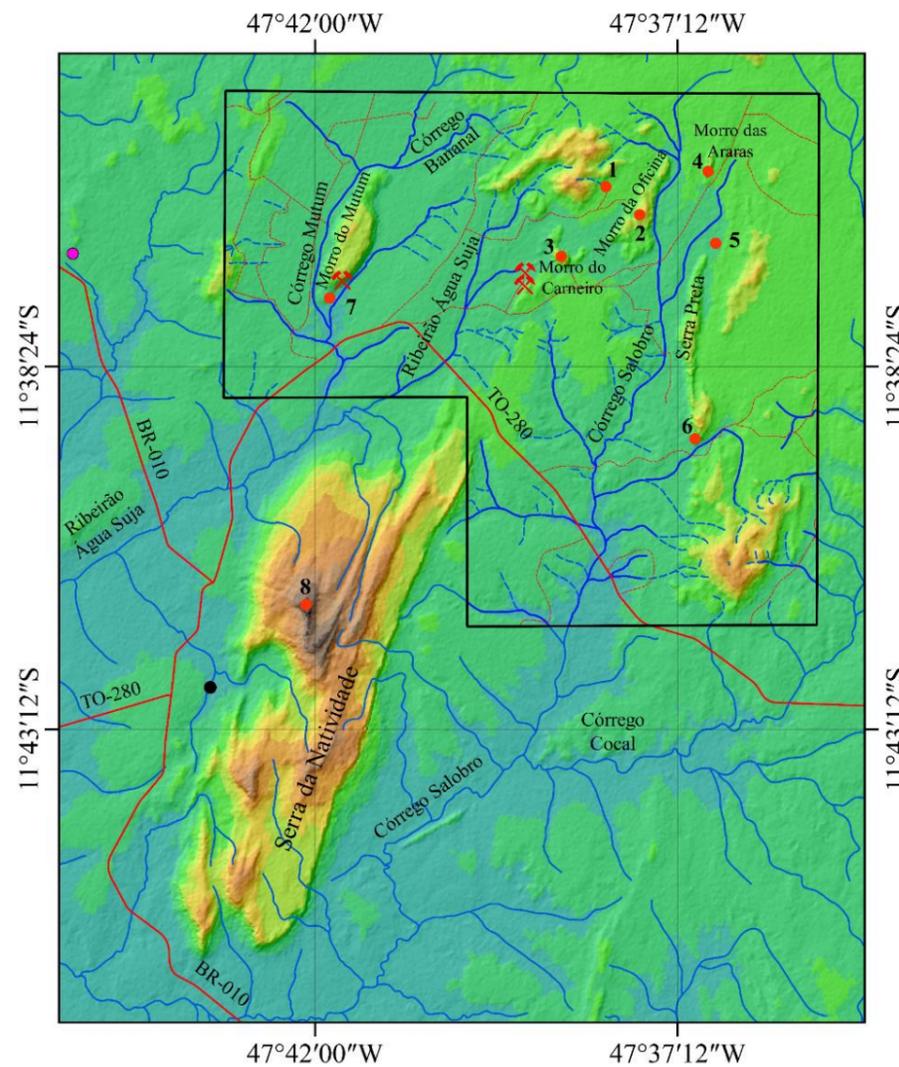
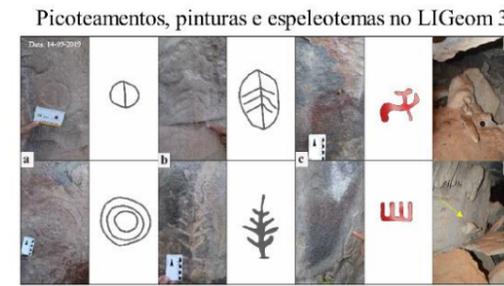
LIGeom 1 – Polje de contato.

Localizado na porção centro-norte da área, o *polje* é um local panorâmico. Do seu interior é possível ter uma visão ampla dos dois principais morros carbonáticos que o integra, bem como a superfície de dissolução (Figura 52). Pronunciado no centro da figura, o Morro da Oficina é extenso e no passado geológico formava um polígono, juntamente com o Morro do Carneiro, à direita da imagem. O *polje* comporta-se como área de captação pluvial, sendo importante na hidrogeologia da área, pois abastece nascentes diretamente relacionadas ao ribeirão Água Suja e ao córrego Salobro, o que lhe confere relevância investigativa. Acerca da contemplação paisagística, além do ponto de visada da figura 52, a elevação correspondente às rochas clásticas pode ser utilizada como um mirante, oferecendo melhores condições para a observação da planície cárstica.

Sobre o contexto educacional pode ser utilizado tanto para o ensino de geologia quanto de geomorfologia. As rochas que deram origem à feição remota ao éon Proterozóico, com mais de 1.8 Ga e passaram por diversas etapas evolutivas, sofrendo deformações rúpteis e dúcteis, as quais, em conjunto com a morfoescultura, resultaram na forma atual. De acordo com Nicod (2003), a maioria dos *poljes* originaram-se no Pré-Pleistoceno. Neste caso, por se tratar de um *polje* de contato aberto, com morros residuais proeminentes, é possível inferir o elevado poder de dissolução das águas alóctones, atrelado a alta pluviosidade. O determinismo estabelecido pela fertilidade dos solos residuais também pode ser explorado no contexto educacional, demonstrando que no decurso histórico o ser humano utilizou e utiliza estas depressões para suas necessidades agrícolas e pecuárias (CVIJIC, 1895; FORD; WILLIAMS, 2007).

Figura 51 – Distribuição dos Locais de Interesse Geomorfológico.

Distribuição espacial dos Locais de Interesse Geomorfológico



Sistema de Coordenadas: Geográfica; DATUM: Sirgas 2000
 Fonte: Rodovias, Rede de Drenagem, Sedes Municipais (Adaptado da SEPLAN - TO);
 Imagem de Radar do Satélite ALOS Palsar (ASF DAAC).
 Digitalização: LIMA, P. S. (03/12/2020)

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 52 – Vista panorâmica a partir do interior do *polje* de contato.



Fonte: Fernando Morais (2020).

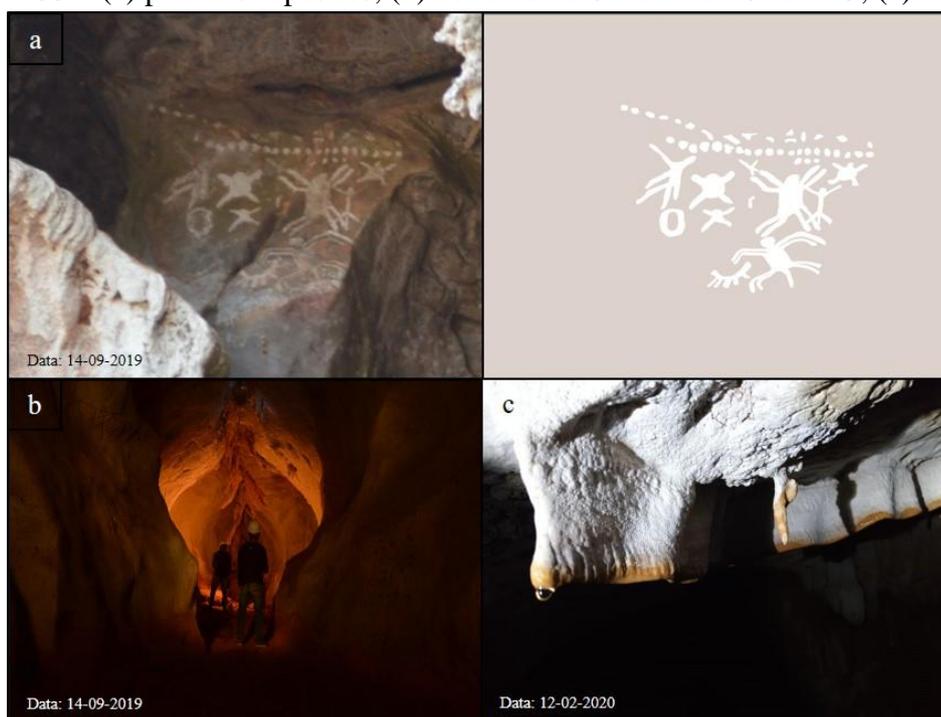
LIGeom 2 – Morro da Oficina.

Além de estar inserido em um contexto panorâmico, o Morro da Oficina foi classificado como tipo área, contendo, ainda, feições isoladas. Tectonicamente controlado, esta geoforma possui quatro cavernas cadastradas no Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV. Sua importância é manifesta, pois possui funcionalidade hidrogeomorfológica e espeleogênese atuante. Cientificamente, levantamentos topográficos devem ser feitos no futuro, assim como uma caracterização espeleogenética detalhada. Existem pequenos abrigos a leste do maciço, mas prospecções podem pôr em evidência novas cavidades.

Como, de acordo com Nascimento, Ruchkys e Mantesso-Neto (2008), o espeleoturismo é um segmento do geoturismo. Neste sentido, reconheceu-se em termos de contemplação, na ocasião da visita, a potencialidade média da Caverna da Oficina 3, a qual é ornamentada com espeleotemas clássicos: estalactites, estalagmites, coralóides, travertinos e escorrimentos (DIAS, 2003; LOBO, 2007). De característica epigenética, esta caverna evoluiu-se por pressão hidrostática, formando um conduto com morfologia buraco de fechadura (Figura 53b), sendo controlado pela fratura no carbonato. Nos âmbitos educacional e científico, além dos espeleotemas, a origem dos sedimentos são passíveis de análise, oferecendo correlação com as áreas circundantes (LLOPIS LLADÓ, 1950; BALLESTEROS et al., 2018).

Na porção interna do *polje*, cavernas também são ativas, com aporte energético intermitente, possuindo espeleotemas chamativos (Figura 53c). Ademais, a parte epígea do Morro da Oficina prende a atenção do “visitante”, principalmente pelos campos de *lapiás*. Soma-se ao elencado, o fato de que no morro existem pinturas rupestres zoomórficas a aproximadamente 5 m de altura, o que demonstra a relevância arqueológica do local (Figura 53a).

