

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - BACHARELADO**

ALICE TAVARES VIEIRA

**PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE GEOMORFOLOGIA  
CÁRSTICA NO BRASIL**

JUIZ DE FORA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – BACHARELADO

ALICE TAVARES VIEIRA

PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA  
NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de curso  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Geografia (Bacharelado) da Universidade  
Federal de Juiz de Fora, como requisito  
parcial para a obtenção do título de  
Geógrafa.

Orientadora: Prof. Dra. Gisele Barbosa dos Santos

JUIZ DE FORA  
2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da  
Biblioteca Universitária da UFJF,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Tavares Vieira, Alice .  
PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE  
GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA NO BRASIL / Alice Tavares Vieira.  
-- 2022.  
86 f. : il.

Orientadora: Gisele Barbosa dos Santos  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas, 2022.

1. Bibliografia Cárstica. 2. Revista Brasileira de Geomorfologia. 3.  
SINAGEO. 4. Rochas Carbonáticas. I. Barbosa dos Santos, Gisele,  
orient. II. Título.

**ALICE TAVARES VIEIRA**

**PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE GEOMORFOLOGIA  
CÁRSTICA NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Geografia (Bacharelado) da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Geógrafa.

Aprovada em \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Gisele Barbosa dos Santos (Orientadora)  
Departamento de Geociências – UFJF

---

Profa. Dra. Camila Neves Silva  
Departamento de Geociências – UFJF

---

Prof. Dr. Ricardo Tavares Zaidan  
Departamento de Geociências - UFJF

## **Agradecimentos**

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha família: Lúcia, vó Lygia, Júlia, tia Luiza e a minha madrinha, Denise. Seja através de um conselho, de uma conversa, de um carinho ou de uma bronca, vocês foram o pilar para eu chegar a este momento. Também gostaria de agradecer à Gisele, minha orientadora, que topou me orientar quando eu ainda nem sabia por qual caminho seguir e que teve grande paciência com meus imprevistos e dificuldades. Ao Felipe, meu companheiro e melhor amigo, que pensou comigo para chegarmos ao tema desta pesquisa e me apoiou durante todo o seu desenvolvimento. Sem você, este trabalho não seria possível. E ao Johnny, amigo que está sempre disposto a compartilhar seus conhecimentos, obrigada por toda a ajuda.

Dedico esta conquista a você, mãe, minha maior fonte de inspiração. Lembro de folharmos livros de geologia, de minerais, e falarmos disso desde bem cedo. Lembra quando decidi que seria vulcanóloga após descobrir seu livro sobre a origem dos vulcões? Ou quando resolvi que seria espeleóloga, quando fui apresentada às cavernas? Desde cedo você me mostrou como o planeta Terra é extremamente interessante, e é graças a esses momentos, e muitos outros em que você esteve presente, que hoje me torno geógrafa. Você sempre foi minha inspiração e minha força.

Também dedico ao meu falecido padrinho, tio Ney, que não me viu chegar à faculdade, mas que sempre esteve ao meu lado. Gosto de pensar que você está orgulhoso de mim, tio, consegui terminar mais um ciclo, e agora somos ambos geógrafos.

Aos meus amigos: Luiz, Bruno, André e Gabriel. Vocês me apoiaram de diversas maneiras, mas o mais importante foi a força que me deram para continuar ano após ano, semestre após semestre. Obrigada.

Por fim, gostaria de dedicar toda a minha caminhada até aqui a minha melhor amiga, Lídia, que se foi cedo demais. Você me acolheu desde o primeiro dia de aula, quando eu não queria companhia e não sabia o quanto precisava. Foram tantas disciplinas e trabalhos juntas, tantas risadas e choros também. Muito obrigada por ter me permitido fazer parte da sua breve vida.

## Resumo

Apesar de inicialmente a definição de carste especificar sua ocorrência em rochas carbonáticas, vem sendo cada vez mais discutida a inclusão de outras rochas no grupo dos litotipos sujeitos a processos de carstificação. No Brasil há de 5 a 7% de áreas cársticas, com registros significativos em rochas siliclásticas e ferríferas. Porém sua maior predominância encontra-se em áreas do carste tradicional. Com base no potencial cárstico encontrado em território brasileiro, faz-se relevante o levantamento da produção científica nacional com o objetivo de observar o caminho traçado pela geomorfologia no tema estudado. Após a coleta de trabalhos publicados pela Revista Brasileira de Geomorfologia e do Simpósio Nacional de Geomorfologia, e dos materiais visuais gerados, foram realizadas análises quantitativas, espaciais e dos temas mais abordados. Destacou-se o baixo número de publicações, a grande contribuição das instituições mineiras, a preferência por áreas situadas no contexto litoestratigráfico do Grupo Bambuí, além da grande adesão de estudos do endocarste e em áreas do carste não tradicional. Foi concluído que por ser um viés da geomorfologia cuja discussão a respeito de seus processos e produtos continua em andamento, pode ser considerada desafiadora, desencorajando seu estudo. Entretanto, foi verificada uma aceitação cada vez maior da existência de feições tipicamente cársticas em rochas não carbonáticas. Ademais, ficou evidente que o conhecimento a respeito dos processos de formação do carste se desenha como prioridade na geomorfologia cárstica brasileira.

**Palavras-chave:** Bibliografia Cárstica; Revista Brasileira de Geomorfologia; SINAGEO; Rochas Carbonáticas.

## **Abstract**

Despite the definition of karst specifies, at first, its occurrence in carbonatic rocks, the insertion of other rocks in the group of lithotypes subject to karstification processes has been more and more discussed. There are from 5% to 7% of karstic areas in Brazil, with significant records on siliciclastic and ferriferous rocks. However, its larger predominance is in traditional karst areas. Based on the karstic potential found in Brazil, it is relevant to survey the domestic scientific production in order to observe the path paved by the geomorphology on the studied subject. After collecting works published by both the Geomorphology Brazilian Magazine and the National Symposium of Geomorphology, and by the visual materials generated as well, quantitative and spatial and the most approached subjects analyses were carried out. The Low amount of publishing, the great contribution of Minas Gerais institutions, the preference for areas located at Group Bambuí Lithostratigraphic context, besides more studies about the endokarst and in areas of non-traditional karst, all stood out. It was concluded that it might be challenging, once it is a geomorphology branch which discussion about its processes and products is still ongoing, discouraging then its study. However, there was an increasing acceptance of typically karstic features in non-carbonatic rocks. It was evident then that the knowledge about the processes of karst formation comes as a priority in the Brazilian karstic geomorphology.

**Keywords:** Karstic Bibliography; Geomorphology Brazilian Magazine; SINAGEO (National Symposium of Geomorphology); Carbonatic Rocks.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Torres cársticas na região de Monjolos – Minas Gerais .....	21
<b>Figura 2</b> – Maciço do Salitre, Diamantina – Minas Gerais .....	21
<b>Figura 3</b> – Detalhes de Lapiás em caneluras, Monjolos – Minas Gerais .....	22
<b>Figura 4</b> – Tipos de Dolinas .....	24
<b>Figura 5</b> – Comparação entre Dolina e Uvala .....	24
<b>Figura 6</b> – Polje do Curral das Pedras – Minas Gerais .....	25
<b>Figura 7</b> – Espeleotemas da Gruta da Lapinha, Lagoa Santa – Minas Gerais .....	27
<b>Figura 8</b> – Distribuição de Unidades Geológicas Carbonáticas e Cavernas no Brasil .....	29
<b>Figura 9</b> – Sítio Virtual Revista Brasileira de Geomorfologia .....	47
<b>Figura 10</b> – Sítio Virtual do Simpósio Nacional de Geomorfologia .....	48
<b>Quadro 1</b> – Relação de Subtemas e sua interpretação .....	50
<b>Gráfico 1</b> – Número de publicações do Simpósio Nacional de Geomorfologia por Edição .....	52
<b>Gráfico 2</b> – Número de publicações da Revista Brasileira de Geomorfologia por ano .....	55
<b>Gráfico 3</b> – Publicações por autor com quatro ou mais trabalhos .....	56
<b>Gráfico 4</b> – Publicações por Instituição de Vínculo dos Autores .....	57
<b>Figura 11</b> – Distribuição das Áreas de Estudo das Publicações e suas Unidades Geológicas .....	63
<b>Figura 12</b> – Nuvem de Palavras Representando o Número de Ocorrências das palavras – chave nas Publicações Analisadas .....	70



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Comparativo entre Publicações Totais e Sobre Carste .....	51
<b>Tabela 2</b> – Subtemas identificados nas publicações sobre Geomorfologia Cárstica Analisadas .....	68

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	12
1.2 OBJETIVOS .....	13
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
2.1. GEOLOGIA .....	14
2.2. CONTRADIÇÕES DOS TERMOS .....	17
2.3. FORMAS CÁRSTICAS .....	20
2.4. PROVÍNCIAS CÁRSTICAS DO BRASIL .....	27
2.5. LEGISLAÇÃO E GESTÃO EM ÁREAS CÁRSTICAS .....	42
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>46</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>51</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>72</b>
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>86</b>

## 1. Introdução

O termo carste veio da palavra germânica *Karst*, popularizada pelos estudos do geógrafo sérvio Jovan Cvijić (TRAVASSOS, 2019). Segundo o autor, *Das Karstphänomen* (1893) abriga o resultado dos estudos realizados na região do Planalto de *Kras*, situado em território esloveno e italiano. A partir de então, foi adotado “carste” para denominar paisagens semelhantes encontradas em diversas regiões do mundo (HARDT; FERREIRA PINTO, 2009).

Para Hardt e Ferreira Pinto (2009), carste é entendido como o conjunto de formas resultantes do intemperismo químico, através da dissolução da rocha encaixante. Nele são encontradas feições superficiais (exocarste), subsuperficiais (epicarste), ou subterrâneas (endocarste) (PILÓ, 2000), com seu grau de desenvolvimento variando de uma região para outra.

Para um ambiente ser considerado cárstico, era necessário ter-se desenvolvido em rochas carbonáticas, como o calcário ou o dolomito, devido às suas características favoráveis à ocorrência da dissolução (TRAVASSOS, 2019). Recentemente, vem sendo cada vez mais discutida sua existência em rochas anteriormente desconsideradas, cujas feições eram denominadas de pseudocarste (PILÓ, 2000; HARDT; FERREIRA PINTO, 2009; FABRI; AUGUSTIN; AULER, 2014; KOHLER, 2018; TRAVASSOS, 2019). Além disso, o estudo sobre carste no Brasil teve início através da espeleologia (TRAVASSOS, 2019). Com isso, segundo Travassos (2019), não é incomum se encontrar pessoas cujo interesse em pesquisar ambientes cársticos iniciou-se nos estudos de cavernas.

Atualmente, a Geomorfologia Cárstica é compreendida como o estudo das formas, dinâmica e gênese do relevo desenvolvido em rochas passíveis de sofrer dissolução. Estas podem ser carbonáticas, siliclásticas ou ferríferas (KOHLER, 2018).

Com 8,5 milhões de Km<sup>2</sup>, o Brasil apresenta de 5 a 7% de áreas cársticas, segundo estimativas de Karmann (1994). Por mais que haja significativas ocorrências desta morfologia em rochas siliclásticas e formações ferríferas, sua maior predominância é encontrada em rochas carbonáticas (KARSMAN; SÁNCHEZ, 1986 apud SALLUN FILHO; KARMANN, 2012). Isto demonstra a importância deste litotipo para o estudo da geomorfologia cárstica brasileira. De acordo com Sallun Filho e

Karmann (2012), no Proterozoico as rochas carbonáticas se assentaram em áreas cratônicas e em faixas de dobramentos. Além disso, os pesquisadores ressaltam que a área de maior ocorrência cárstica nacional faz parte do Grupo Bambuí, presente nos estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia.

### 1.1 Justificativa

Com base no potencial cárstico nacional e nas discussões acerca de sua gênese e produtos, a relevância deste trabalho situa-se em compreender os caminhos investigativos seguidos pela geomorfologia cárstica brasileira. Para traça-los, foram utilizadas publicações de dezembro de 2000 até dezembro de 2021 da Revista Brasileira de Geomorfologia (RBGeomorfologia) e de cinco edições do Simpósio Nacional de Geomorfologia (Sinageo). A escolha destes veículos de publicação se justifica por serem o periódico e o evento que atraem os principais pesquisadores e estudantes dentro da área geomorfológica no país.

O periódico em tela foi concebido a partir de 1997, sendo publicado pela primeira vez em 2000, vinculado à União da Geomorfologia Brasileira (UGB). O lançamento do primeiro número se deu durante o III Simpósio Nacional de Geomorfologia, realizado na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Para compor a primeira edição da revista, foram convidados autores considerados notáveis da geomorfologia brasileira. Já as demais edições constituíram-se de artigos enviados de forma espontânea por autores, além de sempre contarem com trabalhos de pesquisadores convidados, tratando de temas mais abrangentes como revisão ou inovação teórica ou metodológica. A princípio, a proposta era de publicações semestrais, entretanto somente em 2005 este feito foi possível. Atualmente, são lançados quatro números por ano, caracterizando-a como trimestral<sup>1</sup>.

Seu foco consiste em análises, pesquisas e aplicações do conhecimento relacionados aos modelos de desenvolvimento das grandes esferas do relevo. Para tal, as publicações devem contar com uma base técnico-instrumental própria.

---

<sup>1</sup> REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA. Sobre a Revista. Disponível em:< <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/about#:~:text=A%20concepção%20da%20Revista%20Brasileira,na%20UNICAMP%20-%20Instituto%20de%20Geociências.>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

Segundo a avaliação Qualis Capes<sup>2</sup>, a RBGeomorfologia é classificada como A2, indicador que contempla periódicos de excelência internacional<sup>3</sup>.

Já o Simpósio Nacional de Geomorfologia teve sua primeira edição realizada em Uberlândia em 1996, na Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Na ocasião, um grupo de geomorfólogos propôs e fundou a UGB (União da Geomorfologia Brasileira), destinada a servir desinteressadamente à coletividade. Sem distribuir lucros ou dividendos aos seus componentes ou dirigentes, e tem por objetivo principal congregar todos que no Brasil ou no exterior se dediquem à geomorfologia brasileira e áreas afins. Desde então a UGB promove, a cada dois anos, o Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO) para a aproximação dos associados, apresentação de trabalhos técnicos, científicos e divulgação dos avanços da Geomorfologia.

Ao longo das onze edições subsequentes, o SINAGEO foi se estabelecendo como fórum privilegiado para se debater os rumos, aplicações e perspectivas da pesquisa geomorfológica no Brasil. A cada nova edição são postos à vista as mais refinadas técnicas de pesquisa e suas recentes preocupações temáticas. O potencial da comunidade científica nacional se torna evidente, refletindo-se, ainda, no crescente número de participantes e trabalhos publicados (SILVA, RIBEIRO e AQUINO, 2016).

## 1.2. Objetivos

O objetivo do estudo pautou-se em buscar compreender como o relevo cárstico é abordado na produção científica brasileira, através de análises de dados extraídos das publicações da Revista Brasileira de Geomorfologia e do Simpósio Nacional de Geomorfologia. Para isto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Coletar e organizar os trabalhos publicados;
- Mensurar quantitativamente as publicações sobre o tema;
- Elaborar gráficos da relação entre as publicações analisadas e os autores e suas instituições de vínculo;

---

<sup>2</sup> PLATAFORMA SUCUPIRA. Qualis Periódicos. Disponível em:< <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>> Acesso em: 07 jun. 2022.

<sup>3</sup> TCC ACADEMY. Você sabe o que é Qualis? Disponível em:< <https://tccacademy.com.br/voce-sabe-o-que-e-qualis/>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

- Gerar um mapa da distribuição das áreas de estudo, buscando traçar e entender a espacialização das áreas de interesse;
- Propor subtemas e distribuir os trabalhos nos que melhor se enquadram;
- Procurar tendências entre as palavras-chave utilizadas para, em conjunto com os subtemas, entender as formas como a geomorfologia cárstica vem trabalhando com suas contradições;
- Traçar o panorama da produção científica e suas tendências entre 2000-2021.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1. Geologia**

O relevo cárstico é comumente associado a rochas carbonáticas, ditas mais solúveis, especialmente calcários e dolomitos (PILÓ, 2000). Pertencentes ao grupo de rochas sedimentares (TRAVASSOS, 2019), possuem ampla e complexa porosidade, o que facilita seu processo de dissolução (HUILLCA, 2014).

Os calcários são compostos majoritariamente por duas formas diferentes de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ): calcita e aragonita (TRAVASSOS, 2019). Ainda, grande parte destas rochas tiveram sua composição através de fragmentos de organismos marinhos apresentando, assim, alta solubilidade. Por outro lado, uma fração minoritária foi formada através da precipitação inorgânica de  $\text{CaCO}_3$ , originário da água do mar ou de acumulação mecânica (TRAVASSOS, 2019).

Já os dolomitos são compostos pelo mineral dolomita (TRAVASSOS, 2019), por sua vez, formada pela conversão da calcita ou aragonita através da troca de íons de cálcio por íons de magnésio. Este processo ocorre em águas do mar ou subterrâneas ricas em íons de magnésio que lentamente percolam pelos poros do sedimento, resultando na conversão do  $\text{CaCO}_3$  em  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (GROTZINGER; JORDAN, 2013).

A formação de dolomitos pode ser primária ou secundária. No primeiro caso, as rochas carbonáticas se formam em um ambiente onde há evaporação. O segundo se dá durante a diagênese, em decorrência da circulação de fluidos com magnésio em abundância (TRAVASSOS, 2019). É interessante ressaltar que os cristais de dolomita são menores que os de calcita, resultando no aumento da porosidade da rocha durante a dolomitização (FORD; WILLIAMS, 2007).

Ressaltamos que apesar da ação química da água ser o principal no sistema cárstico em rochas carbonáticas, também estão presentes processos físicos e mecânicos em menor escala (KOHLENER, 1994). Entre os de origem hídrica, destaca-se a dissolução. Para que ocorra é necessário ter a presença de descontinuidades, como falhas e fraturas, propiciando a percolação da água na rocha (KLIMCHOUCK; FORD, 2000). Estas descontinuidades também são conhecidas como porosidade secundária (PILÓ, 2000).

Conforme Piló (2000), dentro do sistema cárstico são duas as porosidades encontradas: primária e secundária. A primária se caracteriza como porosidade intragranular e tem sua origem durante a diagênese; possui menor relevância para a percolação da água no sistema supracitado, principalmente em rochas calcárias. Já a porosidade secundária apresenta grande relevância. Esta caracteriza-se por falhas, fraturas, camadas de deposição sedimentares, dentre outras originadas no pós-diagênese, com exceção de fraturas que podem ser formadas ainda durante a diagênese (PILÓ, 2000).

Com a percolação da água através das descontinuidades da rocha se inicia o processo de intemperismo químico, em que se destaca a dissolução (HARDT; FERREIRA PINTO, 2009). Para a evolução do relevo cárstico através da dissolução, alguns fatores são necessários. Entre eles, destacamos os ácidos orgânicos encontrados no local e a litologia que será exposta ao processo.

Na formação do carste clássico, de ocorrência em calcário, a água oriunda da precipitação absorve o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) presente na atmosfera, tornando levemente ácida devido à reação da água com o  $\text{CO}_2$  (HARDT; FERREIRA PINTO, 2009; CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008). O resultado de tal reação é o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) que ao entrar em contato com o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) reage, resultando em bicarbonato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ). Por ser solúvel em água, o  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  é facilmente conduzido para fora do sistema (HARDT; FERREIRA PINTO, 2009).

Apesar de inicialmente a definição de carste especificar sua ocorrência em rochas carbonáticas, Piló (2000) evidencia que vem sendo cada vez mais discutida a inclusão de rochas não carbonáticas no grupo daquelas sujeitas a processos de

carstificação. Segundo Klimchouck e Ford (2000), todo litotipo pode passar por processos de dissolução se encontrado em condições propícias, independentemente de sua mineralogia. Na década de 1960, Simmons apresentou estudos onde relaciona a gênese de cavernas em minério de ferro e canga em Minas Gerais ao processo de dissolução da rocha (PILÓ; AULER, 2009). Já nos anos 1980, foram identificadas feições cársticas desenvolvidas em quartzitos, considerados insolúveis (HARDT; PINTO, 2009).

De acordo com McFarlane e Twidale (1987 apud PILÓ; AULER, 2009), para ocorrer a carstificação em minérios de ferro é necessário que haja o processo de dissolução tanto da sílica, da dolomita e também de óxidos de ferro. Apesar do ferro ter como característica a insolubilidade, a ação de agentes microbiológicos que possuem afinidade com o ferro permite sua dissolução.

Com relação ao processo em rochas siliclásticas, alguns fatores podem auxiliar na solubilidade, sendo eles: o pH elevado, que dissolve a sílica; catalisadores ferrosos, quando em ambiente aquoso facilitam a dissolução da sílica; ácidos orgânicos, cujos estudos recentes vêm demonstrando sua eficácia na alteração da rocha; sais e a ação de micro-organismos (HARDT, 2011). Através da combinação de tais fatores juntamente com a atividade química necessária, se torna possível o desenvolvimento do relevo cárstico.

O desenvolvimento da dissolução pode ser considerado congruente ou não (HARDT, 2011). Hardt explica que quando todos os minerais contidos na rocha são completamente dissolvidos, considera-se que a dissolução foi congruente. Entretanto, no momento em que tais minerais não sofrem dissolução em sua totalidade, são considerados não congruentes.

De acordo com Hardt e Ferreira Pinto (2009), no momento em que a dissolução é congruente, o carste apresenta uma evolução mais rápida e as formas geradas são mais evidentes. No caso de rochas siliclásticas, o que ocorre é uma maior dissolução do cimento quartzoso, resultando em resíduos de sílica não dissolvida que ocupam espaços vazios deixados pela dissolução (HARDT, 2011). Os pesquisadores destacam que tal ocorrência resultaria na formação de solos de depósitos que podem



ocultar ou até mesmo modificar a forma de relevo, escondendo e encobrendo sua existência.

Como ressaltado por Hardt (2011), a dissolução incongruente possui tal efeito em diversos casos. Todavia, estudos recentes apontam a existência de resíduos gerados pela dissolução em rochas carbonáticas. O autor destaca o termo fantomização, desenvolvido por Rodet (1996), como sendo o processo em decorrência da dissolução parcial, em que os resíduos da rocha permanecem *in situ*. Em sua pesquisa, Pontes (2019), destaca o conceito como o processo geoquímico pertencente ao primocarste. Para o hidrodinâmico, utilizou o termo arenização. Estes elementos serão abordados no tópico seguinte.

## 2.2. Contradições dos Termos

Originalmente os estudos a respeito do relevo cárstico apresentavam a tendência de associar sua existência à presença de uma rocha considerada quimicamente solúvel (FABRI; AUGUSTIN; AULER, 2014; HARDT, 2003). A definição de um conjunto de formações ruiformes como cársticas eram pautadas a partir de sua gênese, tendo a necessidade de apresentar processo de dissolução da rocha como principal agente modelador (HARDT; RODET; FERREIRA PINTO, 2010).

Quando as feições cársticas ocorrem em rochas carbonáticas, como o calcário e o dolomito, seu processo de formação é considerado clássico e mais conhecido (VIANA, 2016). Por outro lado, de acordo com Carvalho Júnior *et al.* (2008), o relevo formado por feições cársticas encontradas em ambientes compostos por rochas não carbonáticas é denominado de pseudocarste. Isto se dá devido ao processo de formação de tais feições, que para Ford e Williams (1989), difere daqueles que ocorrem em rochas solúveis. Kohler (1994) defende que, apesar da ação química da água ser o principal no sistema cárstico em rochas carbonáticas, também estão presentes processos físicos e mecânicos em menor escala. Hardt e Ferreira Pinto (2009) destacam que assim como ocorre nas rochas carbonáticas, em rochas pouco solúveis também são encontrados processos tanto químicos quanto físicos. Portanto, sua diferenciação está na predominância de processos mecânicos.

Para Travassos, Guimarães e Varela (2008), o termo pseudocarste pode ser designado a regiões de rochas siliclásticas – quartzito e arenito – que contém feições

típicas do relevo cárstico, como dolinas, cavernas e drenagens subterrâneas. Enquanto Viana (2016) utiliza o mesmo termo ao analisar morfologias em formações ferríferas. Segundo Maurity e Kotschiubey (1995 apud VIANA, 2016), a gênese do pseudocarste apoia-se na percolação da água de forma mecânica, porém a ação química da mesma é essencial para ocorrer a desestabilização e dissolução dos minerais.

Atualmente o conceito de carste encontra-se em período de mudanças e reavaliações, devido a sua complexidade e imprecisões. É possível observar uma mudança nas definições adotadas em estudos, principalmente a partir dos anos 2000, onde o termo pseudocarste vem caindo em desuso ao se referir a áreas cársticas em litologias diferentes da nomeada como clássica (HARDT; RODET; FERREIRA PINTO, 2010).

Segundo Hardt (2003), Younger e Stunell (1995) questionaram a existência de formas semelhantes geradas por processos diferentes. Foi proposto que, de fato, os processos responsáveis pela morfologia cárstica sejam os mesmos, alternando sua proeminência ao longo da formação do modelado cárstico.

Em Hardt, Rodet e Ferreira Pinto (2010), é apresentado o seguinte questionamento: o carste é resultado de uma evolução ou de um processo? Para os autores, ao considerar a primeira alternativa, o termo pode ser associado ao desenvolvimento de uma paisagem gerada por um substrato específico, neste caso, as rochas carbonáticas. Entretanto, ao definir como o produto de um processo, o substrato não possui grande relevância (HARDT *et al.*, 2010). As definições mais modernas têm procurado evitar relacionar o termo em questão somente a um litotipo (HARDT, 2003).

Hardt e Rodet (2012) trazem o conceito de primocarste como sendo a origem do modelado cárstico. De acordo com os pesquisadores, primocarste baseia-se na combinação de dois processos: um de origem geoquímica, que consiste na alteração isométrica em pontos específicos; e outro hidrodinâmico, em que ocorre o colapso da alterita, resultando na liberação de um espaço responsável por permitir a entrada e saída de um fluxo hídrico – se houver. Através deste conceito os autores explicam a ocorrência do carste em rochas não carbonáticas, rejeitando a adoção do termo

pseudocarste. O processo de carstificação em tais rochas passa pela dissolução - completa ou não - e, posteriormente, tem-se a remoção mecânica dos resíduos restantes quando a dissolução não se dá completamente (HARDT; RODET, 2012).

Como apontado por Kohler (1994) e neste texto, o processo genético do carste em rochas carbonáticas apresenta os mesmos mecanismos formadores da paisagem, remetendo às conclusões de Younger e Stunell de que os processos são os mesmos. A título de exemplificação, observa-se a utilização do conceito por Pontes (2019) ao analisar a formação cárstica em rochas não carbonáticas, tendo quartzitoarenito como sua rocha de origem. Muito se discute a respeito da inclusão de rochas siliclásticas no conceito de carste. Além disso, Talim e Bueno (2014) apontam a necessidade de se voltar os olhares para a presença de carste também em rochas alcalinas.

Tem se tornado mais comum o termo carste ser atribuído a formações provenientes de rochas diferentes das consideradas clássicas (TRAVASSOS, 2014). Hardt (2011) discute a aplicabilidade do termo pseudocarste e evidencia que, como dito por Glazek (2006), seu significado é impreciso, possibilitando a interpretação de que formas semelhantes não se enquadrem como cársticas. Ao longo dos anos, surgiram propostas alternativas a esta nomenclatura, como a sugerida por Urbani (1986 apud Fabri *et al.* 2014) ao propor a utilização de terminologias que evidenciem a rocha de origem das formas cársticas, como “carste em quartzito”. Proposição semelhante também é sugerida por Hardt *et al.* (2009). Entretanto, com o conceito de primocarste, tal nomenclatura pode não ser suficiente para denotar a complexidade destes processos. Já para Andreychouk *et al.* (2009), é relevante se pensar a respeito da utilização de Carste Tradicional, para o carste em rochas carbonáticas, e Carste Não-Traducional, para litologias não carbonáticas.

Como salientado, tem se tornado cada vez mais comum estudos analisando áreas cársticas em rochas não carbonáticas. Alguns referentes ao endocarste, preferencialmente cavernas (ROBAINA; BAZZAN, 2008; HARDT *et al.*, 2009; PONTES *et al.*, 2012a; PEREIRA *et al.*, 2013; MARQUES NETO, 2012; FREIRE *et al.*, 2014; FREIRE *et al.*, 2017) enquanto outros abrangem, também, feições pertencentes ao exocarste, como dolinas, lapiás, maciços, entre outras (UAGODA *et al.*, 2009; PONTES *et al.*, 2012b; BRAGA *et al.*, 2012; TALIM; BUENO, 2014; PÔSSAS; CHEREM, 2018). Este debate encontra-se longe de chegar ao fim. Os

fatores e processos de formação do relevo cárstico em rochas não carbonáticas continuam a ser estudados. Não se conhece em sua totalidade os mecanismos atuantes na dissolução da sílica, deixando a possibilidade de novas suposições e descobertas virem a ser apresentadas (FABRI *et al.*, 2014).

### 2.3. Formas Cársticas

O relevo cárstico divide-se em três domínios: o exocarste, o epicarste e o endocarste. O primeiro, como o nome já diz, trata-se do domínio de superfície; o segundo trata-se da zona subcutânea, ou seja, porção superior da rocha adjacente coberta por material que pode ou não ser inconsolidado; já o terceiro diz respeito ao domínio subterrâneo (PILÓ, 2000). As formas cársticas, segundo Carvalho Junior *et al.* (2008), estão dispostas em dois destes domínios, no exocarste e no endocarste; sendo o segundo estudado preferencialmente pela Espeleologia.

Começemos pelas formas cársticas pertencentes ao exocarste. As formas que o compõe podem ser subdivididas em duas categorias: feições positivas e feições negativas. As primeiras caracterizam-se como “feições residuais que se tornam proeminentes no relevo”, por exemplo os mogotes, as torres, as verrugas e os maciços; as segundas correspondem a feições que devido à ação hídrica subsuperficial sofreram abatimento, como as dolinas, as uvalas e os poljes (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008).

Os Mogotes são feições positivas próprias do carste em regiões tropicais, que se caracterizam como morros residuais de dezenas de metros de altura (KOHLENER, 2018). As Torres, segundo o mesmo autor, são uma variação dessa forma cárstica, enquanto as Verrugas correspondem a afloramentos individuais que podem variar de alguns centímetros a um metro de diâmetro e de altura. Os estudos de Dantas (2018), realizados no carste da APA de São Desidério, Bahia, identificaram a presença tanto de Torres quanto de Verrugas entre as feições cársticas ali presentes.

**Figura 1** - Torres cársticas na região de Monjolos – Minas Gerais.



**Fonte:** Travassos, Rodrigues, Timo (2015).

Já os maciços caracterizam-se como planaltos cársticos de quilômetros de extensão, onde paredões cobertos de lapiás são encontrados, o que limita a superfície de erosão dos mesmos (KOHLENER, 2018). Ainda segundo o mesmo autor, diversas vezes podem ser encontrados vales cegos atravessando-os, onde rios insurgem em sumidouros, transformando tal segmento em um curso d'água subterrâneo. Também apresentam um endocarste bem desenvolvido (KOHLENER, 2018). Souza *et al.* (2019) propuseram investigar o relevo cárstico em mármore da Serra do Cipó. Segundo os mesmos autores, as feições de maior expressividade na paisagem local são maciços e paredões, sendo estes de variadas formas e alturas e limitados à faixa de contato com a escarpa pertencente à Serra do Espinhaço Meridional.