Figura 53 – (a) pinturas rupestres; (b) conduto na Caverna da Oficina 3; (c) cortina.



Fonte: (a e b) Fernando Morais (2019); (c) Fernando Morais (2020).

LIGeom 3 – Morro do Carneiro.

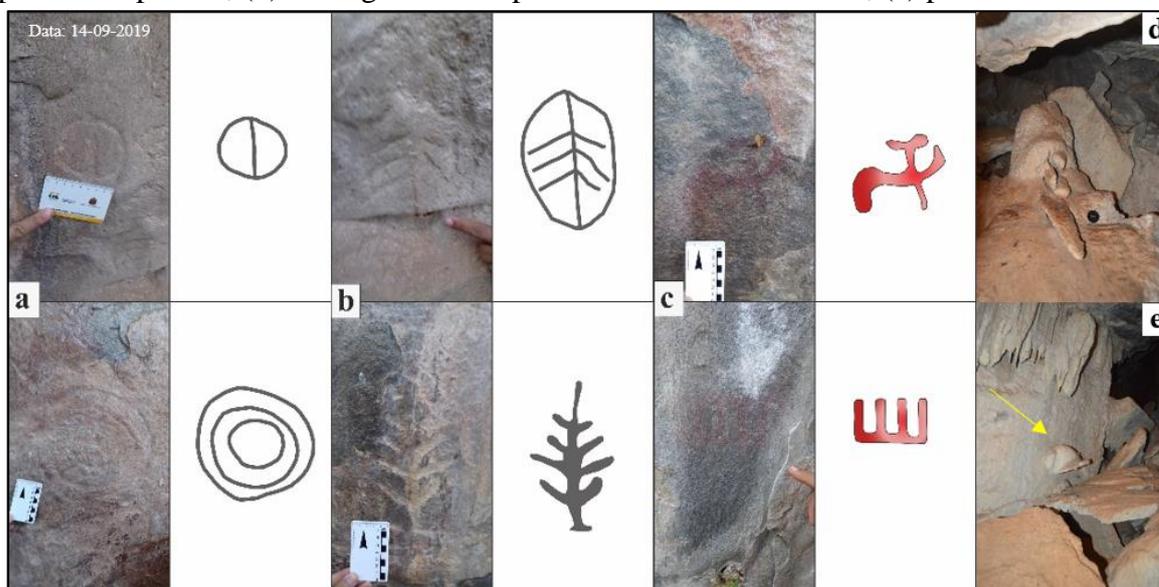
Em um contexto panorâmico, o Morro do Carneiro também pode ser classificado em magnitudes do tipo área e isolado. Ele é legalmente protegido pela Constituição Federal e pela Lei nº 3.924 de 1961, que dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. O mesmo contém algumas cavernas e, na oportunidade fez-se a caracterização da caverna Sítio Arqueológico Natividade II. Alojada nas fraturas no flanco da anticlinal, evoluiu-se em ambiente vadoso, com comportamento atual também vadoso. Atestou baixa circulação de energia no período seco, contendo, porém, indícios de fluxo hídrico no período chuvoso, confirmado pela erosão do solo que se encontra sotoposto a uma casca fina.

Apesar de não ser muito ornamentada e de ter sido classificada como de contemplação moderada, conforme o método de avaliação de Lobo (2007), a caverna Sítio Arqueológico Natividade II apresenta significativos elementos de potencial turístico. No endocarste é possível visualizar o mergulho das camadas da antiforme, podendo didaticamente ser reportadas para o espaço externo. Blocos abatidos denotam a instabilidade interna, resultando na destruição de espeleotemas (Figura 54d). Por outro lado, depósitos carbonáticos pouco comuns, como patinha de elefante, e marquises em vários níveis, são importantes e se encontram livres dos blocos colapsados (Figura 54e). Feições de exsudação, estalagmites tipo *cactus* e petromorfos, complementam o espaço hipógeo (LINO, 2001). Na parte externa, a partir do pórtico onde se

iniciou a espeleogênese, é possível contemplar o *polje*, com vista para a extensa planície formada no contato de rochas distintas.

Culturalmente, os picoteamentos e as pinturas rupestres presentes nos painéis rochosos dos Sítios Arqueológicos Natividade I e II podem ser explorados do ponto de vista histórico (Figura 54a, 54b e 54c) e (Apêndice C). Acrescenta-se, ainda, que as expressões humanas, tanto no Morro do Carneiro, quanto no da Oficina, encontram-se em níveis diferentes, o que pode trazer indícios de ocupações distintas.

Figura 54 – (a) picoteamentos anelares; (b) picoteamentos em forma de folhagem; (c) pinturas rupestres; (d) estalagmite sobreposta a estalactite destruída; (e) patinha de elefante.

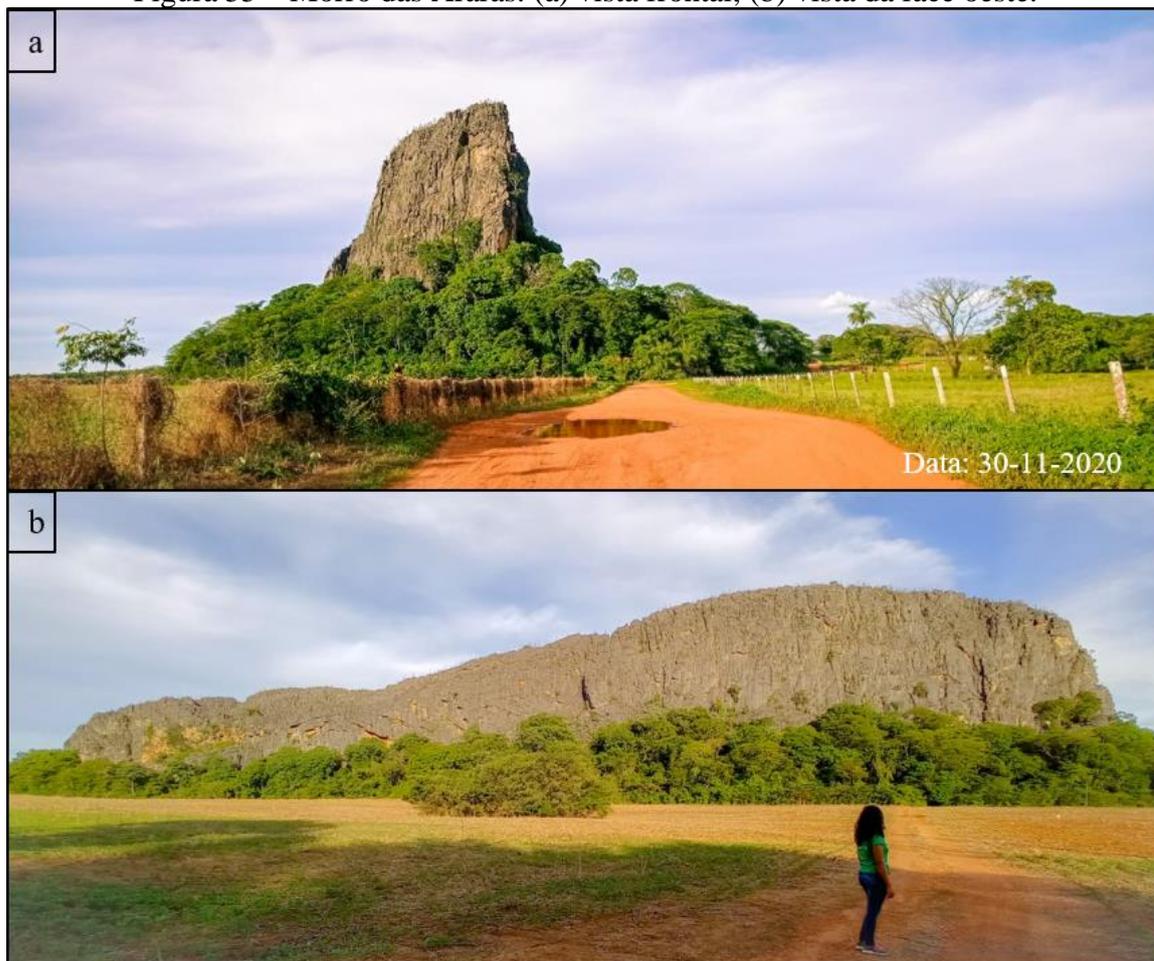


Fonte: Fernando Morais (2019).

LIGeom 4 – Morro das Araras.

O Morro das Araras é uma feição isolada (Figura 55), localizada no Compartimento dos Planaltos Carbonáticos. Ele, juntamente com o Morro da Oficina, é o testemunho de uma dobra vazada. Exumada praticamente por inteira, essa morfologia apresenta pequenos orifícios em sua parte leste e, alguns metros a oeste, a continuação da dissolução do carbonato é evidenciada pela presença de dolina de abatimento de solo, com amplas possibilidades educativas. O potencial geoturístico do maciço diz respeito à contemplação, acima de tudo por ser amplamente lapiezado e fraturado, o que lhe confere um caráter ruiforme (KNEZ; SLABE; TRAVASSOS, 2011). Além do geoturismo, a quantidade de pássaros que se fazem presente no morro permite a realização do turismo de observação de aves. Portanto, os aspectos turísticos, científicos e educacionais, referenciados nessa abordagem, reforçam a necessidade de conservação da feição cárstica.

Figura 55 – Morro das Araras: (a) vista frontal; (b) vista da face oeste.



Fonte: Acervo do autor (2020).

LIGeom 5 – Superfície de dissolução, Serra Preta e o maciço adjacente.

O conjunto de feições que corresponde à parte leste da anticlinal, diz respeito à categoria de magnitude panorâmica, com feições do tipo área e isolada, significativamente importantes do ponto de vista científico. A parte estre os amplos maciços possui alguns morros isolados, assim como um pântano, completamente alagado durante o período de maior pluviosidade. Os carbonatos possuem campos de *lapiás*, como os contidos no extenso maciço a leste da Serra Preta (Figura 56), e são tectonicamente controlados por influência da Zona de Cisalhamento Cruz das Almas.