**Figura 2** - Maciço do Salitre, Diamantina – MG.



**Fonte:** Adaptado de Baggio; Rodrigues; Trindade (2012)

Para Travassos (2019), os *Karren*, ou mais comumente conhecidos no Brasil como Lapiás (figura 3), são feições esculpidas na rocha através da dissolução e podem ter de dezenas a centenas de metros, a depender das condições às quais a rocha está submetida. Segundo o mesmo autor, de tais condições fazem parte a litologia, o clima, o volume e a agressividade da água. São os lapiás que configuram ao carste seu caráter ruiforme, pois são esculpidos lentamente pela água (TRAVASSOS, 2019). Em Travassos (2019) é possível encontrar uma de várias classificações possíveis para Lapiás, sendo apresentada a formulada por Sauro (2008). Ao analisarem as feições cársticas presentes no maciço das Agulhas Negras, Talim e Bueno (2014) constataram que a ação da água, favorecida pelos verões com chuvas intensas, demonstrou ser um importante agente para a formação dos lapiás lá encontrados. Além disso, a presença de fraturas se mostrou fundamental para a formação de tais feições (TALIM; BUENO, 2014).

**Figura 3** - Detalhes de Lapiás em caneluras, em Monjolos – Minas Gerais.



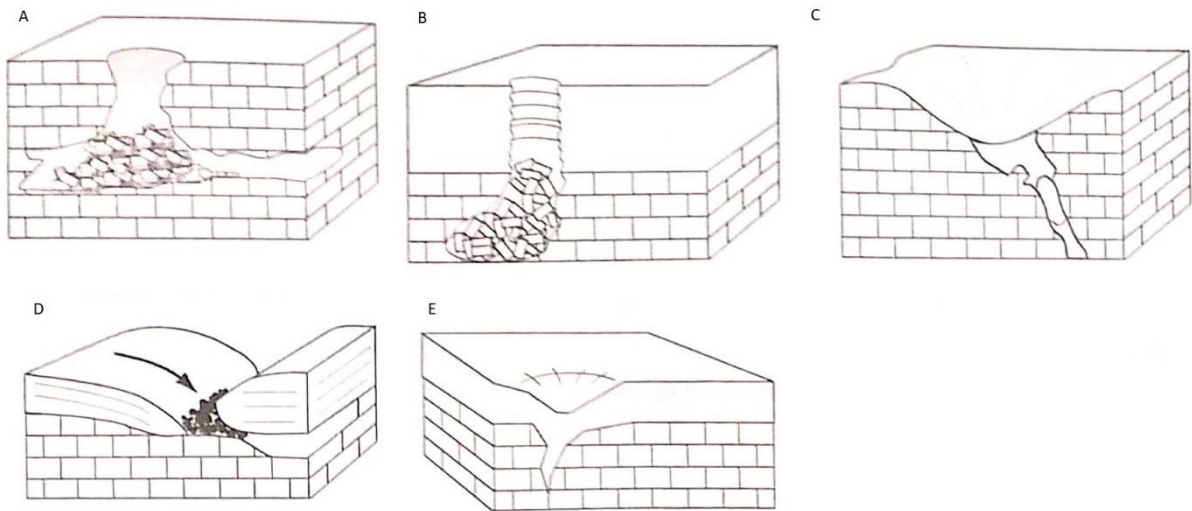
**Fonte:** Adaptado de Travassos (2019).

Segundo Piló (2000), Dolinas (figura 4) caracterizam-se como depressões fechadas formadas em superfície, podendo assumir formas circulares ou ovais que vão de poucos a centenas de metros de profundidade por várias centenas de diâmetro. Ainda segundo o mesmo autor, seu processo de formação se dá através da dissolução de rochas com potencial solúvel encontrada em subsuperfície. Nos estudos a respeito de dolinas presentes na bacia do Alto Rio Preto, Goiás, Schrage et al (2014)

observaram-nas, em sua maioria, alinhadas a rede de drenagem, tendo suas ocorrências distribuídas de forma significativamente simétrica a volta tanto do rio Preto, quanto do rio Bezerra. Os autores constataram tal comportamento como evidência de uma possível ligação entre ocorrência de dolinas com os cursos d'água e o comportamento hidrogeológico da área.

As dolinas são classificadas em cinco tipos, por Jennings (1985, apud Piló, 2000): dolinas de dissolução, dolinas de subsidência, dolinas de colapso, dolinas de colapso devido ao carste subjacente e dolinas aluviais. As dolinas de dissolução são formadas quando o processo de dissolução ocorre preferencialmente nas descontinuidades da rocha, como juntas, fraturas e planos de acamamento; alargando, assim, a cavidade (PILÓ, 2000; CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008). Já as de subsidência, tem como característica a presença de uma cobertura de materiais superficiais, que colapsou – seja de forma progressiva ou rápida – dentro da cavidade existente e sobre a rocha calcária (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008). As dolinas de abatimento ou de colapso, podem ser formadas a partir do desabamento do teto ou de paredes de cavernas (PILÓ, 2000). Já no caso de dolinas de colapso devido ao carste subjacente, tem sua formação através da dissolução de rochas carbonáticas que se encontram sobrepostas a outra litologia; através do alargamento da cavidade, seguido de desabamentos, depósitos são formados sobre a rocha não carbonática (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008). Por último, segundo os mesmos autores, as dolinas aluviais correspondem a cavidades onde há presença de solo ou depósitos superficiais sobre rochas carbonáticas e podem ser formadas através de dois processos. O primeiro resume-se a movimentação do material através da água superficial; o segundo na formação de uma “cavidade na cobertura aluvial, desenvolvida por colapso ou por lenta subsidência” (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008).

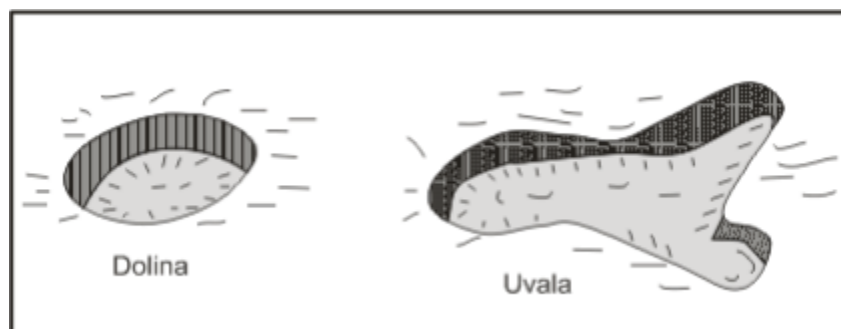
**Figura 4** – Tipos de Dolinas: (A) de dissolução, (B) de colapso de rochas, (C) de colapso de rochas subjacentes ao carste, (D) de subsidência, (E) de aluviais.



**Fonte:** Adaptado de Jennings (1985).

A partir das dolinas individuais descritas anteriormente, existem as dolinas compostas conhecidas como uvalas (figura 4). Segundo White (1988), as uvalas são formadas a partir do crescimento do diâmetro de dolinas de dissolução, onde a continuidade deste processo resulta na coalizão de tais formas, tendo como resultado uma uvala. No Vão do Paranã é possível encontrar um agrupamento de dolinas e uvalas originadas em calcário, com a presença de lateritas ferruginosas (SOUZA *et al.*, 2018). Segundo os mesmos autores, a laterita evidencia a presença de ferro no local, que a partir dos ciclos hidrológicos flutuantes que estão ligados ao desenvolvimento das dolinas e uvalas, ocorrem as coberturas lateríticas – que por sua vez, conferem uma aparência irregular às feições.

**Figura 5** – Comparação entre Dolina e Uvala.



**Fonte:** Imagem adaptada de Casseti (2005).



O termo Polje – cujo significado é campo - não necessariamente está relacionado ao relevo cárstico, segundo Ford e Williams (1989). Pode ser aplicado de duas formas: como indicação de qualquer depressão (HERAK, 1972 apud CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008); ou referindo-se somente a locais aluviais, planos e aráveis, disposto de valor econômico (JENNINGS, 1973 apud CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008). Foi Gams (1978) quem propôs uma definição para tal feição a fim de sanar o conflito geomorfológico de conceito. O autor definiu Poljes (figura 6) como uma bacia fechada de grandes proporções, com drenagem cárstica, base plana e com, ao menos, um de seus lados com alta declividade. Na Chapada da Natividade, no Tocantins, encontra-se uma área cárstica onde é possível observar a ocorrência de um polje diferente dos ditos “clássicos”, isto porque possui a parte sul vazada, devido a dissolução ocasionada pela drenagem encaixada em fratura, tornando-o um polje aberto (LIMA, 2021). Travassos (2019) destaca que no Carste Tropical, especialmente nos que têm monções, é possível observar a ocorrência de poljes abertos.

**Figura 6** - Polje do Curral das Pedras – Minas Gerais.



**Fonte:** Rodet *et al.* (2011).

Os vales cegos são feições que Kohler (2018) classifica como pertencentes ao fluviocarste – curso d’água que possui alguns trechos em superfície e outros subterrâneos. Segundo o mesmo autor, o fluxo de água exfiltra, flui pelo talvegue até encontrar um sumidouro e, assim, torna-se subterrâneo. Quando ativo, o fluviocarste eventualmente instala acima de seu nível feições como cavernas, vales suspensos e abrigos (KOHLE, 2018). Como demonstrado na Caverna Lapa do Penhasco, Goiás, os vales cegos costumam estar associados à presença de cavernas, sendo esta em

questão dona de diversos salões e galerias, cachoeiras internas, lagos e espeleotemas (FARIA; SOARES NETO, 2019). Quanto a presença de sumidouros e rios subterrâneos, o carste da APA de São Desidério, estudado por Dantas (2018), é um bom exemplo de paisagem cárstica contendo as duas feições.

O domínio do endocarste é onde encontram-se as feições subterrâneas, tendo as cavernas como as mais significativas (KOHLENER, 2018). A ocorrência destas cavidades - quando pertencentes a morfologia cárstica – está diretamente ligada às características dos aquíferos cársticos (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008). Hardt e Ferreira Pinto (2009) destacam que é preciso a combinação entre o aquífero e o processo de intemperismo químico, principalmente a dissolução, para a ocorrência do carste e, conseqüentemente, de cavernas.

As cavernas podem ser classificadas como ativas ou inativas; as ativas são aquelas onde há presença de fluxo de água, enquanto as inativas correspondem àquelas que estão secas (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008). Ainda segundo os mesmos autores, é comum serem encontradas cavernas com salões superiores inativos e salões ativos em níveis mais baixos. Dentro dos ambientes cavernícolas são encontrados diferentes espeleotemas, como as estalagmites e as estalactites, cuja formação se dá através de dissoluções carbonáticas, principalmente de calcita e aragonita (KOHLENER, 2018). Da junção de estalagmites e estalactites são formadas as cortinas e os travertinos – patamares escalonados que resultam do escorrimento e represamento da água causados por barreiras formadas de calcita (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008). Um exemplo de caverna no âmbito nacional é a Gruta da Lapinha (figura 7), descoberta por Peter Lund em 1835; pertence ao Carste de Lagoa Santa e é formada em rochas sedimentares datadas do Pré-Cambriano (XAVIER; RIBAS; BRAS, 2017).

**Figura 7** - Espeleotemas da Gruta da Lapinha, Lagoa Santa – Minas Gerais.



**Fonte:** Autoria Própria (2018).

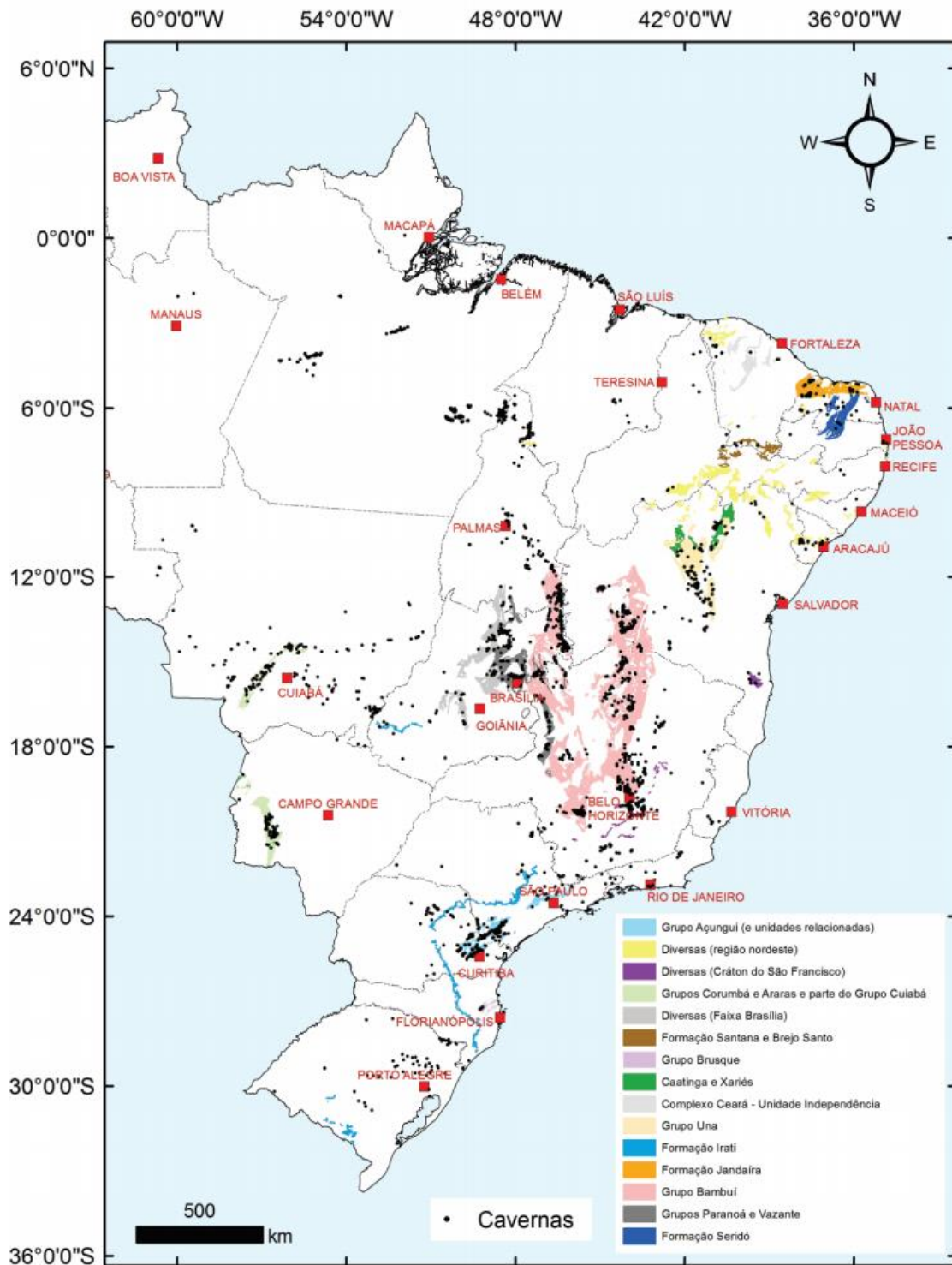
#### 2.4. Províncias Cársticas do Brasil

Como visto anteriormente, o relevo cárstico pode ser encontrado em diversas litologias, como em rochas carbonáticas, siliclásticas, ou formações ferríferas. Entretanto, como destaca Sallun Filho e Karmann (2012), sua ocorrência mais comum se dá em rochas carbonáticas. Segundo os autores, a solubilidade da rocha aumenta o potencial de desenvolvimento de feições cársticas em um local, assim como a história paleoclimática, a estrutura da rocha e a geomorfologia. No Brasil, as rochas carbonáticas ocupam uma área entre 425.000 km<sup>2</sup> a 600.000 km<sup>2</sup>, o que equivale a 3% do território nacional (KARMANN, 1994; SALLUN FILHO; KARMANN, 2012).

A fim de identificar áreas com maior possibilidade de ocorrer os processos formadores da morfologia cárstica, deve-se considerar a geologia como o principal critério avaliativo, levando em conta o quão essencial é a existência de condicionantes favoráveis ao desenvolvimento de cavernas (SALLUN FILHO; KARMANN, 2012). Foi por este viés que Karmann e Sánchez (1979) organizaram as áreas com possibilidade de carste em províncias cársticas.

As províncias cársticas organizadas por Karmann e Sánchez (1979), também chamadas de províncias espeleológicas, correspondem a unidades litoestratigráficas compostas por rochas com maior potencial solúvel, ou seja, rochas carbonáticas (SALLUN FILHO; KARMANN, 2012; TRAVASSOS, 2018). Este tópico faz uso dos estudos citados acima, assim como utiliza como base as unidades geológicas contidas no mapa da figura 8; tendo como objetivo a espacialização posterior dos ambientes cársticos cuja as áreas de estudo das publicações por este trabalho analisadas estão inseridas.

**Figura 8-** Distribuição de Unidades Geológicas Carbonáticas e Cavernas no Brasil.



**Fonte:** Geologia do Brasil (2012) adaptado de CECAV (2012).

A Província Bambuí faz parte do Grupo homônimo, Bambuí, localizada nos estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás, e devido a sua cobertura cratônica, é a área de maior expressividade do Carste brasileiro (SALLUN FILHO; KARMANN, 2012). É dividido em seis formações, sendo elas, da base para o topo: Formação Jequitaí, ou

Carrancas, com arenitos, ritmitos e conglomerados variados; Formação Sete Lagoas, com carbonatos; Formação Serra de Santa Helena, com ritmitos e siltitos; Formação Lagoa do Jacaré, com calcários intraclásticos e oolíticos; Formação Serra da Saudade, com arenitos e siltitos; Formação Três Marias, com arenitos fluviais e plataformiais (UHLEIN *et al.*, 2012a).

O Grupo Bambuí corresponde a uma sequência sedimentar datada do neoproterozoico (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008). Caracteriza-se por rochas carbonáticas pertencentes ao Supergrupo São Francisco (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979), as quais se formaram a partir de ciclos sedimentares com características pelito-arenosa e carbonática (MARTÍNEZ, 2007). Devido ao soerguimento de dois maciços orogênicos, ocidental e oriental – respectivamente, maciço da Serra Dourada e maciço da Serra do Espinhaço – é considerada uma típica bacia intracratônica (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979). Segundo os mesmos autores, tal bacia se manteve praticamente estável durante todo seu ciclo de sedimentação, dando lugar ao processo tectônico o qual resultou em uma estrutura que se iniciou pelas bordas, auxiliada por significativas falhas de empurrão. Assim, as rochas mais antigas se organizaram sobre rochas mais recentes, ocasionando complexos dobramentos (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979).

De acordo com Karmann e Sánchez (1986), esta província apresenta bom desenvolvimento do relevo cárstico, assim como rede de drenagem subterrânea interligada a sumidouros e ressurgências, grandes salões cavernícolas e amplas áreas de dissecação com a ocorrência de campos de Lapiás.

Nesta província encontra-se uma das mais imponentes áreas do carste intertropical brasileiro, o Carste de Cordisburgo que conta com a presença de cavernas, maciços, paredões calcários, dolinas, uvalas, lapiás, poljes e lagoas temporárias (TRAVASSOS, 2010a). Segundo o autor, a temperatura da água determina a velocidade e a agressividade com a qual ela penetra nas porosidades secundárias, sendo a água fria mais agressiva por liberar gás carbônico. No Carste de Cordisburgo é possível encontrar feições desenvolvidas ao longo de anos, assim como feições ocasionadas durante um evento pluviométrico e a região norte é a que apresenta um carste mais evoluído (TRAVASSOS, 2010a).

Assim como o Grupo Bambuí, o Grupo Una - correspondente à Província Una - também está inserido no Supergrupo São Francisco (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008; SANTOS; PIMENTEL; BRITO NEVES, 2011), cuja formação basal consiste em rochas siliclásticas recobertas por um depósito consistente de rochas carbonáticas (SILVA JÚNIOR, 2021). Localizado no estado da Bahia, o Grupo Una é dividido em duas formações, a Formação Bebedouro e a Formação Salitre (SILVA JÚNIOR, 2021). Segundo Santos, Pimentel e Brito Neves (2011), a Formação Bebedouro é composta por arenitos, pelitos e diamictitos, depositados em ambiente glacio-marinho. Já a Formação Salitre, a qual ocupa uma grande área da Bacia de Irecê, é caracterizada como uma sequência carbonática, intercalada com depósitos siliclásticos (CAZARIN, 2021). Tendo sido depositada em ambiente marinho raso, através de eventos deposicionais regressivos e transgressivos, as rochas carbonáticas da Formação Salitre sofreram exposição a processos de hidrotermalismo, além de eventos de deformação rúptil e dúctil (CAZARIN, 2021).

A Formação Salitre abriga não somente o maior sistema cárstico da América do Sul, como é a principal ocorrência cárstica de clima semiárido; cuja precipitação média anual é de 490 mm, com um déficit hídrico de mais de 1.400 mm (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008; CAZARIN, 2021). Nela estão as duas maiores cavernas do país, a Toca da Boa Vista – com 105 km, sendo a maior do Brasil e umas das 10 maiores do mundo – e a Toca da Barriguda – com 33 km (SALLUM FILHO; KARMANN, 2012). Segundo os mesmos autores, este Grupo, assim como o Bambuí, tem como característica grandes cavernas horizontais, com poucos desníveis, rede labiríntica e cursos d'água subterrâneos que convergem entre si. A ocorrência do processo de dissolução em uma região marcada pela baixa pluviosidade, para Auler e Smart (2003), explica-se pela alteração hipogênica, que corresponde a fatores endógenos que aumentam a dissolução de uma maneira diferente dos processos relacionados ao clima. Ainda a partir dos mesmos autores, a dissolução do carbonato do Grupo Una se dá através da ação do ácido sulfúrico, presente na área devido a oxidação de camadas de sulfetos pertencentes às rochas. Cazarin (2021) constatou que, além da alteração hipogênica, as fraturas presentes na região da Toca da Boa Vista e Toca da Barriguda, tiveram grande influência na formação do carste em tal região.

Sobrepostos à Formação Salitre, na Bacia de Irecê, estão os carbonatos da Formação Caatinga, datada do Paleógeno – Quaternário (SANTOS; RODRIGUES,

DAL' BÓ, 2020). Segundo os autores, esta formação aflora de forma abundante no centro-norte do estado da Bahia, na margem direita da bacia do rio São Francisco. A depender da região, apresenta carbonatos que podem chegar até 50 metros de espessura, enquanto nas cabeceiras do Rio Salitre pode variar de poucos centímetros a 5 metros, tendo como característica serem maciços e com coloração branca (SUGUIO; BARCELOS; MATSUI, 1980).

Como destacado por Santos, Rodrigues e Dal' Bó (2020), existem poucos estudos a respeito da estratigrafia, em caráter micro e macro, desta formação; com isso, a classificação de seus calcários e sua origem continuam sendo estudadas. Entretanto, de acordo com Borges (2016), são classificados como Calcretes, ou Caliches, que correspondem a sedimentos carbonáticos continentais, derivados do intemperismo de sedimentos, rochas ou solos preexistentes. Desenvolvidos a partir de falhas, fraturas e entre os carbonatos pertencentes à Formação Salitre, estes carbonatos tiveram origem, segundo Borges *et al.* (2016), a partir de processos de dissolução e precipitação durante estações úmidas e secas.

Ao sudeste da Bahia, está o Grupo Rio Pardo, inserido na Bacia Metassedimentar do Rio Pardo (PEDREIRA, 1999). É uma sequência sedimentar de baixo grau metamórfico localizada em uma zona de transição entre a Faixa de Dobramentos Araçuaí e o Cráton São Francisco (EGYDIO-SILVA *et al.*, 1993). Para Pedreira (1999), estes sedimentos foram depositados principalmente no Neoproterozóico, durante a compressão do Ciclo Brasileiro; posteriormente foram submetidos a três fases deformacionais. Segundo o autor, a primeira e a segunda fase consistiram em empurrões e dobramentos coaxiais na direção NE; já na terceira, os empurrões são na direção de oeste para leste.

De acordo com Pedreira (1999), o Grupo Rio Pardo divide-se em duas formações e um subgrupo, sendo eles, da base para o topo: Formação Panelinha, Subgrupo Itaimbé e Formação Salobro. A Formação Panelinha caracteriza-se por arcóseos, grauvacas, conglomerados e brechas; a Formação Salobro, depositada de forma discordante do subgrupo Itaimbé, consiste em arcóseos, grauvas e conglomerados polimíticos (PEDREIRA, 1999). De acordo com o autor, o Subgrupo Itaimbé divide-se em quatro formações que alternam entre si lateralmente: Camacã, composta por



pelitos e carbonatos; Água Preta, filitos; Serra do Paraíso, calcários e dolomitos; Santa Maria Eterna, arenitos e conglomerados.

Outros estados da região nordeste também apresentam expressivo afloramento de rochas carbonáticas, como os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte (SALLUN FILHO; KARMAN, 2012). Para Karmann e Sánchez (1979), os carbonatos cearenses pertencem à Província da Chapada Ibiapaba, o qual faz parte do Grupo Bambuí. Segundo os mesmos autores, neste trecho a litologia encontrada corresponde a arcóseos sobrepostos por quartzitos que, por sua vez, são sobrepostos por metassiltitos margeados por calcário. De acordo com Fé (2015), a origem da Chapada Ibiapaba se deu através de dois processos concomitantes: a formação da margem passiva transformante, durante o Cretáceo Inferior, e a expansão inicial do oceano Atlântico no estágio rifte, resultando no resfriamento e afundamento da margem continental, então, recém formada. Segundo o mesmo autor, tais processos acarretaram no soerguimento de forma suave do interior do continente, assim como a região Noroeste do Ceará e a borda Nordeste da bacia do Parnaíba. Como mostrado no mapa da Figura 8, indicado como Diversas Nordeste, há o registro de cavernas na porção norte da Chapada Ibiapaba, onde encontra-se o Parque Nacional de Ubajara; região que contém 11 cavernas calcárias, sendo a maior delas e a única turística, a Gruta Ubajara, com 1.120m (SOUZA-SILVA; FERREIRA, 2009).

Também no estado do Ceará, são encontradas outras três unidades geológicas com ocorrência de rochas carbonáticas: o Complexo Ceará, a Formação Santana e Brejo Santo. As três unidades geológicas supracitadas tiveram sua origem decorrente dos mesmos processos que originaram a Chapada Ibiapaba, descritos anteriormente (CARVALHO, 2017; CARVALHO; MELO, 2012; SALES, 2005). De acordo com Carvalho (2017), no Complexo Ceará a litologia dominante constitui em pelitos, tais como gnaisse quartzo-feldispático, cianita-muscovita-biotita gnaisse granadíferos, muscovita-biotita gnaisse, biotita gnaisse, com a possibilidade de ocorrência de granada, mármore e calcissílicatos. As formações Santana e Brejo Santo estão situadas na Bacia do Araripe (CARVALHO; MELO, 2012). Segundo os mesmos autores, a litologia da Formação Santana apresenta a presença de siltitos, argilitos, argilitos com nódulos calcários, calcários, calcários laminados, gipsita, anidrita e margas. Já na Formação Brejo Santo, são encontrados siltitos, argilitos avermelhados

e arenitos muito finos (CARVALHO; MELO, 2012). Entre os pelitos há ocorrência calcários argilosos e arenitos calcíferos esbranquiçados (FAMBRINI *et al.*, 2013).

No estado do Rio Grande do Norte, são duas as unidades geológicas com afloramento carbonático: a Formação Jandaíra e a Formação Seridó (que também está presente no estado da Paraíba).

De acordo com Cunha (2018), a Formação Jandaíra é pertencente ao Grupo Apodi, o qual está inserido na Bacia Potiguar. Sua litologia consiste em calcários e calcários margosos, datados do Mesozoico (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979). Esta Formação - descrita como uma ampla plataforma carbonática controlada pela maré - encontra-se sobreposta a depósitos sedimentares instalados durante o estágio Drifte da Bacia Potiguar (CUNHA, 2018). Segundo o mesmo autor, o estágio Drifte consiste em um período cujo controle se deu por mecanismos termais e isostático, proporcionando, então, a sedimentação, a qual pode ser subdividida em sequências marinhas transgressivas e regressivas.

Na Bacia Potiguar é possível encontrar um relevo cárstico bem desenvolvido, apesar de estar situado em uma região de clima semiárido (MAIA *et al.*, 2012). Para estes autores, a existência do Carste em tal grau de desenvolvimento e na seguinte região pode evidenciar um paleoclima a ser estudado.

Já a Formação Seridó, de acordo com Cruz *et al.* (2010), compõe o Grupo Seridó, juntamente com as Formações Jucurutu e Equador, e está inserido na Faixa Seridó, na Província Borborema. As unidades metavulcano-sedimentares do Grupo Seridó, de acordo com Hasui, (2012) datam do Neoproterozóico. Segundo o mesmo autor, a formação Jucurutu é composta por gnaisses, quartzitos, metaconglomerados, mármore, rochas cálcio-silicáticas, metavulcanitos félsicos e metachertes, enquanto a formação Equador possui metaconglomerados quartzitos e quartzitos feldspáticos. Já a formação Seridó, tem aproximadamente 650 Ma e apresenta a presença de metarrimitos, filitos, micaxistos, metavulcanitos máficos, clorita-xistos, mármore, cálcio-silicáticas e quartzitos.

A respeito da evolução geodinâmica da faixa Seridó, é possível encontrar divergências, como elencado por Cruz *et al.* (2010). Os autores destacam que há dois grupos, os que acreditam na evolução monocíclica e os adeptos da evolução

policíclica. A primeira consiste na explicação evolutiva através do Ciclo Brasileiro, onde este evento tecnometamórfico resultou nas deformações intrusivas e supracrustais (CRUZ *et al.*, 2010). Já a segunda, de acordo com os mesmos autores, acredita que a origem das estruturas tangenciais está relacionada ao ciclo Transamazônico, apresentando um significativo lapso de tempo entre duas deformações, chamadas de D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub>, sendo D<sub>1</sub> a mais antiga. Os mesmos autores ressaltam que o ponto chave de tal discussão corresponde à idade de D<sub>2</sub>, sendo datada preferencialmente do Paleoproterozóico, correspondente ao Ciclo Transamazônico, Meso ou Neoproterozóico; enquanto a idade de D<sub>3</sub> encontra-se em consenso, relacionada ao Ciclo Brasileiro, datada do Neoproterozóico.

Segundo Rubbioli *et al.* (2019) o ambiente cárstico do estado de Sergipe está inserido no Supergrupo Canudos, o qual subdivide-se nos grupos Vaza Barris e Estância. Macedo *et al.* (2012) destacam a escassez de informações científicas sobre o carste sergipano, são poucos os estudos estratigráficos, ou mesmo geomorfológicos encontrados. Tem-se conhecimento de que as ocorrências de rochas carbonáticas, calcário e dolomito, distribuem-se na Bacia Sedimentar de Sergipe, nas formações Riachuelo e Cotinguiba, pertencentes ao Grupo Sergipe (MACEDO *et al.*, 2012). Também é possível encontrar, de forma menos recorrente, camadas de rochas carbonáticas ao longo da Faixa de Dobramentos Sergipana; caracterizada como um cinturão de dobramentos e cavalgamentos datados do pré-cambriano (ALMEIDA; MACHADO; PASSOS, 2020).

Ao sul do Maranhão e ao norte do Tocantins, estão os carbonatos da Formação Pedra de Fogo, pertencentes ao Grupo Balsas, inserido na Bacia Sedimentar da Parnaíba (BARBOSA; CÓRDOBA; SOUSA, 2017). As sequências sedimentares da Bacia da Parnaíba podem ser divididas em cinco grandes sequências, onde três tiveram início durante o Paleozoico e duas durante o Mesozoico (GÓES; FEIJÓ, 1994 apud FREITAS, 2008).

Datado do Neocarbonífero (Paleozoico), o Grupo Balsas faz parte do terceiro grande ciclo sedimentar, tendo sido depositado sobreposto discordantemente à Sequência Mesodevonianiana (BARBOSA; CÓRDOBA; SOUSA, 2017). Segundo Cruz (2016), o grupo divide-se em quatro formações, sendo elas: Piauí, Pedra do Fogo, Motuca e Sambaíba. A Formação Piauí caracteriza-se pela predominância de arenitos

com intercalações de folhelhos; já na Formação Pedra do Fogo são encontradas uma grande variedade de rochas, como calcários, dolomitos, siltitos, silexitos, folhelhos e evaporitos; a Formação Motuca é composta por arenitos, siltitos, evaporitos, folhelhos e poucos calcários; por fim, na Formação Sambaíba há arenitos com a presença de dunas eólicas (CRUZ, 2016; BARBOSA; CÓRDOBA; SOUSA, 2017).