A Serra Preta, com mais de 4 km de comprimento, é uma feição com vertentes abruptas, contendo cerca de cinco cavernas cadastradas no CECAV. No entanto, é possível que estes números sejam ainda maiores, como apontado no exemplo a seguir, referente ao LIGeom do Maciço da Fazenda Pontal. Pela quantidade de informações coletadas, é plausível pontuar que o interesse nesse conjunto de formas é, a princípio, científico, podendo vir a ser um ponto atrativo após realização de investigações mais detalhadas.

Figura 56 – Vista do maciço, parcialmente exumado, localizado a leste da Serra Preta.



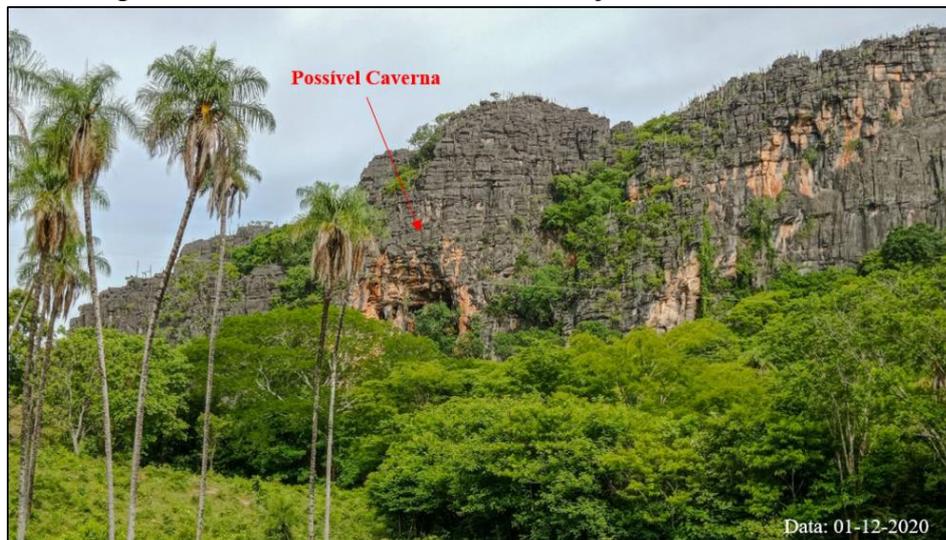
Fonte: Fernando Morais (2020).

LIGeom 6 – Maciço da Fazenda Pontal.

O maciço da Fazenda Pontal é uma feição aparentemente isolada, sobretudo a partir do ângulo de visada dessa propriedade. Contudo, pertence a um contexto mais amplo, relacionado à Serra Preta. No local, a paisagem é realçada pela presença do carbonato, que se encontra bastante exumado e parcialmente recoberto por vegetação, exuberante no período chuvoso e seca durante a estiagem. Correspondendo a um ponto de contemplação, há, também, nessa localidade, indícios da presença de cavernas (Figura 57), reforçando sua importância científica.

Didaticamente, além da geomorfologia cárstica, o local é propício para o ensino de geologia, sendo possível relacionar a sobreposição dos carbonatos aos paragneisses do Bloco Cavalcante-Arraias, os quais se encontram aflorando em alguns trechos da estrada vicinal. As rochas detríticas próximas ao maciço elevou a capacidade de dissolução da água, apartando a Serra Preta e, fazendo emergir, naquele espaço, o embasamento mencionado.

Figura 57 – Vista da face leste do maciço da Fazenda Pontal.

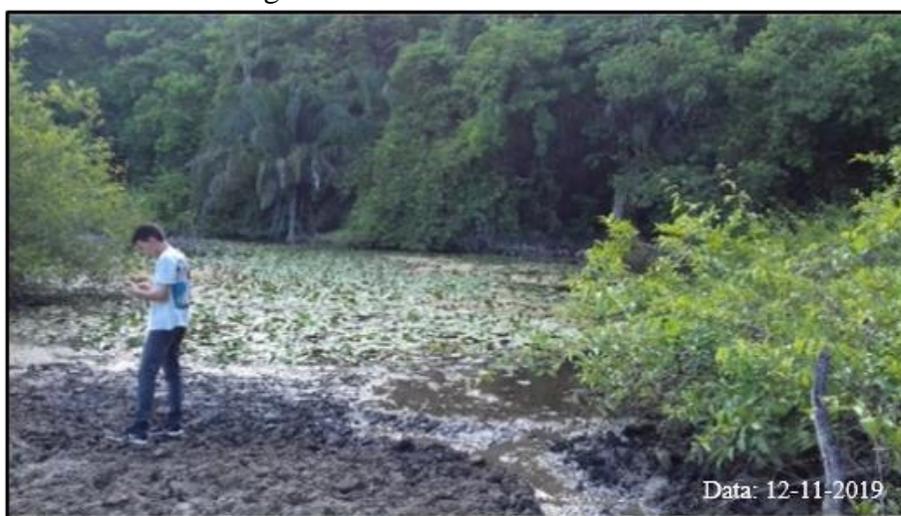


Fonte: Acervo do autor (2020).

LIGeom 7 – Dolina próxima ao Morro do Mutum.

A dolina, localizada à leste do Morro do Mutum, é de magnitude isolada (Figura 58). Constatou-se que ela se destaca, principalmente, pela importância científica e educativa. Por receber dejetos de animais, está sujeita à contaminação, podendo comprometer o aquífero cárstico, pois fica diretamente interligada ao ambiente subterrâneo (PILÓ, 2000; SAURO, 2012). A respeito do ensino, a área pantanosa próxima à dolina evidencia a dissolução do carbonato pela presença de *sucoirs* (CVIJIC, 1895). Informalmente, moradores locais mencionaram a presença de cavernas no pequeno morrote em contato com a dolina, o que reforça ainda mais a expressividade desse LIGeom.

Figura 58 – Vista lateral da dolina.



Fonte: Acervo do autor (2019).

LIGeom 8 – Mirante da Serra da Natividade.

A Serra da Natividade é o ponto mais elevado nas proximidades da área de estudo, e apesar de não ser uma feição carbonática em si, e de estar fora do polígono estabelecido, possui significativo valor geoturístico. Classificado como de magnitude panorâmica, o ponto no topo da Serra permite contemplar integralmente o relevo cárstico ora pesquisado. Intimamente relacionada à dinâmica morfoestrutural geral, correspondente ao Lineamento Transbrasiliano, essa topografia é o local aconselhado para interpretar a evolução de toda a paisagem em questão. O ângulo de visada privilegiado permite compreender a influência da Zona de Cisalhamento Mombuca e da Zona de Cisalhamento Cruz das Almas, as quais incidiram na Serra da Natividade e nos carbonatos. A dinâmica evolutiva do carste, potencializada pelos aspectos exógenos, é atestada pelas morfologias metacarbonáticas e metadolomíticas (Figuras 59a e 59b), fortemente atacadas por águas alóctones, saturadas de CO₂.

Desse ponto, vê-se nitidamente que o *polje* de contato foi vazado e que a anticlinal, representada pelos Morros do Carneiro, da Oficina, das Araras e pela Serra Preta, sofreu intensa dissolução na charneira e nos flancos. Observa-se, também, que o Morro do Mutum está alinhado à Serra da Natividade, sendo controlado pela falha dextral transpressiva, referente à Zona de Cisalhamento Mombuca (PRAXEDES, 2015). Como abordado, o caráter educativo é evidente, e possibilita uma análise regional da evolução dos morros e serras do Grupo Natividade.

Complementa-se, com o fato de que a Serra da Natividade, por si só, apresenta uma geodiversidade ímpar, acomodando várias feições deformacionais, a exemplo de dobras, falhas e mini-grabens, que alojam cursos d'água com dinâmica erosiva atuante, nitidamente observável pela presença de sedimentos e por marmitas de diversos tamanhos. Por fim, no topo desses quartzitos de idade Pré-Cambriana, encontram-se as ruínas da primeira cidade de Natividade, o que, talvez, seja um dos maiores patrimônios culturais, fazendo-se indispensável a realização de pesquisas no antigo Arraial de São Luiz.

Figura 59 – Vista panorâmica do Mirante da Serra da Natividade: (a) principais feições metacarbonáticas; (b) Morro do Mutum, feição metadolomítica.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Compreende-se que, no que cinge a esse carste e à sua fragilidade, o geoturismo possibilitará traçar estratégias conciliadoras entre as práticas de visitação e a dinâmica do relevo. Assim, uns dos fatores a serem concebidos como fio condutor para a sensibilização, são: a interpretação patrimonial e ambiental, que, de certo modo, torna possível o sentido de reconhecimento e relevância por parte dos turistas e dos moradores locais, para com o patrimônio natural e seus valores imbricados (EVANGELISTA; TRAVASSOS, 2014).

Ao atingir o objetivo proposto, qual seja o de demonstrar o potencial geoturístico a partir da escolha dos locais relevantes cientificamente, esteticamente, culturalmente e educacionalmente, reforça-se que a concretização desse tipo de atividade em Natividade e Chapada da Natividade deve ter como base estratégias de divulgação, como as usadas em diversos lugares do Brasil e do mundo, referentes às trilhas guiadas, painéis interpretativos, *folders* explicativos e etc. (COSTA; OLIVEIRA, 2018).

5.3.7 Considerações Finais

A investigação realizada demonstrou que o terreno cárstico de Natividade e Chapada da Natividade contém indiscutíveis elementos indutores do geoturismo, e, também, do espeleoturismo. Os Locais de Interesse Geomorfológico escolhidos, enquanto geformas dotadas de valores científico, educativo, cultural e contemplativo, mostram-se potenciais para serem incluídos no cenário turístico da região de Natividade, o qual baseia-se no perímetro da área de tombamento desta cidade, realizado pelo IPHAN, e também nos festejos de cunho religioso, como a Romaria do Senhor do Bonfim e as folias do Divino Espírito Santo.