Baseado nos estudos de Góes e Feijó (1994), Cruz (2016) constata que o ambiente deposicional da Formação Pedra do Fogo caracteriza-se como marinho raso a litorâneo. Porém, Andrade (2012) apresenta diversos estudos com conclusões diferentes entre si, sendo mais recente o de Dino et al. (2000), cuja descoberta aponta para um ambiente marinho raso a costeiro, sob condições semiáridas a áridas.

Na porção central do Brasil, desde o sul do estado do Tocantins, passando por Goiás e até o noroeste de Minas Gerais, tem-se o Cinturão de Dobramentos Brasília, ou Faixa Brasília (SCHOBENHAUS; VIDOTTI; GONÇALVES, 2003). Segundo os mesmos autores, está situada na porção oriental da Província Tocantins e na borda oeste do Cráton São Francisco. Sua origem se deu através de associações de rochas metavulcano-sedimentares e metassedimentares de margem passiva, resultando em deformações progressivas durante a colagem do Brasileiro (SCHOBENHAUS; VIDOTTI; GONÇALVES, 2003). Sua estratigrafia, assim como de toda borda oeste da Bacia do São Francisco, apresenta difícil interpretação (MARQUES *et al.*, 2015). Isto se dá, segundo os mesmos autores, devido a alteração do empilhamento original das camadas de sedimentos, ocasionado pelas falhas de empurrão geradas durante o ciclo brasileiro.

Dentro da Faixa Brasília, destacam-se duas unidades geológicas com ocorrência de rochas carbonáticas: o Grupo Paranoá e o Grupo Vazante.

O Grupo Paranoá, cuja extensão vai do Distrito Federal até o sul do Tocantins, é uma sequência psamo-pelito-carbonática depositada em margem passiva (CAMPOS *et al.*, 2013; HASUI, 2012). Como destacado pelos mesmos autores, anteriormente este grupo era classificado como pertencente ao Grupo Bambuí como Formação Paranoá, tendo tido seu *status* elevado à Grupo por Dardenne (1978 apud CAMPOS *et al.*, 2013).

Segundo Hasui (2012), é datado do Mesoproterozoico, composto por metaconglomerados em sua base envolto por ritmitos psamito-pelito-carbonáticos litorâneos e supralitorâneos; quartzitos e ritmitos de plataforma; quartzitos, ritmitos, pelitos, dolomitos estromatólitos e calcários de variados ambientes – podendo ser litorâneo, de plataforma ou de águas profundas, com baixo grau de metamorfismo. Em determinadas áreas, sua cobertura apresenta intensa deformação, com a presença de fáceis xisto-verde, enquanto em outras revela suave ondulação (UHLEIN *et al.*, 2012b). A deposição do Grupo Paranoá se deu em margem passiva ante flexiva subsidência (CAMPOS *et al.*, 2013). Os mesmos autores destacam a grande influência de processos marinhos, os quais passaram por regimes tanto progressivos quanto regressivos, ocasionando em um preenchimento sedimentar com amplitude lateral.

Entre os Grupos Canastra, a oeste, e Bambuí, a leste, está o Grupo Vazante; localizado no noroeste do estado de Minas Gerais, é uma sequência pelito-dolomítica a qual engloba filitos, quartzitos, metassiltitos, ardósias, dolomitos de origem microbial em abundância e poucos calcários (Dardenne, 2000; SANTANA, 2011). Como discutido por Santana (2013), há uma discordância com relação à disposição do Grupo Vazante: pertence à Faixa de Dobramentos Brasília ou se encaixa melhor à um contexto cratônico? De acordo com a autora, os adeptos da primeira opção alegam que a disposição estrutural do grupo se assemelha aos demais componentes da Faixa Brasília, devido seus sistemas de *nappers* e cavalgamentos, assim como a existência de um baixo grau metamórfico. Entretanto, para os adeptos da segunda alternativa, a fronteira entre a Faixa Brasília e o Cráton São Francisco é definida por seus diferentes estilos tectônicos, tendo a faixa de dobramentos influência do embasamento em suas deformações (SANTANA, 2013).

Anteriormente à Sequência Vazante, o Grupo Vazante foi elevado à categoria de grupo por Dardenne *et al.* (1998). Seu conjunto sedimentar tem origem marinha, tendo sido depositado em rasa plataforma marinha ao longo de um ciclo regressivo (Dardenne, 2000). A idade deste grupo é de difícil definição, podendo ser datada do Mesoproterozóico ou do Neoproterozóico (DARDENNE, 2000).

No Mato Grosso tem-se a Província do Alto Paraguai, na região da Serra das Araras – suas rochas carbonáticas pertencem ao grupo Araras - onde é possível

encontrar extensas planícies com dolinas e serras soerguidas em anticlinais (KARMANN; SÁNCHEZ 1979, 1986). De acordo com Karmann e Sánchez (1979), tal grupo é composto por dolomitos, calcários calcíticos e sedimentos detríticos finos, sendo os calcários encontrados na porção inferior do grupo da cor cinza escuro. Este conjunto de calcário é entendido como rochas muito puras em magnésio, enquanto o teor de sílica é considerado variável (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979). Os mesmos autores destacam que os dolomitos, localizados na porção superior do grupo Araras, são encontrados em abundância; são, em sua maioria, maciços, com granulometria fina e sua espessura pode chegar a mais de 500 metros. Ainda de acordo com os mesmos autores, é imperativo destacar a existência de dobras paralelas, que variam de 4 a 10 km de comprimento de onda; além de dois sistemas de fraturas longitudinais e fraturas verticais

Segundo Sallun Filho e Karmann (2012), essa província apresenta grande potencial para a evolução de cavernas, devido suas características geológicas e geomorfológicas. Entretanto, é reduzido o número de cavidades conhecidas na região devido à pouca exploração por parte dos exploradores (RUBBIOLI et al., 2019). Na Serra do Calcário, é possível encontrar duas grutas cujo sistema é dividido entre si, a Gruta Santa Terezinha e a Gruta Portal do Roncador (HARDT, 2004). Como destacado pelo mesmo autor, uma gruta maior foi seccionada devido a um vale que teve sua evolução em meio ao morro onde a gruta encontrava-se, tendo como resultado sua divisão em duas. Atualmente, as duas grutas encontram-se somente a algumas dezenas de metros distantes uma da outra (HARDT, 2004).

A terceira província, chamada Serra da Bodoquena, está localizada na borda do Pantanal sul mato-grossense e abrange as rochas carbonáticas do Grupo Corumbá (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008; SALLUN FILHO; KARMANN, 2012). Os mesmos autores ressaltam que é formada por sequências de rochas carbonáticas e silicatadas provenientes do processo de sedimentação. Karmann e Sánchez (1979) evidenciam a ocorrência, também, de mármore altamente fraturados em regiões falhadas da formação Bocaina, provenientes de recristalização. Na formação Cerradinho, são encontrados calcários e dolomitos também relacionados a sedimentos pelíticos, que se assemelham fortemente a formação citada anteriormente (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979).

Karmann e Sánchez (1986), destacam a ocorrência de cavernas com grau avançado de evolução, com a presença de salões muitas vezes submersos e abismos, como a Gruta do Lago Azul, em Bonito. Entretanto, para Dias (2000), o carste desta província pode ser considerado jovem ao ser comparado com outras regiões do mundo. Isto porque, segundo o mesmo autor, ao observar a drenagem local, como seus padrões e densidade, percebe-se a ausência de drenagens mais desenvolvidas, tendo predominância de drenagens mais superficiais. A tendência da drenagem no carste é tornar-se subterrânea por completo (DIAS, 2000). Um exemplo de drenagem subterrânea na região é o Rio Perdido, que possui tal nome por correr por um sumidouro e ressurgir mais à jusante (DIAS, 2000).

A província do Vale do Ribeira está localizada no sudeste do estado de São Paulo e nordeste do estado do Paraná, e faz parte do Grupo Açunguí (SALLUM FILHO; KARMANN, 2012). De acordo com os mesmos autores, este grupo caracteriza-se pela presença de estreitas faixas de dobramentos, atribuindo grande profundidade às rochas locais. O padrão estrutural de tais dobramentos corresponde a anticlinais e sinclinais assimétricos com direção NE-SW, e paralelamente aos planos de estratificação há predominância de xistosidades (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979). Segundo os autores, há uma variação de 30° a 70° no mergulho das camadas, podendo ser verticais nas zonas com falhamentos de origem tectônica, como adjacente às intrusões graníticas e nos contatos com o Complexo Cristalino.

O conjunto de metassedimentos pertencentes ao grupo Açunguí tem origem marinha, tendo sua formação através da deposição “em ambiente tectonicamente ativo de ortossinclinal constituído pelo geossinclíneo Paraíba” - também conhecido como cinturão da Ribeira (ALMEIDA, 1967 apud KARMANN; SÁNCHEZ, 1979). Durante os processos orogênicos, as rochas pertencentes a tal grupo sofreram metamorfismo epizonal, resultando em fácies xisto-verdes, calcários cristalinos e dolomitos na sequência carbonáticas, filitos na sequência argilosa, quartzitos na fração arenosa e cloritaxistos e epídoto-anfibolitos a sequência básica (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979). Segundo os mesmos autores, as faixas calcárias e dolomíticas estão distribuídas no sentido NE-SW, tanto no estado de São Paulo quanto no estado do Paraná.

Segundo Karmann (1994), nesta área é comum a presença de cavernas com pouco desenvolvimento horizontal e grandes desníveis; a caverna do Diabo em Eldorado, município pertencente ao estado de São Paulo, destaca-se por suas dimensões e abismos. De acordo com Cordeiro (2013), a região cárstica da Serra de André Lopes, onde a Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo) está localizada, é considerada como de grande fragilidade ambiental, devido à instabilidade do terreno e sua elevada capacidade de condutividade da água subterrânea.

Também presente nos estados de São Paulo e Paraná, assim como no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Goiás, tem-se a Formação Irati, parte basal do Grupo Passa Dois, e inserida na Bacia do Paraná (COLLARES, 2015). A Bacia do Paraná é uma bacia de registro policíclico, com regime sedimentar-magmático e teve sua origem através de sucessivos processos de sedimentação desde o Neordoviciano até o final do Mesozoico (MILANI, 2004). Estes eventos de sedimentação foram divididos em seis unidades de supersequências por Milani (1997 apud MILANI, 2004): Rio Ivaí (Ordoviciano – Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero – Eotriássico), Gondwana II (Meso – Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico – Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). Dentre estas, o Grupo Passa Dois, através da Formação Irati, teve início na Supersequência Gondwana I, a qual sua sedimentação se deu em decorrência de ciclos transgressivos e regressivos devido a oscilação do nível relativo do mar durante o Paleozoico (COLLARES, 2015).

A Formação Irati, caracterizada por sedimentos finos, rochas carbonáticas e conglomerados, pode ser dividida em dois membros: Taquaral e Assistência (COLLARES, 2015). Segundo o mesmo autor, o primeiro membro correspondente a porção basal da formação, apresenta siltitos e folhelhos em sua composição; enquanto o segundo consiste em folhelhos, podendo ser betuminosos ou não, intercalados com siltitos e rochas calcárias dolomíticas.

No estado de Santa Catarina está disposto o Grupo Brusque, ou Complexo Metamórfico Brusque, o qual é composto por rochas metavulcano-sedimentares pertencentes ao Cinturão Dom Feliciano (COSTA, 2014). É limitado pela Zona de Cisalhamento Major Gercino e pela Zona de Transcorrência Itajaí Perimbó, e recoberto pelas litologias pertencentes a Bacia do Paraná no município de Vidal Ramos (SCHROEDER, 2006). O mesmo autor também ressalta a importância que



tais zonas de cisalhamento têm para a estruturação tanto do Grupo Brusque quanto do Escudo Catarinense.

O Grupo Brusque, de idade Neoproterozoica, é composto “por uma unidade inferior metavulcano-sedimentar em contato tectônico com uma sequência superior predominantemente clástica” (SILVA, 2016). Segundo o autor, é dividido em duas formações: Formação Rio do Oliveira, composta por rochas metavulcano-sedimentares de baixo a médio grau de metamorfismo, e Formação Botuverá, formada por rochas clásticas também de baixo a médio grau metamórfico. É possível encontrar registros carbonáticos nas duas formações, como visto em Silva (2016). Schroeder (2006), destaca que o grupo se alonga na direção NE e que sua origem se deu através da sedimentação predominantemente marinha, combinada com rifteamento.

Na região sul, poucos trabalhos discutem a existência de rochas carbonáticas e cavernas (SALLUN FILHO; KARMANN, 2012). Guareschi e Nummer (2012), propuseram-se a estudar a ocorrência de feições cársticas em rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul, enquanto Robaina e Bazzan (2008) procuraram fazer uma descrição da Gruta de Nossa Senhora de Fátima e da Gruta Subterrânea Nossa Senhora de Fátima – inserida no contexto litológico de rochas siliclásticas -, assim como uma proposta de gênese para se entender seu processo de formação. No Estado do Paraná, Pontes *et al.* (2012a), apontam a ocorrência de diversas cavernas presentes no Parque Nacional dos Campos Gerais, porém com poucos estudos, e Pontes *et al.* (2012b), propuseram-se a mapear as dolinas no município de Ponta Grossa, conhecidas como Furnas Gêmeas.

A ocorrência de carste não se limita a áreas com rochas carbonáticas, como salientado anteriormente nesta pesquisa, porém é indiscutível a importância que esta litologia tem para a geomorfologia cárstica. O Grupo Bambuí corresponde a maior unidade litoestratigráfica do Brasil com potencial cárstico, já o Grupo Una não somente abriga a maior área cárstica nacional, como contém a principal ocorrência de carste em clima semiárido, remetendo a um paleoclima. Continuando na questão paleoclimática, temos a Formação Jandaíra, inserida na Bacia Potiguar, cujas feições exocársticas evidenciam uma mudança climática no estado do Rio Grande do Norte. Para além dessas constatações, também se faz interessante destacar a falta de

estudos litoestratigráficos em diversas regiões com potencial cárstico, com destaque para Sergipe e outras áreas marcadas como Diversas Nordeste (figura 8). Esta constatação evidencia a necessidade de se investir em pesquisas voltadas para o patrimônio cárstico brasileiro, para, assim, termos condições de entender e cuidar do que pertence ao povo brasileiro.

## 2.5. Legislação e Gestão de Áreas Cársticas

Qual o melhor caminho a ser seguido: manter o patrimônio espeleológico e cárstico brasileiro intocado ou flexibilizar sua exploração em prol do desenvolvimento nacional?

A existência dos primeiros dados a respeito de cavernas em território nacional advém da influência religiosa e da mineração. Diversos estudos se fizeram possíveis a partir da descoberta de cavernas e da mineração das mesmas (FIGUEIREDO; RASTEIRO; RODRIGUES, 2010). Entretanto, a mineração é uma atividade exploratória que apresenta como consequência a degradação do sistema que interfere (MARQUES NETO, 2013). Desde o período colonial esta prática vem destruindo cavidades subterrâneas (LINO, 2009). Um exemplo dos efeitos da mineração é a Gruta da Lapa Vermelha (Lagoa Santa, MG), totalmente destruída pela atividade mineradora (FIGUEIREDO; RASTEIRO; RODRIGUES, 2010). Mais recentemente, evidencia-se o carste de São Thomé das Letras, também em Minas Gerais, onde a exploração de quartzito ameaça a existência de diversas cavernas, especialmente a Gruta do Sobradinho localizada próxima às frentes de lavra (MARQUES NETO, 2013).

Em 1986 houve a primeira iniciativa do Estado brasileiro tensionando a proteção dos patrimônios espeleológicos e cársticos através da formação de uma comissão especial, resultando na Resolução CONAMA nº009/1987 (FIGUEIREDO; RASTEIRO; RODRIGUES, 2010). O dispositivo criou o Programa Nacional de Proteção do Patrimônio Espeleológico, documento em que era requerido aos mineradores o repasse da presença de sítios arqueológicos, fósseis e cavernas nas regiões onde atuavam (FIGUEIREDO; RASTEIRO; RODRIGUES, 2010). Com base nestes marcos regulatórios e pela movimentação da comunidade espeleológica, a temática a respeito das cavernas foi incorporada à Constituição de 1988. Através do art. 216 e do art. 225 as cavidades subterrâneas naturais foram definidas como importantes patrimônios

culturais e naturais pertencentes à União (FIGUEIREDO; RASTEIRO; RODRIGUES, 2010). Que fatores motivaram esta mudança?

Durante as décadas de 1960 e 1970, período no qual o Brasil passava por uma ditadura militar, o certame ambiental não encontrou destaque, sendo considerado uma discussão para o dito Primeiro Mundo (DUARTE, 2005). No ano de 1970, o projeto Radam foi criado visando o mapeamento dos recursos naturais da Amazônia brasileira e posteriormente foi expandido para todo território nacional como RadamBrasil (IBGE, 2018). Sua relevância cartográfica é incontestável. Em contrapartida, o slogan “Integrar para não entregar” evidencia seu alinhamento ao projeto econômico da época, em que a integração se traduzia como ocupação territorial através da exploração econômica dos recursos naturais (LEITE, 2018).

Visando cumprir exigências internacionais, em 1974 foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). A existência do órgão era condicionada, juntamente com a elaboração de relatórios de impactos ambientais, para a concessão de empréstimos destinados a grandes obras (VIOLA, 1987). No final dos anos 1970 e início dos anos 1980, o Brasil presenciou uma grande movimentação social através do surgimento de diversas frentes de lutas, as quais vieram acompanhadas de uma transformação na compreensão cultural e na forma de se interagir com o meio ambiente (DUARTE, 2005).

O período de redemocratização marcou significativas mudanças em concepções no país: como as eleições para governadores em 1982, onde a maioria eleita integrava a oposição ao governo vigente, e o fim do governo militar em 1985, com José Sarney eleito como presidente do Brasil (CODATO, 2005). Em 1986, consolidaram-se movimentos ecológicos no meio político brasileiro. Militantes da causa ecológica estavam presentes em diversos partidos políticos como o Partido dos Trabalhadores (PT), o Partido do Movimento Democrático Brasileiro (atual MDB), o Partido Democrático Trabalhista (PDT) e o então recém fundado Partido Verde (PV) (VIOLA, 1987).

Em 1989, foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que corresponde a fusão de quatro entidades da área ambiental: a Superintendência da Pesca (SUDEPE), Superintendência da Borracha

(SUDHEVEA), o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e a Secretaria do Meio ambiente (SEMA)<sup>4</sup>.

Em junho de 1990 foi editada a Portaria IBAMA nº887 que salientava a importância de se realizar um diagnóstico do patrimônio espeleológico. Nele deveria constar a identificação de áreas cársticas, definições e ações adequadas de manejo. Determinou-se também a restrição do uso de tais recursos naturais e a produção de estudos visando a delimitação da área de influência das cavidades subterrâneas naturais (FIGUEIREDO; RASTEIRO; RODRIGUES, 2010). Posteriormente, foi editado o Decreto Federal nº 99.556/1990, o qual declara que as cavidades subterrâneas presentes no território nacional fazem parte do patrimônio cultural brasileiro e que devem ser conservadas e preservadas. O documento permitiu e impulsionou a realização de pesquisas e atividades turísticas, recreativas, espeleológicas e étnico-culturais (MARQUES NETO, 2013).

No ano de 2008 a principal legislação a abordar o patrimônio cárstico e espeleológico era o Decreto Federal nº6.640/2008 (PONTES e MASSUQUETO, 2016), que prevê a prática da mineração em cavidades subterrâneas classificadas como de menor valor ambiental, deixando em aberto as definições de tais valores (MARQUES NETO, 2013). Em janeiro de 2022, o então presidente da República, Jair Bolsonaro, editou o Decreto Federal nº10.935/2022. Nele é prevista a total flexibilização da exploração em cavidades subterrâneas naturais no território brasileiro. A partir desta nova legislação, empreendimentos considerados como de “utilidade pública” poderão destruir inclusive as cavidades classificadas como de relevância máxima<sup>5</sup>. Além disso, também prevê a revisão de liminares anteriores em que foram negados os licenciamentos ambientais. Entretanto, o Supremo Tribunal Federal suspendeu a aplicação do Decreto para ser julgado, alegando que a exploração dessas áreas protegidas poderá resultar no desaparecimento não somente de paleoambientes e fósseis, como das formações ali presentes<sup>6</sup>. Sendo assim, foi determinado que se

---

<sup>4</sup> ECO, O. Dicionário Ambiental: o que é o IBAMA. Disponível em: <https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/27857-o-que-e-o-ibama/>. Acesso em: 11 nov. 2021.

<sup>5</sup> GOV.BR. Decreto Nº 10.935, DE 12 DE JANEIRO DE 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.935-de-12-de-janeiro-de-2022-373591582>. Acesso em: 26 JAN 2022.

<sup>6</sup> EXAME. STF suspende partes de decreto que permite construção em áreas de cavernas. Disponível em: <https://exame.com/brasil/stf-suspende-partes-de-decreto-que-permite-construcao-em-a>. Acesso em: 26 JAN 2022.

voltasse a valer os efeitos do Decreto anterior até o plenário do STF julgar definitivamente este novo.

Uma legislação que englobe a proteção das áreas cársticas de forma adequada se mostra extremamente necessária ao se observar mais atentamente as características peculiares que fazem esse modelo de relevo ser tão afetado por ações antrópicas. Segundo Lino (2009), o Brasil possui uma grande extensão de rocha calcária ao longo de seu território. Sua extração, de acordo com Vestena, Kobiyama e Santos (2002), é a principal atividade a causar danos em áreas cársticas. Além disto, outras atividades também ocasionam severos impactos nestas paisagens, como a criação de depósitos de dejetos e poluentes domésticos, agrícolas e industriais, o desmatamento, o turismo e incursões espeleológicas realizados de forma inadequada, e a alocação de grandes construções (VESTENA; KOBİYAMA; SANTOS, 2002; LINO, 2009).

Dentre essas, um exemplo é a construção do Aeroporto Internacional de Confins, região metropolitana de Belo Horizonte. A obra foi alvo de uma ação do Ministério Público que resultou em diversas notificações devido a infrações causadas em desrespeito a legislação ambiental, sendo necessária a realização de atividades mitigadoras para compensação ambiental. A área afetada pelo empreendimento possui grande riqueza natural e cultural. Nela podem ser encontradas pinturas rupestres, grutas e cavernas, sítios arqueológicos e animais endêmicos ameaçados de extinção<sup>7</sup>.

Entretanto, não somente de atividades voltadas para a economia são feitas as ações antrópicas em regiões cársticas. Andreychouk, Travassos e Barbosa (2010) apontam a importância das cavernas ao longo da história da humanidade; estes locais eram utilizados como refúgios e abrigos, vindo a ser percebidos como lugares “onde a vida surge pelas forças vitais da terra”. Nas paredes de diversas cavidades ao redor do mundo está eternizada a história da evolução do homem através de pinturas rupestres, tendo como exemplos nacionais as grutas de Montalvânia, Januária e da região de Lagoa Santa, em Minas Gerais; de Morro do Chapéu, na Bahia e diversas

---

<sup>7</sup> ECODEBATE. Confins: Ministério Público pede compensação ambiental pela construção do aeroporto. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2009/05/29/confins-ministerio-publico-pede-compensacao-ambiental-pela-construcao-do-aeroporto/>. Acesso em: 19 de nov 2021.

outras ao redor do Brasil (LINO, 2009). Atualmente, as cavernas despertam grande fascínio não somente por toda a história que seus interiores contam, como pela herança da crença de cavernas sagradas, onde se podia sentir a energia espiritual (ANDREYCHOUK; TRAVASSOS; BARBOSA, 2010). Existem cavernas-igreja, sendo no Brasil sua maioria católica, que atraem pessoas a esses lugares não só pela religião, mas também pela cultura (TRAVASSOS, 2010b). O turismo espeleológico movimentava a economia de diversas cidades, seja ele voltado para fins religiosos, esportivos ou aventureiros. O turismo irregular é comumente o responsável pelos danos ao patrimônio espeleológico - como pichações nas paredes das cavernas, quebra de espeleotemas, poluição com o descarte de lixo e a expulsão ou morte dos animais que ali habitam - colocando em risco tal patrimônio (LINO, 2009).

É incontestável a dicotomia apresentada entre as formas de lidar com o ambiente espeleológico no Brasil, onde as opções restringem-se a imagem da natureza intocada ou a exploração desenfreada. A maioria dos ambientalistas não acredita em nenhuma das opções acima. Levando em conta a complexidade da relação entre homem e caverna, defendem o uso sustentável das mesmas (FIGUEIREDO; RASTEIRO; RODRIGUES, 2010).

Também se faz importante destacar a forma como o ambiente cárstico está presente na legislação brasileira: limitando-se ao endocarste. Desta forma, o patrimônio cárstico está assegurado de maneira deficiente, o que o torna ainda mais vulnerável às ações antrópicas. Sendo proveniente de processos que interligam seus três domínios, ao colocar um em risco, coloca-se também todo o sistema cárstico, principalmente perante uma legislação excludente.

### **3. Metodologia**

A presente pesquisa teve seu desenvolvimento realizado em gabinete. Devido seu início ter se dado durante a pandemia da Covid-19, as primeiras fases desenvolvidas necessitaram da utilização de somente materiais encontrados em caráter virtual, sendo assim, não foi possível a utilização em forma física de anais e revistas, assim como livros disponíveis em bibliotecas.

Baseado na metodologia de Barros e Reis (2019), a presente pesquisa traçará um panorama da produção científica brasileira a respeito da geomorfologia cárstica

em um intervalo de 21 anos. Para isso, foram desenvolvidas categorias voltadas para o tema em questão.

Para se entender o panorama da produção científica concernente ao relevo cárstico no Brasil, analisaram-se os artigos publicados na Revista Brasileira de Geomorfologia (RBGeomorfologia) que estão disponíveis no sítio virtual da UGB - União da Geomorfologia Brasileira (<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg>) (Figura 09).

**Figura 9 – Sítio Virtual Revista Brasileira de Geomorfologia.**



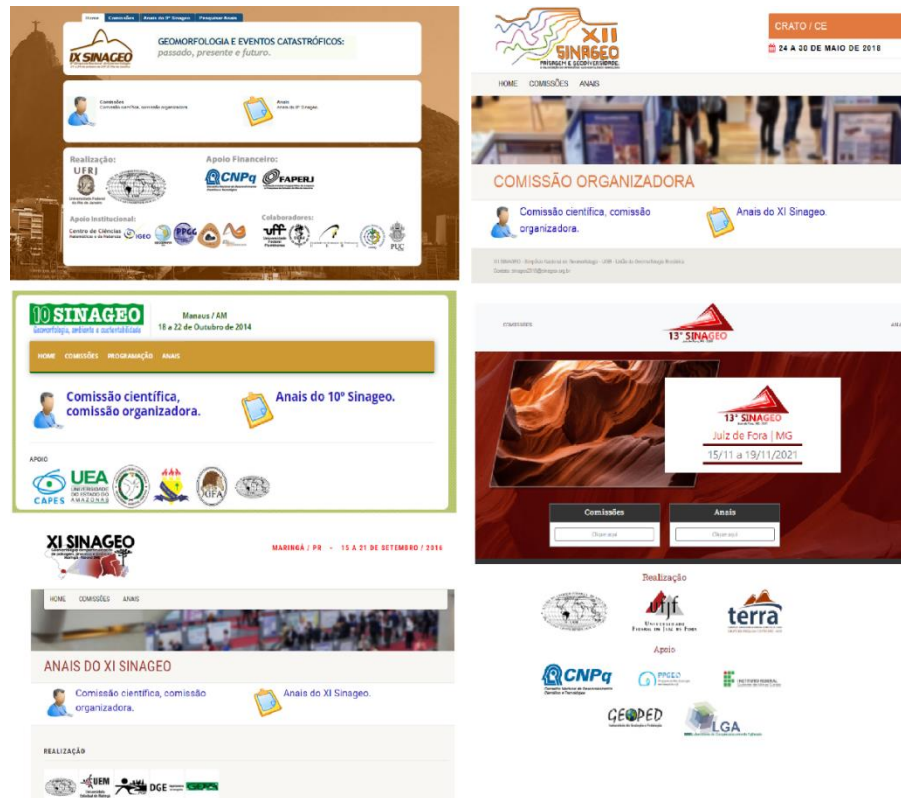
**Fonte:** <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg>

A primeira etapa constituiu no levantamento dos artigos. Para tal levantamento, primeiramente foi feita uma busca em todos os volumes, checando títulos e palavras-chaves de cada artigo disponível desde janeiro de 2000 até dezembro de 2021. Posteriormente, através da ferramenta de busca do próprio sítio virtual, foi realizada uma busca complementar, utilizando palavras-chave como carste, cárstico, cárstica, caverna e dolina. Como resultado desta primeira etapa foram encontrados vinte e três artigos sobre o tema desejado.

Foi entendido que para se analisar o modo como o carste é abordado na literatura científica brasileira seriam necessários mais artigos em análise; foi decidido, então, pela utilização de bibliografias encontradas nos anais virtuais do Simpósio Nacional de Geomorfologia (Sinageo). Neste caso, foram consultadas cinco edições,

de 2012 até 2021, onde três delas continuam eixos temáticos referentes ao relevo cárstico: Geomorfologia Cárstica; ou Geomorfologia estrutural, neotectônica e carste. Foram contabilizadas trinta e uma publicações.

**Figura 10 – Sítios Virtuais do Simpósio Nacional de Geomorfologia.**



Fonte: <https://sinageo.org.br/>

Devido à ausência de um eixo específico nas edições de 2016 e de 2021, a busca por publicações deu-se de forma distinta das demais. No caso da edição de 2016, foi recorrido à ferramenta de busca contida no próprio sítio virtual utilizando as mesmas palavras utilizadas para as publicações da Revista Brasileira de Geomorfologia. Já para os anais de 2021, cuja edição disponibilizou as publicações em formato *pdf*, através da ferramenta busca e fazendo uso das já elucidadas palavras-chave, chegou-se às publicações referentes ao tema.

Algumas informações pertinentes a respeito da forma de publicação de cada veículo escolhido devem ser elencadas. O primeiro número da RBGeomorfologia foi publicado no ano 2000. Do ano 2000 até 2002 foi lançado por ano somente um volume, assim como em 2004; de 2003 até o ano de 2010 foram publicados dois volumes por ano e em 2011 foram 3 volumes. Foi a partir do ano de 2012 que a revista



passou a publicar por ano 4 volumes, mantendo desta forma até os dias atuais. Já o Sinageo é um evento de ocorrência bianual, ou seja, sua realização é de dois em dois anos. Também vale ressaltar que para ser considerado neste trabalho, o artigo deveria discorrer a respeito do Carste. Artigos em que não se tratava geomorfologia cárstica como o tema principal da pesquisa não foram contabilizados.

Posteriormente, foi realizada a leitura de todos os artigos levantados. Uma primeira leitura foi feita para poder encontrar nos textos uma coerência interna como forma de reconhecimento. Em seguida, uma segunda leitura se fez necessária para, a partir dela, colocar os textos em diálogo com as categorias já definidas.

Com o auxílio do *software Microsoft Excel*, foi gerada uma planilha com as categorias pré-definidas, sendo elas: título do artigo; autoria; ano de publicação; instituição de vínculo do(s) autor(es); publicado pela RBG ou no Sinageo; palavras-chave; subtemas, litologia e se aborda sobre rochas carbonáticas ou não carbonáticas. A categoria palavras-chave engloba as mesmas já definidas em cada publicação selecionada. Já na categoria subtemas foram determinados doze subtemas nos quais os artigos analisados foram classificados.

Visando um melhor entendimento, os subtemas foram distribuídos em um quadro (quadro 1) contendo a interpretação de cada um.