Constatou-se, durante este estudo, que Natividade possui um Plano Municipal de Turismo, o qual foi realizado em parceria com o SEBRAE. No documento, as cavernas são citadas superficialmente. Contudo, o mesmo pontua alguns atrativos naturais específicos, mas que ainda estão à margem dos culturais. Apesar disso, o Plano considera que o ecoturismo deve ser pensado em um contexto mais amplo, pois os elementos históricos e culturais por si só não irão elevar a expressividade da cidade no cenário nacional e mundial. Este dispositivo, atualmente, deve estar em fase de readequação, pois foi pensado para ser executado entre 2016 e 2019. Face ao exposto, o carste e a perspectiva do geoturismo deverão estar nas mesas de discussões, e a pesquisa realizada poderá contribuir neste processo.

Ademais, advoga-se que esta pesquisa não é um fim, mas sim um meio. Desse modo, apesar de possuírem elementos abióticos e bióticos passíveis de serem contemplados, outras medidas devem ser tomadas, preferencialmente de maneira interdisciplinar, para que em um futuro não tão distante sejam feitas visitas adequadas, podendo contribuir com a economia, mas também com a conservação e divulgação conscientes. Essas medidas devem ter como prioridade a prospecção, a caracterização e o mapeamento das cavernas contidas nos morros carbonáticos. Tanto as cavidades apontadas neste estudo, quanto as outras que possam ser incluídas na proposta de geoturismo, devem passar por Plano de Manejo Espeleológico – PME antes de qualquer atividade de visitação.

Propõe-se, também, uma Unidade de Conservação para a área. Esta proposta vai de encontro com a APA – Área de Proteção Ambiental Serra do Mombuca, a qual ainda não saiu do papel, mas consta em SEPLAN (2012b). Fora dos limites desta APA potencial, a área deste estudo deve ser considerada em um futuro dispositivo legal, sobretudo por possuir uma geodiversidade e um geopatrimônio significativo, principalmente do ponto de vista da evolução geológica e geomorfológica regional. Para Pereira (2006), as áreas protegidas são uma maneira de valorização dos Locais de Interesse Geomorfológicos.

Como abrange parte de três municípios, Natividade, Chapada da Natividade e Pindorama do Tocantins, o limite da APA – Área de Proteção Ambiental Serra do Mombuca, que contém em seu interior morfologias como, Serra do Grilo, Serra do Baeta, Serra de Belo Horizonte e Gruta Lagoa do Japonês, deve estender-se para o polígono aqui pesquisado, pois além dos valores apontados, as feições internas ao mesmo encontram-se suscetíveis às práticas minerárias, conforme consta no site SIGMINE do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral.

É evidente que uma proposta de geoturismo não visa a preservação integral. Por isso mesmo, a APA terá um caráter sustentável, não exigindo a remoção dos moradores, assim como assegurará a permissividade para práticas de lazer, pedagógicas, culturais e científicas. Através desta medida de proteção que, para Hamilton-Smith (2006) enquadra-se entre as mais aptas para a áreas cársticas, poder-se-á conservar um local ainda carente de pesquisas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

Diante dos objetivos propostos, a pesquisa permitiu reconhecer três compartimentos no carste de Natividade e Chapada da Natividade: Compartimento dos Planaltos Metassedimentares Não-Carbonáticos (PMNC), Compartimento dos Planaltos Carbonáticos (CPC) e Superfícies com Ocorrência de Dolinas (SCOD).

No contexto morfoestrutural da Bacia Natividade, com mofoescultura regional representada pelo Patamar de Natividade (1º e 2º táxons de Ross, 1992), as topografias estudadas correspondem às morfologias padronizadas em morros.

A partir do quarto táxon, a compartimentação, no âmbito do polígono pesquisado, torna-se mais perceptível. Assim, diferenciou-se os morros carbonáticos dos siliciclásticos, pertencentes, respectivamente, aos compartimentos CPC e PMNC. Os carbonáticos, com destaque para os Morros do Mutum, Carneiro, Oficina, Araras e Serra Preta, possuem vertentes abruptas, diferente dos morros detríticos, com vertentes suaves. No último táxon de Ross (1992), as dolinas do compartimento SCOD correspondem a dois tipos específicos, as de ponto de recarga e as dolinas de colapso de cobertura.

Todo esse quadro descrito é tectonicamente influenciado pelo Sistema Orogênico Transbrasiliiano, com maior incidência das zonas de cisalhamento Mombuca e Cruz das Almas, que direcionaram as principais feições nos sentidos NE-SW e N-S. Já a esculturação dos carbonatos foi intensificada por águas altamente corrosivas, após passagem por rochas não carbonáticas e concentração em caminhos preferenciais, como fraturas e juntas, por exemplo.

A respeito da caracterização da paisagem, constatou-se que as dolinas de colapso de cobertura, principalmente, tornaram-se perceptíveis em virtude da substituição da vegetação por atividades agropastoris. Os maciços carbonáticos, contudo, são bem pronunciados na paisagem, sendo facilmente detectados em campo e pelos sensores remotos. Além dos impactos agropecuários, minerações no Morro do Mutum e em mogotes pequenos, próximos ao Morro do Carneiro, descaracterizam esteticamente a paisagem e podem prejudicar os recursos hídricos subterrâneos. Pichações e descartes de lixo são recorrentes, evidenciando a despreocupação com os recursos naturais.

Os LIGeoms – Locais de Interesse geomorfológico escolhidos demonstraram que o carste possui potencialidade geoturística, carecendo, no entanto, de mais trabalhos científicos, e de planejamento detalhado. As pesquisas devem, inclusive, ampliar-se para os carbonatos da Serra do Mato Virgem, possibilitando melhor conhecimento desta paisagem na região.

Nesse contexto, depreende-se que os comitês, institutos e associações, a exemplo do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves, do Comitê Municipal de Turismo, do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, e da ASSEGTUR – Associação de Desenvolvimento do Turismo Sustentável e Produção Associada de Serras Gerais do Tocantins, todos com sede em Natividade, podem ser essenciais na elaboração de um planejamento sustentável e estratégico do carste, o qual deve contar, ainda, com a participação de pesquisadores em diversas áreas do saber.

Considera-se que o mapa exploratório dos fenômenos cársticos, como um dos principais resultados desta pesquisa, propiciou, juntamente com a compartimentação geomorfológica realizada, um melhor conhecimento do carste de Natividade e Chapada da Natividade, podendo ser utilizado para o planejamento mencionado. Por fim, advoga-se que, em caso de criação da Área de Proteção Ambiental Serra do Mombuca, o polígono estudado deve ser considerado, principalmente pela relevância desse modelado e pelo fato dos morros carbonáticos estarem em fase de concessão de lavra (SIGMINE/DNPM), o que requer uma atenção mais efetiva naquela área.

REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
- _____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012. 160 p.
- ALVES, L. R. F. **Aspectos da paisagem cárstica do entorno do rio Azuis, Tocantins: caracterização geomorfológica e contribuições para gestão ambiental**. Orientador: Fernando de Moraes. 2018. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional – TO, 2018.
- ANDREU, J. M. et al. Karst: um concepto muy diverso. **Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra**, Girona – Espanha, v. 24, n. 1, p. 6-20, 2016.
- AULER, A.; ALT, L.; MOURA, V.; LEÃO, M. (org.). **Cavernas da Serra do Espinhaço Meridional**. Belo Horizonte: Carste Ciência e Meio Ambiente, 2015. 352 p.
- AULER, A.; ZOGBI, L. **Espeleologia: noções básicas**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005. 104 p.
- AZEVEDO, U. R.; KOHLER, H. C. Planejamento turístico em áreas cársticas. *In*: AMORIM FILHO, O. B.; KOHLER, H. C.; BARROSO, L. C. (org.). **Epistemologia, cidade e meio ambiente**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 199-216.
- BALLESTEROS, D. et al. La visita de cuevas como recurso didáctico para la enseñanza de los procesos endokársticos. Las cuevas de Noceda (O Courel, Lugo, NO de España). **Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra**, Girona – Espanha, v. 26, n. 2, p. 197-206, 2018.
- BEMERGUY, R. L.; BORGES, M. S.; COSTA, J. B. Geomorfologia da região de Natividade, Estado do Tocantins. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994. Balneário Camboriú – SC. **Boletim de Resumos Expandidos**, São Paulo: SBG – Sociedade Brasileira de Geologia, 1994. p. 194-195. Disponível em: <http://www.sbgeo.org.br/home/pages/44>. Acesso em: 06 abr. 2020.
- BENITO, G. Karstificación y colapsos kársticos en los yesos del sector central de la Depresion del Ebro (Aragon, España). **Cuaternario y Geomorfologia**, Ávila – Espanha, v. 1, p. 61-76, 1987.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: um esboço metodológico. **Revista RA’EGA**, Curitiba – PR, n. 8, p. 141-152, 2004.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. Paisagem cárstica. *In*: BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. (org.). **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais: Fundamentos Geológicos, Alteração Química e Física das Rochas e Relevô Cárstico e Dômico**. 2. ed. Florianópolis – SC: UFSC, 2007.

BRASIL. Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos Arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os Arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 218, p. 8-9, 10 nov. 2008.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano. 149, n. 102, p. 1, 25 de maio. 2012.

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Braga: Palimage Editores, 2005. 183p.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. Fundamentos Epistemológicos da Ciência da Geoinformação. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. 2005. Disponível em: <https://geomorfologia.wordpress.com/2011/03/17/livro-do-valter-casseti-pdf/>. Acesso em: 17 dez. 2020.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de Paisagens**: fundamentos. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

_____. **Cartografia de Paisagens**: fundamentos. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 96 p.

CAVALCANTI, L. S. **Geografia, escola e construção do conhecimento**. 15. ed. Campinas: Papirus, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. 150 p.

COMÉRIO, P. Calcário (Sua Gênese). **Espeleo-Tema**, São Paulo, ano. VI, n. 10, p. 8-12, 1976.

COSTA, N. M. C.; OLIVEIRA, F. L. Trilhas: “caminhos” para o Geoturismo, a Geodiversidade e a Geoconservação. *In*: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (org.). **Geoturismo, Geodiversidade e Geoconservação**: abordagens geográficas e geológicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. p. 201-227.