**Quadro 1 – Relação de Subtemas e sua interpretação.**

SUBTEMA	INTERPRETAÇÃO
Revisão bibliográfica	Artigos com o objetivo de realizar um estudo teórico com o intuito de rever conceitos.
Mapeamento e compartimentação	Artigos com o objetivo de realizar o mapeamento de uma área ou que utilizaram da técnica de compartimentação geomorfológica.
Morfologia cárstica	Artigos que apresentaram definições morfológicas do relevo cárstico.
Discussão Metodológica	Artigos com o objetivo de discutir aplicações metodológicas.
Legislação	Artigos com o intuito de discutir a legislação a respeito do relevo cárstico.
Processos e dissolução em ambientes cársticos em rochas carbonáticas	Artigos que apresentam discussão sobre processos e dissoluções em rochas carbonáticas.
Processos e dissolução em ambientes cársticos em rochas não carbonáticas	Artigos que apresentam discussões sobre processos e dissolução em rochas não carbonáticas.
Exocarste	Artigos contendo feições presentes no exocarste, como dolinas, lapiás, poljes, etc.
Epicarste	Artigos contendo feições presentes no epicarste.
Endocarste	Artigos contendo feições que constituem o endocarste, como cavernas, rios subterrâneos, etc.
Falhas e fraturas em rochas carbonáticas	Artigos que abordam a existência de falhas e/ou fraturas em rochas carbonáticas.
Falhas e Fraturas e rochas não carbonáticas	Artigos que abordam a existência de falhas e/ou fraturas em rochas não carbonáticas.
Metodologia	Artigos que façam uso de SIG, softwares como <i>Microsoft Excel</i> , <i>ArcGIS</i> , <i>Qgis</i> , dentre outros; além de imagens de radar e satélites.

**Fonte:** Autoria própria (2021).

Fazendo uso novamente do *Microsoft Excel*, foram gerados três gráficos com o intuito de relacionar a quantidade de publicações de acordo com três categorias: instituições, veículo de publicação e ano. A fim de conter a relação do número de artigos sobre carste com os subtemas definidos, assim como com o número total de artigos publicados nos dois veículos analisados, foi utilizado do *Microsoft Word* para a elaboração de duas tabelas. Para a tabela de subtemas foi considerado que cada artigo conteve mais de um subtema, sendo a porcentagem de cada subtema obtida através o valor total de artigos analisados. Com as palavras-chave de cada publicação foi produzida uma nuvem de palavras com o auxílio do *software Wordle*, onde são destacadas as palavras mais recorrentes.

Com o auxílio do *software* de geoprocessamento *QGIS 3.16 Hannover*, foi elaborado o mapa de distribuição das áreas de estudo e as unidades geológicas nas

quais estão inseridas. Para se obter a localização correta de cada área citada, foi utilizado o *software google Earth*, no qual foram extraídos os pontos em formato Kml. Posteriormente, com o uso do *QGIS*, tais pontos foram transformados em *shapefiles*. Vale ressaltar que foi utilizado um ponto para cada área citada, independentemente da quantidade de vezes com que aparece ao longo das publicações contabilizadas.

#### 4. Resultados e Discussões

Como dito anteriormente, a fim de uma análise da produção científica sobre geomorfologia cárstica no Brasil, foram recolhidos artigos da Revista Brasileira de Geomorfologia (RBGeomorfologia) e dos anais do Simpósio Nacional de Geomorfologia (Sinageo). Ao todo, foram encontradas 54 publicações, sendo 23 da RBGeomorfologia e 31 do Sinageo. Com um total de 5.451 publicações, somente 0,99% destas são estudos sobre carste (tabela 1).

**Tabela 1** – Comparativo entre publicações totais e sobre Carste.

<b>Veículo de Publicação</b>	<b>Publicações</b>	<b>Publicações Sobre carste</b>	<b>% de Publicações</b>
RBGeomorfologia	590	23	3,89%
Sinageo	4861	31	0,63%
<b>Total</b>	<b>5451</b>	<b>54</b>	<b>0,99%</b>

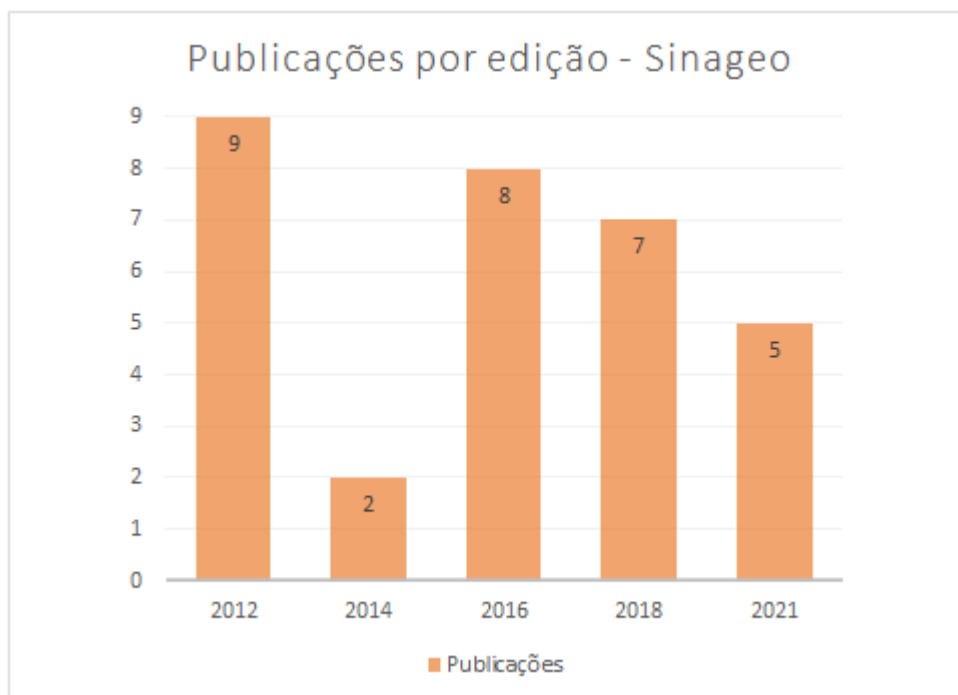
**Fonte:** Autoria própria (2022).

No intervalo de 21 anos, a RBGeomorfologia publicou 590 artigos (tabela 1). Destes, 23 tratam de Geomorfologia Cárstica, ou seja, 3,89%. Sendo ela uma revista de alta relevância internacional segundo a classificação Qualis Capes - cujo critério qualitativo dos textos inclui originalidade, relevância para a sociedade, bom nível científico e boa escrita - uma porcentagem tão baixa pode demonstrar uma escassez de estudos submetidos cujos requisitos sejam preenchidos.

Referente aos valores do Sinageo (tabela 1), observa-se que a deficiência de estudos é ainda mais ampla. De 4.681 publicações nas últimas cinco edições, somente 31 delas correspondem ao tema de interesse desta pesquisa, o que equivale a 0,63%. Algo a se levar em consideração ao se pensar a causa para um número tão baixo de publicações é a existência do Congresso Nacional de Espeleologia, que pode

se mostrar mais atrativo para estudos sobre Carste. Além disso, a quantidade de trabalhos publicados em cada ano de evento chama atenção (gráfico 1), principalmente ao se considerar a configuração dos eixos temáticos e a cidade sediadora de cada edição.

**Gráfico 1** – Número de publicações do Simpósio Nacional de Geomorfologia por edição.



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Começamos com o ano de 2012. Com o tema Geomorfologia e Eventos Catastróficos: passado, presente e futuro, o evento foi sediado na cidade do Rio de Janeiro, capital do estado homônimo. Das cinco edições analisadas, é a única na qual contém um eixo temático próprio para Geomorfologia Cárstica, totalizando nove trabalhos publicados. O estado do Rio de Janeiro tem poucas ocorrências de rochas carbonáticas, resumindo-se à região norte do estado, ademais, não há registro de rochas siliclásticas e formações ferríferas (RUBBOLI *et al.*, 2019); apesar disto, apresentou o maior número de publicações dentre os anos contabilizados. Este ocorrido pode ser explicado por sua proximidade com Minas Gerais, estado onde há maior expressividade de rochas carbonáticas, pertencentes ao Grupo Bambuí, e com São Paulo, Paraná e Santa Catarina, onde encontram-se os carbonatos do Grupo Açunguí e da Formação Irati. Também pode estar relacionado a uma maior

acessibilidade por parte de outras regiões do país, através de rodovias federais e a presença de dois aeroportos.

Já o evento de 2014 ocorreu na cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, com o tema: Geomorfologia, Ambiente e Sustentabilidade. E diferente da anterior, nesta edição foi disponibilizado um eixo único englobando Geomorfologia Estrutural, Neotectônica e Carste, o qual apresentou o menor número de publicações (dois). O número ínfimo de trabalhos pode estar relacionado tanto à escassez de registros significativos de rochas carstificáveis na região norte, com exceção do Tocantins (RUBBIOLI *et al.* 2019), quanto à distância e difícil acesso à cidade sede.

Possivelmente em decorrência ao baixo número de publicações da edição anterior, o Sinageo de 2016 não disponibilizou um eixo próprio para carste, assim como dispensou o uso de eixo compartilhado. Nesta edição o tema foi Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processos e dinâmicas, e ocorreu em Maringá, no estado do Paraná. Ao contrário do evento anterior, o número de publicações demonstra um aumento de submissões, contabilizando oito textos. Observa-se que, apesar de não estar em uma área com registro de carste, está próxima de diversas regiões com grande potencial cárstico (RUBBIOLI *et al.* 2019).

No ano de 2018 o eixo temático em conjunto com Geomorfologia Estrutural e Neotectônica está de volta, dando a entender que voltou a ser ofertado devido ao aumento de pesquisas da última edição. Desta vez, a cidade sede foi Crato, no Ceará, e Paisagem e Geodiversidade foi seu tema. O estado do Ceará encontra-se em uma área próxima à diversas localidades com registro de morfologia cárstica, como demonstrado no tópico 2.4, o que pode ser apontado como fator para o total de publicações não ter uma significativa diminuição.

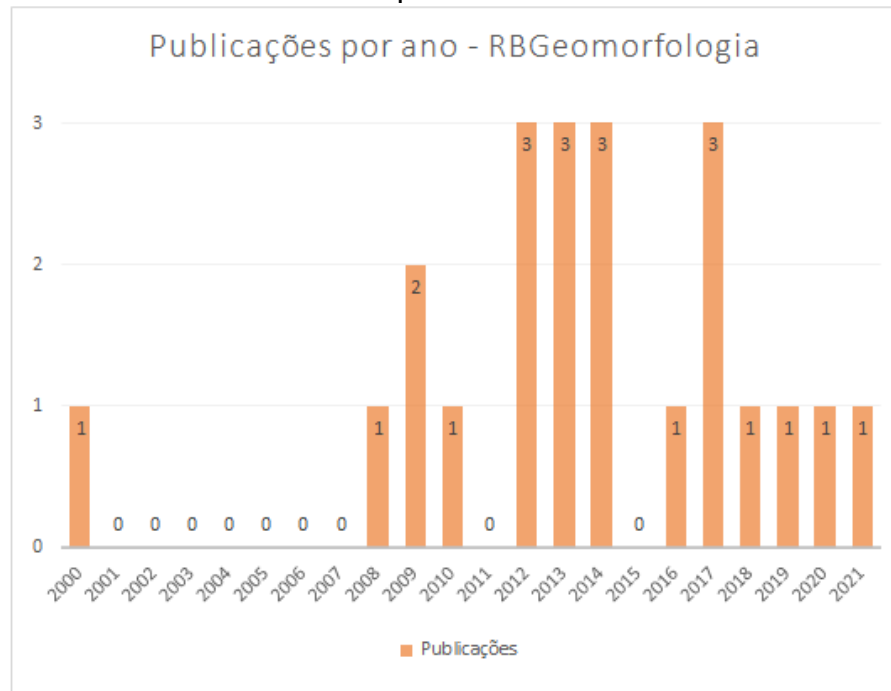
Por fim, a edição de 2021, que assim como a de 2016, não disponibilizou um eixo direcionado a pesquisas sobre carste. Apesar de ter ocorrido na cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais - um dos estados com maior potencial cárstico, e com maior número de cavidades subterrâneas encontradas em território nacional (RUBBIOLI *et al.* 2019) -, foi o evento com o segundo menor número de pesquisas submetidas, contando com seis publicações. Entretanto, esta edição do Sinageo apresenta uma peculiaridade ausente nas demais: ocorreu durante a pandemia da Covid-19.

Inicialmente marcado para acontecer em 2020, ano que começou a pandemia, foi adiado e posteriormente remarcado para 2021. Diferente dos outros eventos, teve suas atividades de forma remota, o que poderia ter resultado em um maior número de submissões. Porém, em decorrência do estado de quarentena ao qual não somente o Brasil como o mundo estava inserido, estudos de campo foram dificultados de acontecer.

Ao se tratar de forma isolada a respeito do número de pesquisas publicadas por evento, pode-se considerar tais valores como algo elevado ou abaixo dos demais, porém isto não anula a quantidade ínfima de publicações contabilizadas no Sinageo. Como apontado anteriormente, o Congresso Brasileiro de Espeleologia pode ser apontado como uma possível causa. Mais à frente será visto que o estudo do endocarste é um dos temas mais populares entre as pesquisas, o que contribuiria para esta hipótese.

Com relação a RBGeomorfologia, é possível observar um grande hiato de publicações no disposto tema (gráfico 2). O primeiro volume da revista, no ano 2000, contou com um artigo. Nos sete anos seguintes, não foram encontrados artigos que se encaixassem nos padrões estabelecidos. Curiosamente, no ano de 2008 este hiato foi rompido, ano no qual foi editado o Decreto Federal cuja prática da mineração em cavernas classificadas como de menor valor ambiental passa a ser prevista, o que pode ter despertado interesse renovado na morfologia cárstica. Apesar disto, foi publicado somente um artigo. Nos anos de 2012, 2013, 2014 e 2017 foram registrados três estudos, sendo este o valor máximo de publicações sobre carste na RBGeomorfologia no recorte temporal analisado.

**Gráfico 2** – Número de publicações da Revista Brasileira de Geomorfologia por ano.

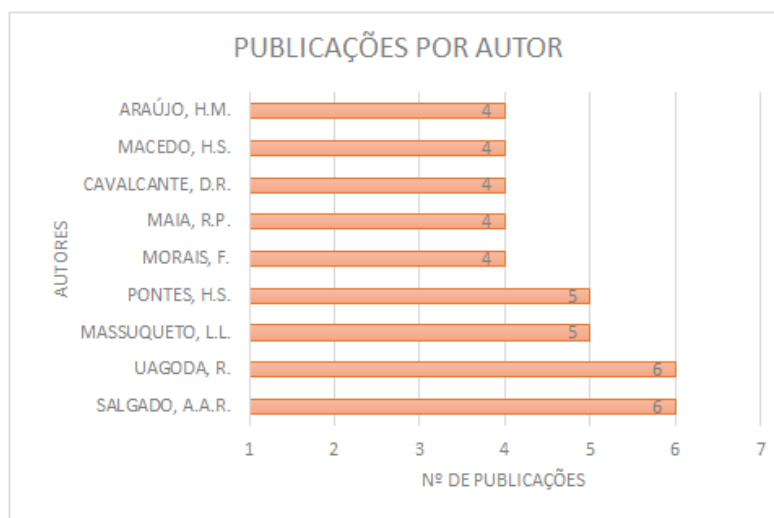


**Fonte:** Autoria própria (2022).

Assim como constatado a respeito do Sinageo, verifica-se uma diminuição nas publicações sobre carste nos últimos anos. Desde 2012 são lançados quatro volumes por ano pela Revista Brasileira de Geomorfologia. Em 2015 não houve pesquisas sobre o tema; em 2016, assim como de 2018 a 2021, foi encontrada somente uma para cada ano.

Das publicações analisadas, foram computados ao total 96 autores e coautores. Destes, 75,00% participaram de somente uma publicação, enquanto 9,37% estavam presentes em quatro ou mais (gráfico 3). Foram dois os autores com maior recorrência, com seis artigos cada um.

**Gráfico 3 – Publicações por autor com quatro ou mais trabalhos – uma mesma publicação pode contar com mais de um autor.**



**Fonte:** Autoria Própria (2022).

Com seis publicações, André Salgado é um dos autores com maior número de publicações sobre geomorfologia cárstica, sendo cinco da RBGeomorfologia e um do Sinageo. Das oito pesquisas atribuídas à UFMG (gráfico 4), seis contam com a participação de Salgado como autor vinculado à instituição.