COUTARD, J.; KOHLER, H. C.; JOURNAUX, A. **Mapa do carst da Region de Pedro Leopoldo – Lagoa Santa, Minas Gerais – Brasil**. Caen: Universidade de Caen e Centro de Geomorfologia do CNRS, 1978. Escala: 1: 50.000.

CRUZ, F. R. S. et al. Potencial espeleológico na região de Dianópolis (TO). *In*: RASTEIRO, M. A. et al. (org.). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 28., 2005, Campinas – SP. **Anais do 28º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas – SP: SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2005. p. 8-17. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anaiiscbe/28cbe_008-017.pdf. Acesso em: 16 mar. 2019.

CVIJIĆ, J. **CARSTE**: Uma monografia geográfica (1895). Tradução – Luiz Eduardo Panisset Travassos. Belo Horizonte: PUC Minas, 2017. 168 p.

DARDENE, M. A.; SABOIA, A. M. Litoestratigrafia do grupo natividade na região de Natividade – Pindorama, sudeste do estado do Tocantins. *In*: ROSA-COSTA, L. T.; KLEIN, E. L.; VIGLIO, E. P. (ed.). **Contribuições à Geologia da Amazônia – Volume 5**. Belém – PA: SBGeo-Núcleo Norte – Sociedade Brasileira de Geologia, 2007, p. 29-38.

DELLE ROSE, M.; FEDERICO, A.; PARISE, M. Sinkhole genesis and evolution in Apulia, and their interrelations with the anthropogenic environment. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 4, n. 5/6, p. 747–755, 2004.

DEMIGUEL, D. et al. Geoethics and Geoheritage. *In*: AZANZA, B. et al. (org.). **Teaching Geoethics: Resources for Higher Education**. Porto – Portugal: GOAL – ERASMUS – EU, 2020. p. 57-69.

DIAS, M. S. Ficha de caracterização de cavidades. *In*: PINHEIRO, M. F.; SALES, H. R. CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 27., 2003. Januária – MG. **Anais do 27º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas – SP: SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2003. p.151-160. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anaiiscbe/27cbe_151-160.pdf. Acesso em: 14 mar. 2019.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EVANGELISTA, V. K.; TRAVASSOS, L. E. P. **Patrimônio Geomorfológico do Parque Estadual do Sumidouro**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2014. 138 p.

FERREIRA, C. F.; UAGODA, R. E. S. Tipologias do carste e classificações de dolinas: uma revisão. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 20, n. 70, p. 519-537, 2019.

FERREIRA, Z. A. **Diagnóstico físico-conservacionista do ambiente cárstico da bacia do córrego Cana-Brava, Aurora do Tocantins – TO**. Orientador: Fernando de Moraes. 2015. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2015.

FITZ, P. R. **Cartografia Básica**: nova edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2008a. 143 p.

_____. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008b. 160 p.

FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. *In*: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 12-30.

FORD, D.; WILLIAMS, P. **Karst hydrogeology and geomorphology**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2007. 576 p.

FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. **Karst geomorphology and hydrology**. Londres: Academic Division of Unwin Hyman Ltd, 1989. 601 p.

GAMS, I. Origin of the term "karst," and the transformation of the Classical Karst (kras). **Environmental Geology**, v. 21, n. 3, p. 110-114, 1993.

GOMES, M. C. A.; PILÓ, L. B. As minas de salitre: a exploração econômica das cavernas em Minas Gerais nos fins do período colonial. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v. 16, p. 83-93, 1992.

GOMES, P. C. C. **Quadros Geográficos**: uma forma de ver, uma forma de pensar. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017. 160 p.

GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M. J.; SERRANO CAÑADAS, E. El patrimonio geomorfológico y los lugares de interés geomorfológico em la gestión de espacios naturales protegidos. In: HILARIO, A; et al. (ed.). **Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos**. Madri – Espanha: Instituto Geológico y Minero de España, 2015. p. 191-196.

GORAYEB, P. S. S. et al. O pré-cambriano da região de Natividade, GO. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 391-397, 1988.

GORAYEB, P. S. S. Geologia do Estado do Tocantins: aspectos gerais e conhecimento atual. In: Fernando de Moraes. (org.). **Contribuições à Geografia Física do Estado do Tocantins**. Goiânia: Kelps, 2011. p. 19-45.

GRAY, M. Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society. **International Journal of Geoheritage and Parks**, v. 7, n. 4, p. 226-236, 2019.

GREEN, J. A. et al. Karst unit mapping using geographic information system technology, Mower County, Minesota, USA. **Environmental Geology**, v. 42, p. 457-461, 2002.

GRIFFITHS, J. S.; SMITH, M. J.; PARON, P. Introduction to Applied Geomorphological Mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. S. (org.). **Gomorphological Mapping: Methods and Applications**. Oxford – Reino Unido: Elsevier, 2011. p. 3-11.

HAJNA, N.Z. From tradition towards the future - speleology and karstology in Slovenia. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35., 2019. Bonito – MS. **Anais do 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas: SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2019. p.315-321. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anaiscbe/35cbe_315-321.pdf. Acesso em: 16 mar. 2019.

HAMILTON-SMITH, E. Spatial Planning and Protection Measures for Karst Areas. **Acta Carsologica**, Postojna – Eslovênia, v. 35, n. 2, p.5-11, 2006.

HARDT, R. Sistema cárstico e impactos antrópicos: considerações sobre o manejo. *In*: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1.; VIII SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNESP – RIO CLARO, 8., 2008. Rio Claro – SP. **Anais do 1º Simpósio de Pós-Graduação em Geografia do Estado de São Paulo**. Rio Claro: UNESP – Universidade Estadual Paulista, 2008. p. 1295-1309.

HARDT, R.; PINTO, S. A. F. Carste em litologias não carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 10, n. 2, p. 99-105, 2009.

HARDT, R.; RODET, J.; PINTO, S. A. F. O carste. Produto de uma evolução ou processo? Evolução de um conceito. **Revista de Geografia**, Recife, v. especial, n. 3, p. 110-124, 2010.

HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; ABREU, F. A. M. Província Tocantins: setor setentrional. *In*: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (coord.). **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. p. 187-204.

HEIDARI, M. et al. The formation of cover collapse sinkholes in North of Hamedan, Iran. **Geomorphology**. v. 132, p. 76-86, 2011.

HOLTEN, B.; STERLL, M. **Peter Lund e as grutas com ossos em Lagoa Santa**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011. 336p.

HOSE, T. A. et al. Geotourism – a short introduction. **Acta Geographica Slovenica**, v. 2, n. 51, p. 339 – 342, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Natividade – TO**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/natividade/historico>. Acesso: 10 abr. 2019.

_____. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Geomorfologia**. n.º. 5, Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 113 p. - (Manuais Técnicos em Geociências ISSN 0103-9598).

_____. **Manual Técnico de Uso e da Terra**. n. 7, 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. (Manuais Técnicos em Geociências).

_____. **Mapa Geológico do Tocantins**. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Escala: 1:1.000.000.

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **História: Natividade – TO**. 2014. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1219/>. Acesso em: 18 dez. 2020.

KARMANN, I. **Evolução e Dinâmica Atual do Sistema Cárstico do Alto Vale do Rio Ribeira de Iguape, Sudeste do Estado de São Paulo**. Orientador: Georg Robert Sadowiski. 1994. 274 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

KOHLER, H. C. Geomorfologia cárstica. *In*: GERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

KOHLER, H. C.; CASTRO, J. F. M.; Geomorfologia cárstica. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia**: exercícios, técnicas e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

KNEZ, M.; SLABE, T.; TRAVASSOS, L. E. P. Karren on laminar calcarenitic rock of Lagoa Santa (Minas Gerais, Brazil). **Acta Carsologica**, Postojna – Eslovênia, v. 40, n. 2, p. 357-367, 2011.

KRANJC, A. The Origin and evolution of the term “Karst”. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 9, p. 567-570, 2011.

_____. Classification of closed depressions in carbonate karst. *In*: SHRODER, J.; FRUMKIN, A. (ed.). **Treatise on geomorphology**. San Diego – CA: Academic Press, 2013. p. 104-111. v. 6, Karst Geomorphology.

LEFF, E. **Discursos sutentables**. México: Siglo XXI Editores, 2008. 272 p.

LEITE, E. F. **Caracterização, diagnóstico e zoneamento ambiental**: exemplo da bacia hidrográfica do rio Formiga – TO. Orientador: Roberto Rosa. 2011. 228 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2011.

LIMA, E. L. O mito do “fator antrópico” no discurso ambiental geográfico. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v.14, n.3, p.109-122, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4215/RM2015.1403.0007>. Acesso em: 08 jan. 2020.

LINO, C. F. **Cavernas**: o fascinante Brasil subterrâneo. 2. ed. São Paulo: Gaia, 2001. 288 p.

LLOPIS LLADÓ, N. Sobre algunos principios fundamentales de morfología e hidrologia cárstica. **Estudios Geográficos**, Madrid – Espanha, ano. XI, n. 41, p. 643-679, 1950.

LOBO, H. A. S. Capacidade de Carga Real (CCR) da Caverna de Santana, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) – SP e Indicações Para o Seu Manejo Turístico. **UNESP, Geociências**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 369-385, 2008.

_____. Método para a avaliação do potencial espeleoturístico do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, MS. **Caderno Virtual de Turismo**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, p. 99-110, 2007.

LOBO, H. A. S.; BOGGIANI, P. C. Cavernas como patrimônio geológico. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 70, p. 190-199, 2013.

LOBO, H. A. S. et al. Método para a classificação do grau de dificuldade em roteiros espeleoturísticos. *In*: RASTEIRO, M.A.; MOSS, D. F.; PONTES, H. S. (org.). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31., 2011. Ponta Grossa – PR. **Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas – SP: SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2011. p. 181-188. Disponível em:

http://www.cavernas.org.br/anaiiscbe/31cbe_181-188.pdf. Acesso em: 14 mar. 2019.

LOBO, H. A. S. et al. Potencial geoturístico da paisagem cárstica. **Global Tourism**, v. 3, n. 2, p. 1-20, 2007.

MANDU, S. A.; MORAIS, F. Abordagem espeleológica no ensino fundamental e médio no município de Aurora do Tocantins – TO. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32., 2013, Barreiras – BA. **Anais do 32º Congresso Brasileiro de Espeleologia**. Campinas – SP: SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2013. p. 149-155. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anaiiscbe/32cbe_149-155.pdf. Acesso em: 26 abr. 2018.

MANSUR, K. L. Patrimônio Geológico, Geoturismo e Geoconservação: uma abordagem da Geodiversidade pela vertente Geológica. *In*: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (org.). **Geoturismo, Geodiversidade e Geoconservação: abordagens geográficas e geológicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. p. 1-49.

MARRA, R. J. C. **Espeleo Turismo: planejamento e manejo de cavernas**. Brasília: Editora WD Ambiental, 2001. 224 p.

MILANOVIC, P. The environmental impacts of human activities and engineering constructions in karst regions. **Episodes**, v. 25, n. 1, p. 13-21, 2002.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL. **Mapa Geodiversidade do estado do Tocantins**. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2016. Escala: 1:1.100.000.

MORAIS, F. Caracterização Geomorfológica da Região de Aurora do Tocantins, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 14, n. 2, p.163-170, 2013. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/312/326>. Acesso em: 11 mar. 2019.

_____. Classificação morfológica das dolinas da região de Lagoa da Confusão – TO. *In*: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M.; LACERDA, S.G. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34., 2017. Ouro Preto. **Anais do 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas: SBE, 2017. p.283-287. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anaiiscbe/34cbe_283-287.pdf. Acesso em: 16 mar. 2019.

_____. Infiltração – uma variável geomorfológica. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.22, n.38, 2012. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/viewFile/3753/4389>. Acesso em: 05 mar. 2019.

_____. Panorama da Espeleologia no Estado do Tocantins. *In*: MORAIS, F. (org.). **Contribuição à Geografia Física do Tocantins**. Goiânia: Kelps, 2011. p. 87-111.

MOREIRA, R. **Pensar e ser em Geografia**: ensaios de história, epistemologia e ontologia do espaço geográfico. São Paulo: Contexto, 2008.

MOURA, M. T. T. O carste da região de Prudente de Moraes – MG. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 73, p. 125-148, 1994. Disponível em: <http://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/boletim-paulista/article/viewFile/889/783>. Acesso em: 11 mar. 2019.

MOURA, V.; ALT, L. Proteção, conservação e uso público. *In*: AULER, A.; ALT, L.; MOURA, V.; LEÃO, M. (org.). **Cavernas da Serra do Espinhaço Meridional**. Belo Horizonte: Carste Ciência e Meio Ambiente, 2015. p. 281-339.

NASCIMENTO, M. A. L.; RUCHKYS, Ú. A.; MANTESSO-NETO; V. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo**: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008. 82p.

NICOD, J. A little contribution to the karst terminology: special or aberrant cases of poljes? **Acta Carsologica**, Postojna – Eslovênia, v. 32, n. 2, p. 29-39, 2003.

PARDO-IGÚZQUIZA, E. Generación de una falla en dirección en el laboratorio como modelo analógico de una falla transformante continental. **Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra**, Girona – Espanha, v. 27, n. 1, p. 38-47, 2019.

PARISE, M.; DE WAELE, J.; GUTIERREZ, F. Current perspectives on the environmental impacts and hazards in karst. **Environmental Geology**, v. 58, p. 235-237, 2009.

PASCHOAL, L. G.; CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, C. M. L. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: Uma aplicação na área do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. 2010. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010, Recife – PE. **Anais do 8º Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Brasília – DF: UGB – União da Geomorfologia Brasileira, 2010. p. 1-14. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/10/75.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2019.

PASCHOAL, L. G.; MORAIS, F. Dinâmica do Uso e Ocupação da Terra em Área de Expansão da Fronteira Agrícola no Baixo Curso do Rio Palmeiras, Estado do Tocantins. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 37, p. 15-29, 2019.

PATERNOSTRO, J. **Viagem ao Tocantins**. São Paulo: Companhia Editora Nacional. Coleção Brasileira, série 5, v. 248, 1945.

PEDRO, E. G. et al. IV expedição Tocantins (BR): rumo ao desconhecido. *In*: VIEIRA, F. F. et al. (org.). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29., 2007, Ouro Preto – MG. **Anais do 29º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas – SP: SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2007. p. 231-237. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anaiscbe/29cbe_231-237.pdf. Acesso em: 16 mar. 2019.

PEREIRA, D. et al. Inventariação temática do patrimônio geomorfológico português. **Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos**, v. 3, p. 155-159, 2006.

PEREIRA, D. A. et al. Dolinas em Arenitos do Grupo Urucuia na Formação Chapadão na Bacia Hidrográfica do Rio Grande em Barreiras – Bahia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2016, Campinas – SP. **Anais do 19º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, São Paulo – SP: ABAS – Agência Brasileira de Águas Subterrâneas, 2016. p. 1-11. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28697>. Acesso em: 11 mar. 2019.

PEREIRA, G. C. **Contribuições à geomorfologia da Lagoa da Confusão – TO**. Orientador: Fernando de Moraes. 2016. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional – TO, 2016.

PEREIRA, G. C.; MORAIS, F. Caracterização Geomorfológica do Sistema Cárstico da Gruta Lagoa do Japonês – Pindorama do Tocantins – TO. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31., 2011, Ponta Grossa – PR. **Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas – SP: SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2011. p. 95-101. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anaiscbe/31cbe_095-101.pdf. Acesso em: 10 dez. 2020.

PEREIRA, P. J. S. **Patrimônio geomorfológico: conceituação, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho**. Orientadores: Diamantino Manuel Ínsua Pereira e Maria Isabel S. R. Caetano Alves. 2006, 395f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade do Minho, Escola de Ciências, Braga, 2006.

PIEKARZ, G. F. **Geoturismo no Karst**. Curitiba: MINEROPAR – Minerais do Paraná, 2011. 121p.

PILÓ, L. B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 88-102, 2000.

PONTALTI, A. L.; MORAIS, F. Evolução geomorfológica da Gruta Casa da Pedra, Lagoa da Confusão – TO. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010, Recife – PE. **Anais do 8º Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Brasília – DF: UGB – União da Geomorfologia Brasileira, 2010. p. 1-12. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/7/9.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2019.

PRAXEDES, I. F. **Lineamento Transbrasiliano, contribuição aerogeofísica, tectônica e geocronológica no setor nordeste da Faixa Brasília**. Orientador: Reinhardt Adolfo Fuck. 2015. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2015.

PUEYO ANCHUELA, Ó. et al. Consideraciones sobre la construcción en zonas cársticas activas. Caso de la Avenida de las Estrellas de Zaragoza. **Geogaceta**, Salamanca – Espanha, v. 61, p. 63-66, 2012.

PUEYO ANCHUELA, Ó. et al. Generación de dolinas en medios aluviales com modelos analógicos. **Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra**, Girona – Espanha, v. 24, n. 1, p. 96-106, 2016.

QUESADA, S. La Teoria de los Sistemas y la Geografía Humana. **Geocrítica**, Barcelona – Espanha, ano 3, n.17, p.1-22, 1978. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/geo17.htm>. Acesso em: 18 jul. 2019.

RAVBAR, N. The earliest Chinese karstologist Xu Xiake. **Acta Carsologica**, Postolna – Eslovênia, v. 32, n. 1, p. 243-254, 2003.

RAVBAR, N.; KOVAČIČ, G. Characterisation of karst areas using Multiple Geo-science Techniques, a case study from SW Slovenia. **Acta Carsologica**, Postojna – Eslovênia, v. 39, n. 1, p. 51-60, 2010.

ROBLEDO-ARDILA, P. A.; DURÁN-VALSERO, J. J. Karst y sociedad. **Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra**, Girona – Espanha, v. 24, n. 1, p. 88-95, 2016.

ROCHA, S.; CARLOTO, D. R. A Caverna Lapa do Bom Jesus em Arraias – Tocantins e as representações da comunidade quilombola Lagoa da Pedra. *In*: RASTEIRO, M.A.; MOSS, D. F.; PONTES, H. S. (org.). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31., 2011. Ponta Grossa – PR. **Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas – SP: SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2011. p. 269-276. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anaiiscbe/31cbe_269-276.pdf. Acesso em: 11 mar. 2019.

RODRIGUEZ, J. M. M. “II taller sobre organización geográfica del paisaje: la ciencia del paisaje a la luz del paradigma ambiental. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 8, n. 10, p. 63-68, 1998.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 5. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017. 222 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Teoria dos Geossistemas – o legado de V. B. Sochava**: volume I. Fundamentos Teóricos-Metodológicos. Fortaleza: Edições UFC, 2019. 176 p.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p.17-29, 1992. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/issue/view/3918>. Acesso em: 07 abr. 2020.

_____. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 9, p. 65-75, 1995. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53692/57655>. Acesso em: 09 dez. 2020.

SABOIA, A. M. **O Vulcanismo em Monte do Carmo e Litoestratigrafia do Grupo Natividade, Estado de Tocantins**. Orientador: Marcel Auguste Dardenne. 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2009.

SABOIA, A. M. et al. **Projeto Sudeste do Tocantins**: Carta Geológica Preliminar da Folha Dianópolis – SC-23-Y-C. Goiânia: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. Escala 1:250.000.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I. Dolinas em arenitos da bacia do Paraná: evidências de carste subjacente em Jardim (MS) e Ponta Grossa (PR). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 551-564, 2007a.

_____. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, west-central Brasil. **Jornal of Maps**, v.3, n. 1, p. 282-295, 2007b.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia. 6. ed. São Paulo: Edusp, 2008. 136 p.

SANTOS, M. Z. F.; CRISTO, S. S. V.; MOREIRA, C. J. Unidades de Conservação da Natureza como Estratégia de Conservação Socioambiental. **Revista Interface**, n. 18, p. 64-78, 2019.

SAURO, U. Dolines and Sinkholes. aspects of evolution and problems of classification. **Acta Carsologica**, Postojna – Eslovênia, v. 32, p. 41-52, 2003.

_____. Closed depressions in karst areas. *In*: WHITE, W. B.; CULVER, D. C. (ed.). **Encyclopedia of Caves**. 2. ed. AP – Academic Press: Amsterdam – Holanda, 2012. p. 140-155.

SEMARH – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves**: Natividade – TO, 2020. Disponível em: <https://semarh.to.gov.br/comites-de-bacia-hidrografica/comite-de-bacia-hidrografica-do-rio-manuel-alves/>. Acesso em: 21 dez. 2020.

SEPLAN – SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E DA MODERNIZAÇÃO DA GESTÃO PÚBLICA. **Atlas do Tocantins**: subsídios ao planejamento da gestão territorial. 6 ed. rev. e atual. Palmas: DZE – Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico, 2012a. Disponível em: http://zoneamento.sefaz.to.gov.br/TO_AtlasTocantins2012_1/Atlas_do_Tocantins_2012.pdf. Acesso em: 07 abr. 2020.

_____. **Áreas de Uso Legal Restrito e Potenciais à Conservação Ambiental - Tabelas e Mapas Síntese**. Palmas: DZE – Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico, 2012b. Disponível em: <http://pdris.seplan.to.gov.br/attachments/article/137/Areas%20uso%20legal%20restrito%202012.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2020.

SILVA, E. R. P. **Estudo das ocorrências auríferas da área de Natividade – GO**. Orientador: Basile Kotschoubey. 1987. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém – PA, 1987.

SILVA, F. F.; MORAIS, F. Análise da gestão de áreas cársticas em Dianópolis – TO: uma visão a partir da comunidade local. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 5, n. 1, p. 157-172, 2014.

SIMÕES, P.R. Levantamento fotogramétrico e modelagem 3D aplicados à cartografia espeleológica e à espeleometria da Gruta dos Fugitivos, Parque Estadual de Ibitipoca – MG. *In*: ZAMPAULO, R. A. (org.). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35., 2019. Bonito – MS. **Anais do 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Campinas – SP: SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2019. p. 229-237. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anaiscbe/35cbe_229-237.pdf. Acesso em: 02 de jun. de 2020.

SIMÓN, J. L. et al. Riesgo de subsidência kárstica en áreas urbanas: el caso de Zaragoza. **Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra**, Girona – Espanha, v. 17, n. 3, p. 303-315, 2009.

SORIANO, M. A.; SIMÓN, J. L. Modelo a escala reducida del desarrollo de dolinas aluviales. **Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra**, Girona – Espanha, v. 1, n. 3, p. 201-203, 1993.

SOUZA, M. L. **Ambientes e Territórios: uma introdução à Ecologia Política**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2019. 350 p.

SOUZA, M. S. F. et al. Evolução tectônica e preenchimento da bacia natividade na região de Almas – TO. *In*: GOMES, L. C. C. et al. (org.) SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 16., 2017. Salvador – BA. **Anais do 16º Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**. Salvador – UFBA, 2017, p. 361-364. Disponível em: http://sbg.sitepessoal.com/anais_digitalizados/snet/2017/anais_resumos_expandidos_xvisnet.pdf. Acesso em: 17 mar. 2020.

SUGUIO, K. O relevo cárstico e a geoespeleologia. *In*: SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. p. 277-292.

TIMO, M. B.; TRAVASSOS, L. E. P.; VARELA, I. D. **Espeleologia no Licenciamento Ambiental**. Belo Horizonte: Instituto Minere, 2018. 95 p.

TORRES, F. T. P.; NETO, R. M.; MENEZES, S. O. **Introdução à geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TRAVASSOS, L. E. P. **Considerações sobre o carste da região de Cordisburgo, Minas Gerais, Brasil**. Belo Horizonte: Tradição planalto, 2010. 105 p.

_____. O carste e as cavernas nas obras de Alexander Von Humboldt. **Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales**, Barcelona – Espanha, v. 18, n. 1034, p. 1-16, 2013.

_____. **Princípios de Carstologia e Geomorfologia Cárstica**. Brasília: ICMBio, 2019. 242 p.

TRAVASSOS, L. E. P.; GUIMARÃES, R. L.; VARELA, I. D. Áreas cársticas, cavernas e a estrada Real. **Turismo e Paisagens Cársticas**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 107-120, 2008.

TRAVASSOS, L. E. P.; RODRIGUES, B. D.; TIMO, M. B. **Glossário conciso e ilustrado de termos cársticos e espeleológicos**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2015. 65 p.

TRICART, J. O karst das vizinhanças setentrionais de Belo Horizonte. **Revista Brasileira de Geografia**, n. 4, p. 451-470, 1956. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1956_v18_n4.pdf. Acesso em: 05 mar. 2019.

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

VAZ, M. D. A. C. **Natividade**. Brasília: MEC – Pró-memória, 1985. 74 p.

VENTURI, L. A. B. (org). **Praticando a Geografia: Técnicas de Campo e de Laboratório em Geografia e Análise Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

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

WILLIAMS, P. W. The role of the epikarst in karst and cave hydrogeology: a review. **International Journal of Speleology**, Bologna – Itália, n. 37, v. 1, p. 1-10, 2008.

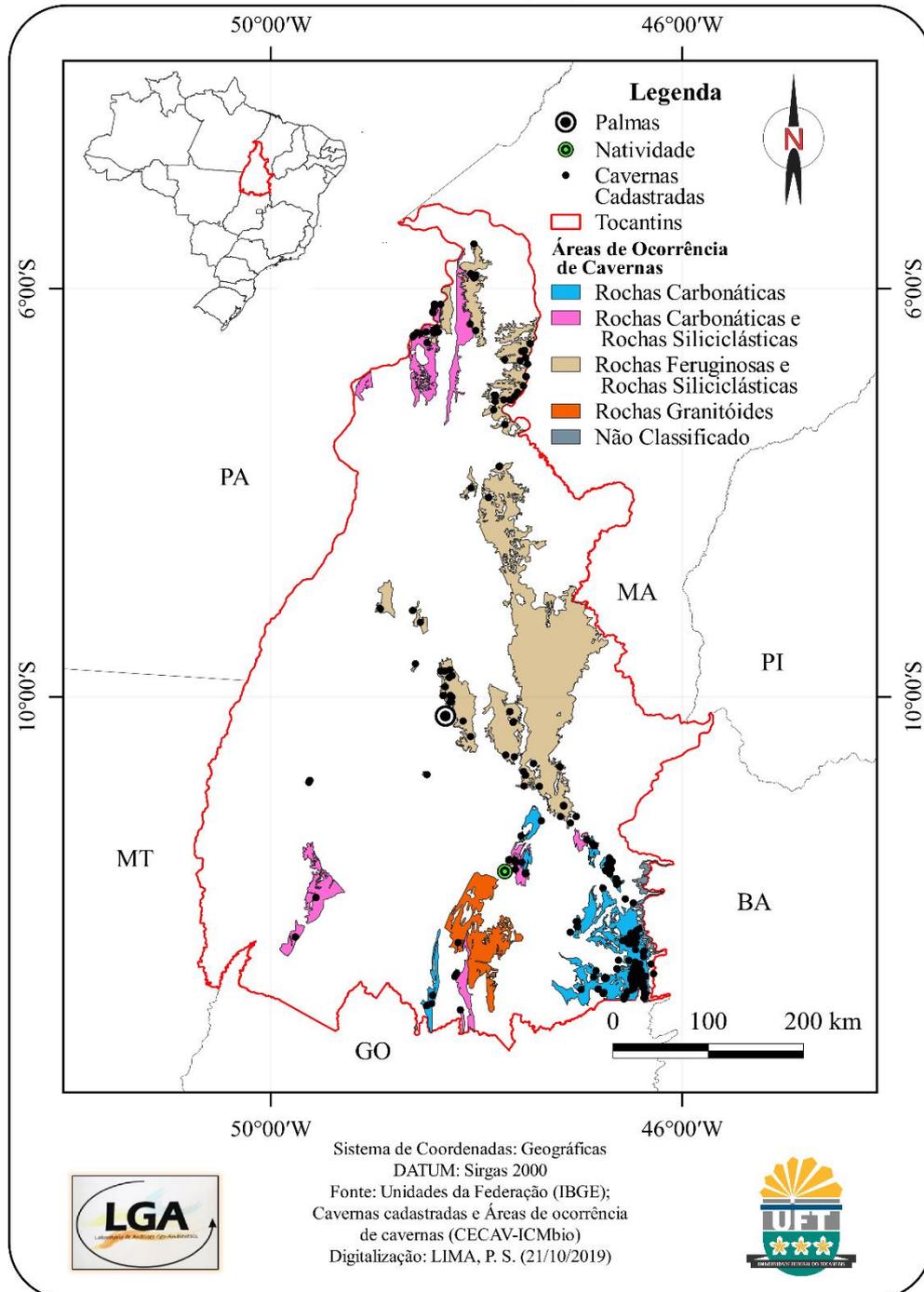
WRAY, R. A. L. Phreatic drainage conduits within quartz sandstone: Evidence from the Jurassic Precipice Sandstone, Carnarvon Range, Queensland, Australia. **Geomorphology**, v. 110, n. 3-4, p. 203-211, 2009.

WULF, A. **A invenção da natureza: a vida e as descobertas de Alexandre von Humboldt**. Tradução Renato Marques. 1. ed. São Paulo: Planeta, 2016. 589 p.

ZHOU, L. et al. The challenge of soil loss control and vegetation restoration in the karst area of southwestern China. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 8, p. 26-34, 2020.

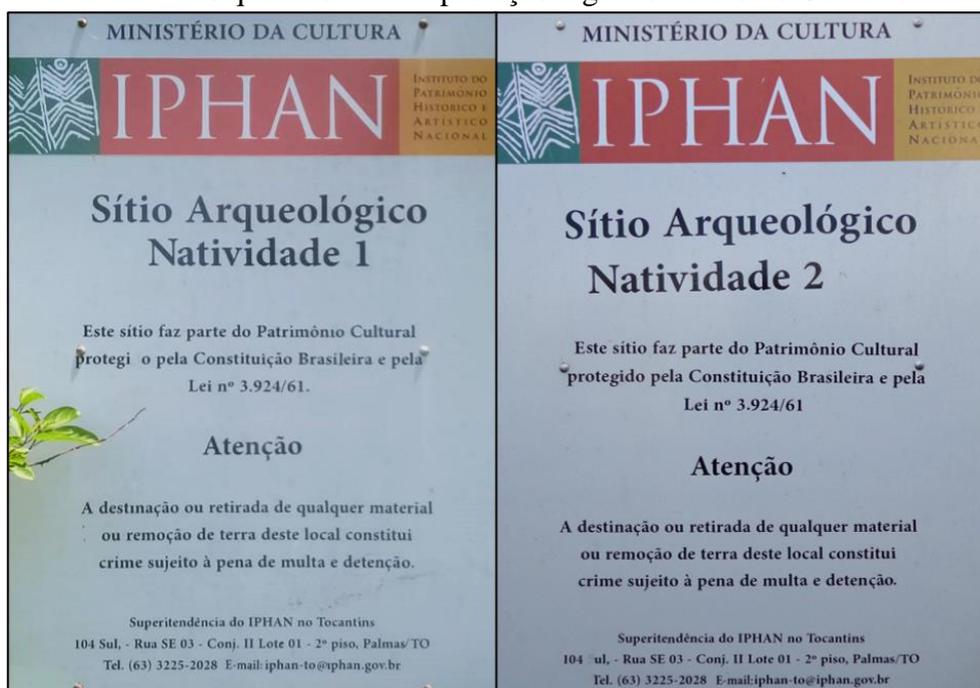
APÊNDICES

A – Cavernas cadastradas no CECAV e distribuição espacial das áreas de ocorrência de cavernas no Tocantins, com destaque para a região sudeste.



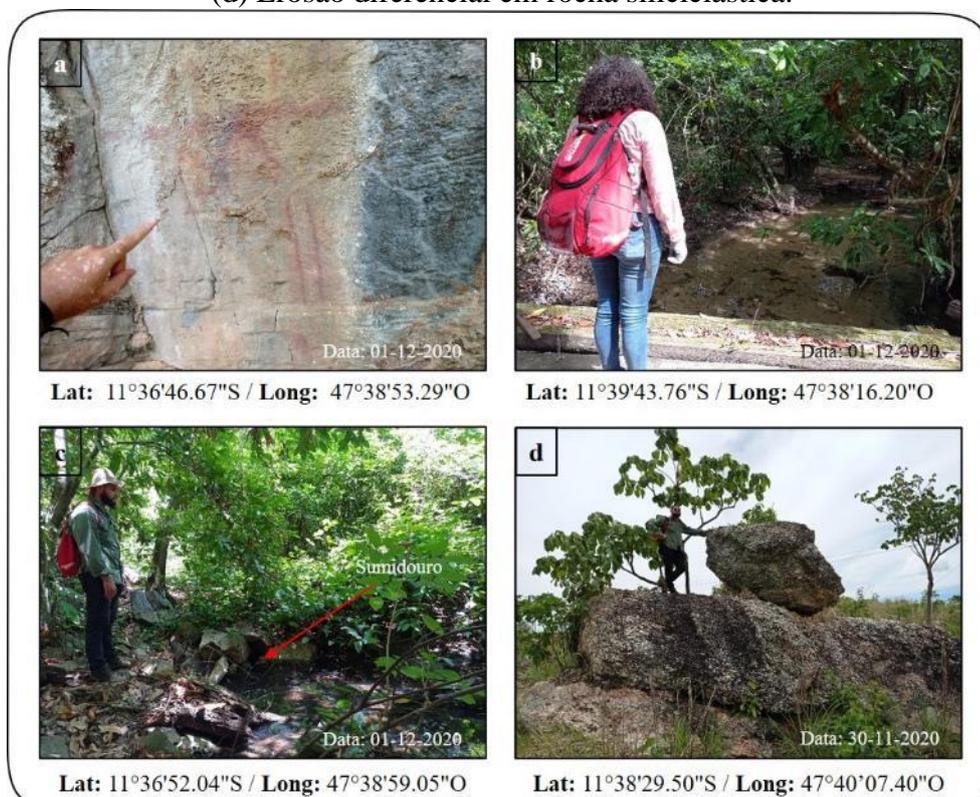
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

B – Placas que informam a proteção legal ao Morro do Carneiro.



Fonte: Acervo do autor (2020).

C – Demais características da área de estudo: (a) Pinturas rupestres no Sítio Arqueológico Natividade I; (b) Leito do córrego Salobro; (c) Sumidouro próximo ao Morro do Carneiro; (d) Erosão diferencial em rocha siliciclástica.



Fonte: (a), (c) e (d) Marilene Gomes da Costa (2020); (b) Acervo do autor (2020).

D – Modelo de planilha usada na coleta dos dados referentes às feições cársticas em si.

ID do Ponto:	Nome:	
Data:		
Provincia:		
Região:		
Altitude:		
Compartmento:	<input type="checkbox"/> Recarga	<input type="checkbox"/> Descarga
Coordenadas Geográficas		
Latitude:		
Longitude:		

Feições Cársticas Remanescentes (Positivas)

Maciços > 20m Maciços < 20m Torres Mogotes
 Verrugas Banquetas Arcos Humes

Feições Cársticas Reentrantes (Negativas)

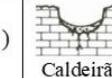
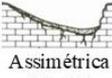
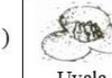
Dolinas Uvalas Poljes

Tipologia das Dolinas (Morfogênese)

Colapso Colapso de Cobertura Dolina Colmatada
 Sufusão Colapso de Carte Subjacente Dolina de Acomodamento

Tipologias sugeridas por Ferreira e Uagoda (2019)

Tipologia das Dolinas (Morfologia)

<input type="checkbox"/>	 Bacia	<input type="checkbox"/>	 Funil	<input type="checkbox"/>	 Balde	<input type="checkbox"/>	 Caldeirão	<input type="checkbox"/>	 Colmatada
<input type="checkbox"/>	 Cenote	<input type="checkbox"/>	 Assimétrica Aluvial	<input type="checkbox"/>	 Assimétrica Fluvial	<input type="checkbox"/>	 Uvala	<input type="checkbox"/>	 Dolina de Abatimento

Tipologias apresentadas por Kohler (1995) Adaptadas de Nicod (1972)

Água na Dolina

Perene Efêmera Intermitente

Impactos nas Dolinas e Entorno

Supressão da Vegetação Entulhos Dessedentação Animal Agricultura
 Expansão da Feição Exploração Pisoteio Animal

Características do Fluviocarste e Impactos Antrópicos

Alóctone Autóctone Sumidouro Surgência
 Supressão da Vegetação Barramento Perfuração Ruptura

Microcarste (Lapiás)

Juntas de Estratificação Caneluras Pequenas “Rain Pits” Pináculos
 Lapiás em Marmita Caneluras Grandes Lapiás de Diáclase Atividade Biogênica

Fonte: Confeccionada a partir das informações contidas em Moura (1994), Koler (1995), Knez; Slabe; Travassos (2011), Ferreira e Uagoda (2019) entre outros.

ANEXO

A – Modelo de planilha usada nos trabalhos de campo: (1) frente; (2) verso.

Ponto núm.:		N. Fotos→	Lat.	Long.	Alt.
<p>PROJETO DE PESQUISA: Análise Espacial Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga sob a ótica da Paisagem. Emerson Figueiredo Leite</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">PLANILHA PARA COLETA DE DADOS DE CAMPO</p>					
Vegetação e Flora					
Tipos de estratos		<input type="checkbox"/> Arbóreo <input type="checkbox"/> Arbustivo <input type="checkbox"/> Herbáceo <input type="checkbox"/> Escandescente <input type="checkbox"/> Epifítico <input type="checkbox"/> Gramíneo			
Ecótono do Cerrado					
Aspectos geológicos e geomorfológicos					
Formas de relevo		<input type="checkbox"/> Colinas <input type="checkbox"/> Morrotes <input type="checkbox"/> Morros <input type="checkbox"/> Escarpas			
Tipo de relevo		<input type="checkbox"/> Plano (< 5%) <input type="checkbox"/> suave ond. (5-15%) <input type="checkbox"/> ond. (15-25%) <input type="checkbox"/> Abrupto (25-45%) <input type="checkbox"/> Muito Abrupto (> 45%)			
Tipo de declividade		<input type="checkbox"/> acentuada <input type="checkbox"/> moderada			
Estabilidade dos taludes		<input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta			
Rochas exposta		<input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta			
Erosão		<input type="checkbox"/> Laminar <input type="checkbox"/> Sulcos <input type="checkbox"/> Boçoroca <input type="checkbox"/> Colúviões <input type="checkbox"/> Deslizamento <input type="checkbox"/> Desbarreamento			
Infraestrutura e uso/ocupação da terra					
População		<input type="checkbox"/> Aglomerado <input type="checkbox"/> Área Rurbana <input type="checkbox"/> Área Urbana <input type="checkbox"/> Outros			
Adensamento da população		<input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta			
Intensidade do uso da terra		<input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta			
Condições de Vias de acesso					
Solo exposto		<input type="checkbox"/> Mineração <input type="checkbox"/> Praias arenosas <input type="checkbox"/> Agroticultura <input type="checkbox"/> Queimada recente <input type="checkbox"/> Pecuária <input type="checkbox"/> Desmatamento			
Água					
Disponibilidade		<input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta			
Vizinhança das águas					
<p>PROJETO DE PESQUISA: Análise Espacial Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga sob a ótica da Paisagem. Emerson Figueiredo Leite</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">ANOTAÇÕES FINAIS E CROQUIS</p> <p>Listar as potencialidades ou restrições/outras características para uma proposta de manejo.</p>					

Fonte: Leite (2011).