Também com seis artigos, Rogério Uagoda aparece com vínculo em duas universidades: UFRJ e UnB. A primeira pesquisa do autor a ser computada corresponde a uma das duas vinculadas à UFRJ, tendo sido publicada na RBGeomorfologia. Os demais textos correspondem aos cinco da Universidade de Brasília (gráfico 4), sendo dois da Revista Brasileira de Geomorfologia e três do Sinageo.

Empatados com cinco publicações estão Henrique Pontes e Laís Massuqueto (gráfico 3), cujas pesquisas aqui contabilizadas foram realizadas em conjunto. Destas cinco, três têm vínculo com a UEPG, enquanto todas estão ligadas ao Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE). Ademais, duas de Pontes estão ligadas à UFPR. Todos os textos citados foram submetidos ao Sinageo.

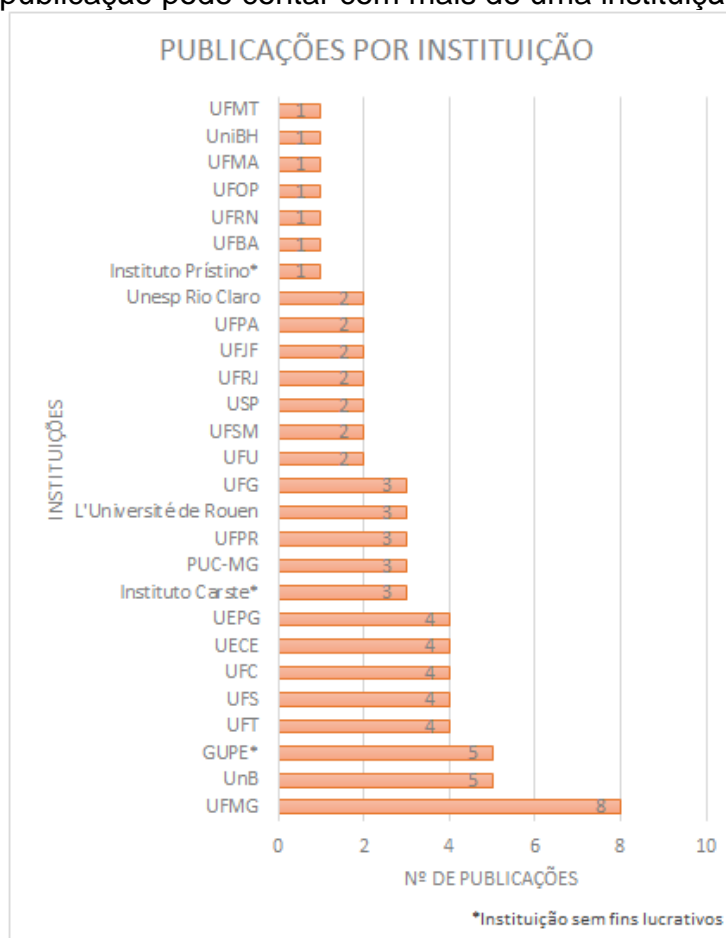
No grupo de autores com quatro publicações estão Hélio Araújo, Heleno Macedo, Cavalcante, Robson Maia e Fernando Moraes (gráfico 3). Assim como Pontes e Massuqueto, os quatro textos de Araújo e Macedo foram concebidos com participação dos dois. Sendo os autores vinculados à UFS, estiveram presentes nas



pesquisas realizadas por esta instituição, as quais foram publicadas pelo Sinageo. Já Cavalcante, representante da UECE, dos quatro trabalhos, um contou com a participação de Maia, da UFC. Todos do Sinageo. Falando de Maia, tal autor contribuiu com quatro dos cinco artigos correspondentes à federal do Ceará (gráfico 4), sendo um deles da RBGeomorfologia. Por último, com vínculo à UFT e contribuindo com todas as pesquisas contabilizadas a esta instituição, tem-se Moraes, sendo três destas retiradas dos anais do Sinageo.

Das 27 instituições de vínculo dos autores (gráfico 4), percebe-se que 81,48% são universidades públicas. Também se observa a presença de instituições sem fins lucrativos, como o Instituto do Carste, Instituto Prístino e o GUPE, e a contribuição de uma universidade estrangeira, *L'Université de Rouen*. Faz-se interessante comentar que a grande maioria das publicações analisadas contaram com a participação de um ou mais autores vinculados a universidades públicas.

**Gráfico 4** – Publicações por instituição de vínculo dos autores – uma mesma publicação pode contar com mais de uma instituição.



Fonte: Autoria própria (2022).

Com o maior número de publicações tem-se a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Situada em Belo Horizonte, está inserida no contexto litoestratigráfico do Grupo Bambuí e está há pouco mais de uma hora do Parque Estadual do Sumidouro, no qual a Gruta da Lapinha<sup>8</sup> é uma importante atração. Também próxima a capital mineira está a área cárstica de Cordisburgo, a qual apresenta feições tanto do endo quanto do exocarste (TRAVASSOS, 2010a). Além disso, segundo Rubbioli *et al.* (2019), o estado de Minas Gerais possui a maior quantidade de cavidades naturais conhecidas, seja em rochas carbonáticas ou não, somando 7.312 cavernas. Estes fatores podem exercer significativa influência nos estudos dos pesquisadores vinculados à UFMG. Ao se observar mais atentamente os assuntos tratados nos trabalhos desta instituição, percebe-se que todas as áreas de estudo estão dentro do estado de Minas Gerais, o que corrobora para com a possibilidade apontada acima. Porém, em sua maioria, os textos tratam de ambientes cársticos em rochas não carbonáticas.

Contando com cinco pesquisas estão a Universidade de Brasília (UnB) e o Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) (gráfico 4). Localizada no quadrilátero do Distrito Federal, leste de Goiás, a UnB encontra-se próxima de diversas áreas com potencial cárstico, seja em Goiás com o grupo Paranoá, ou em Minas Gerais, grupos Bambuí e Vazante. Entretanto, chama a atenção que todos os artigos publicados desta universidade levem o nome de Uagoda, o que pode demonstrar sua preferência por este tema. Além disso, percebe-se que dos cinco, quatro trabalhos referem-se a dolinas – assim como os vinculados à UFRJ, cujo nome de Uagoda também está presente, três tratam de carste em carbonatos e dois em rochas não carbonáticas. Das áreas de estudo, encontram-se pesquisas em Minas Gerais, assim como em Goiás. Quanto ao GUPE, cabe informar que é um grupo de pesquisas sem fins lucrativos, fundado em Ponta Grossa, Paraná, com o objetivo de estudar as cavernas dos Campos Gerais<sup>9</sup>. Seus trabalhos contaram com a participação da UEPG e da UFPR.

---

<sup>8</sup> CIRCUITO DAS GRUTAS. Gruta da Lapinha. Disponível em: < <https://circuitodasgrutas.com.br/gruta-da-lapinha/>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

<sup>9</sup> GUPE. Projeto de pesquisa. Disponível em: < [https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-11/projeto\\_363\\_2011.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-11/projeto_363_2011.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2022.

São cinco as instituições contabilizadas com quatro pesquisas: Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal de Sergipe (UFS) e Universidade Federal do Tocantins (UFT). A UEPG é uma universidade pública localizada na região dos Campos Gerais do Paraná, propriamente na cidade de Ponta Grossa. Seus quatro estudos abordam áreas no estado do Paraná, o que denota seu interesse voltado para os aspectos geomorfológicos do estado em questão. As ocorrências de carbonatos são poucas, contando com o Grupo Açunguí e a formação Irati. Porém, há maior expressividade de unidades litoestratigráficas com a presença de outros tipos de rocha, como as formações Botucatu e Furnas (RUBBIOLI *et al.*, 2019; PONTES *et al.*, 2022). RubBioli *et al.* (2019), destacam que o estado do Paraná possui 349 cavidades subterrâneas naturais, sendo 279 na Formação Botucatu, cujo substrato são rochas siliclásticas. Neste contexto, vale ressaltar que todas as pesquisas vinculadas à UEPG se propuseram a estudar feições endocársticas, em sua maioria, de carste não tradicional, tendo a região dos Campos Gerais como sua mais recorrente área de estudos.

Passando para as universidades do nordeste, temos a UECE, a UFC e a UFS. Tanto a UECE quanto a UFC estão localizadas na cidade de Fortaleza, norte do Ceará. Dentre as publicações da primeira percebe-se que todas tratam de aspectos cársticos ligado ao município de Tejuçuoca, cidade há aproximadamente duas horas de distância da capital cearense. Este município está inserido no contexto do Complexo Ceará (tópico 2.5), mais especificamente com rochas da Unidade Canindé (CAVALCANTE; SILVA; BASTOS, 2018). Apesar de dividir um destes estudos, a UFC se diferencia em seus trabalhos ao tratar de ambientes cársticos em variadas áreas. Dentre os quatro artigos desta instituição, dois estão inseridos na Bacia Potiguar, e um em parceria com a UFPA, no estado do Pará. Percebe-se que as escolhas de estudos convergem para regiões com carste carbonático, assim como em sua maioria, assentam-se com proximidade geográfica.

Com relação à UFS, todas as áreas de interesse encontram-se no estado do Sergipe e propõem-se a estudar as cavernas ali encontradas. Ao se lembrar a escassez de trabalhos neste estado, como foi citado no tópico 2.5, sendo áreas com poucos estudos cársticos e litoestratigráficos, é interessante a colocação que esta universidade ocupa entre as instituições aqui analisadas. A UFS estar entre as

universidades com quatro trabalhos, e todos se tratando do estado do Sergipe, pode demonstrar uma virada futura com relação aos estudos sobre os ambientes cársticos sergipanos, principalmente ao considerarmos que de seus trabalhos, três foram publicados nos anais do Sinageo 2021.

Fechando o grupo com quatro artigos, tem-se a UFT. Suas quatro áreas de estudo estão situadas no estado do Tocantins, o qual, segundo Rubbioli *et al.* (2019), tem uma grande concentração de rochas siliclásticas do centro ao norte do estado, enquanto ao sudeste aparecem unidades com rochas carbonáticas. As rochas carbonáticas pertencem ao Grupo Bambuí, enquanto as siliclásticas correspondem aos Grupos Canindé e Estrondo (RUBBIOLI *et al.*, 2019). Apesar da maior oferta de rochas siliclásticas, três dos quatro estudos se desenvolvem em áreas de carste tradicional. Além disso, dois estudam cavernas – sendo um a respeito de uma caverna em arenito – e dois abordam dolinas.

Somando três publicações cada uma estão a Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Universidade Federal de Goiás (UFG), a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC – MG), o Instituto do Carste e a *Université de Rouen*. Interessante que nesta colocação encontram-se uma universidade particular, uma universidade estrangeira e um instituto de pesquisas.

Localizado em Belo Horizonte, no estado com o maior número de cavernas do país, assim como com a maior ocorrência carbonática, o Instituto do Carste, tem como principal propósito investigar e buscar pela preservação das áreas cársticas do Brasil<sup>10</sup>. De seus três trabalhos, dois se propuseram a realizar uma revisão bibliográfica a respeito do carste não carbonático, enquanto o terceiro investiga o carste em mármore na Serra do Cipó, Minas Gerais. Destes, dois contaram com a participação da UFMG, e um com a *Université de Rouen*. Assim como o Instituto do Carste, a Université de Rouen também conta com dois artigos em parceria com a federal de Minas Gerais. E representando a universidade estrangeira, está Joël Rodet, pesquisador francês estudioso da geomorfologia cárstica, convidado por diversas universidades brasileiras a ministrar disciplinas e dar palestras, além de possuidor de

---

<sup>10</sup> INSTITUTO DO CARSTE. Missão. Disponível em: <<http://institutodocarste.org.br/site/missao/>>. Acesso em: 14 jul. 2022.

parceria desde 2011 com a UFMG<sup>11</sup>. De seus estudos, dois tratam de ambientes cársticos em terras mineiras, enquanto o terceiro, como dito anteriormente, se trata de uma revisão bibliográfica a respeito de processos de formação do carste não tradicional.

Quanto a PUC-MG, é relevante destacar a ausência de áreas de estudo em Minas Gerais, mesmo um deles contando com a presença de outra universidade belo-horizontina, o Centro Universitário de Belo Horizonte (UniBH), cuja área de estudos foi o Maciço das Agulhas Negras, no estado do Rio de Janeiro. De sua parceria com a Universidade Federal da Bahia (UFBA), resultou no único trabalho no contexto do Grupo Una aqui analisado. Algo que também merece destaque, levando em consideração que a Formação Salitre abriga um o maior ambiente cárstico sul americano (tópico 2.5). Já o terceiro artigo, uma colaboração com a Universidade de São Paulo (USP), é uma revisão bibliográfica a respeito de sedimentos clásticos e cavernas.

Da mesma forma que a UEPG e o GUPE demonstram grande interesse em estudar as áreas cársticas paranaenses, ocorre com a UFPR. Um com colaboração com a UEPG e o GUPE, e outro somente com a UEPG, o ambiente cárstico dos Campos Gerais mostrou ser o tema em destaque.

Por fim, também com três artigos, a UFG priorizou o estado de Goiás. O estudo do exocarste se faz presente de forma unânime aqui, além disso, é pertinente destacar que dois de seus trabalhos abordam tanto o carste tradicional quanto o não tradicional. O que é interessante, levando em conta a presença dos grupos Bambuí e Paranoá no estado.

As demais instituições, seja com um ou com dois artigos, juntas somam 14. Dentre elas, pode-se apontar a presença de mais cinco instituições situadas no estado de Minas Gerais: UFU e UFJF, com duas publicações cada uma, e UFOP, UniBH e Instituto Prístino, com uma. Chama a atenção que 33,33% das instituições a publicarem sobre geomorfologia cárstica na RBGeomorfologia e no Sinageo sejam mineiras. Nenhum outro estado se mostrou tão presente. A possibilidade para isto já

---

<sup>11</sup> JOËL GEORGES MARIE ANDRE RODET. Escavador. Disponível em:<<https://www.escavador.com/sobre/543220/joel-georges-marie-andre-rodet>>. Acesso em: 14 jul. 2022.

foi levantada: a grande presença de ambientes cársticos em Minas Gerais, e a existência do Simpósio Mineiro do Carste<sup>12</sup> evidência a importância desta morfologia e sua relação com o estado em questão. A federal de Ouro Preto ter somente um artigo pode-se explicar por se tratar de uma instituição sem bacharelado em geografia, com cursos voltados à mineração, como Engenharia Geológica e Engenharia de Minas, podendo marcar maior presença em veículos de publicação sobre geologia e espeleologia. Inclusive, seu único artigo aqui contabilizado trata de litoestrutura.

Apesar do grande potencial cárstico no Rio Grande do Norte, com a marcante presença do Grupo Apodi ao norte e da Formação Seridó ao sul, a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) também se encontra com somente uma publicação. Esta trata de feições cársticas em carbonatos encontradas no semiárido, o que por si só demonstra uma grande possibilidade de estudos na região. Estudos mais aproveitados pelas instituições do Ceará.

Também se faz pertinente chamar atenção para a presença de universidades conhecidas por ocuparem o topo dos *rankings* das universidades do Brasil<sup>13</sup>, como a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual Paulista (Unesp), com apenas duas publicações cada. As da UFRJ já foram inclusive abordadas aqui: estudam dolinas, em ambientes não carbonáticos em Minas Gerais, e ambas contam com a presença de Uagoda, sendo uma delas em parceria com a UnB. A USP se destaca aqui por seus dois artigos consistirem em revisões bibliográficas sobre geomorfologia cárstica, sendo um deles o primeiro a ser publicado na RBGeomorfologia (PILÓ, 2000). A Unesp também contribui com um trabalho de revisão bibliográfica, enquanto o outro se tratou de dolinas no Mato Grosso, em parceria com a UFMT, ambos se tratando de rochas não carbonáticas.

Muito foi comentado a respeito das áreas de estudo cujo interesse foi despertado nos pesquisadores vinculados às instituições acima amplamente citadas. No mapa abaixo (figura 11) é possível atentar para sua distribuição geográfica com maior

---

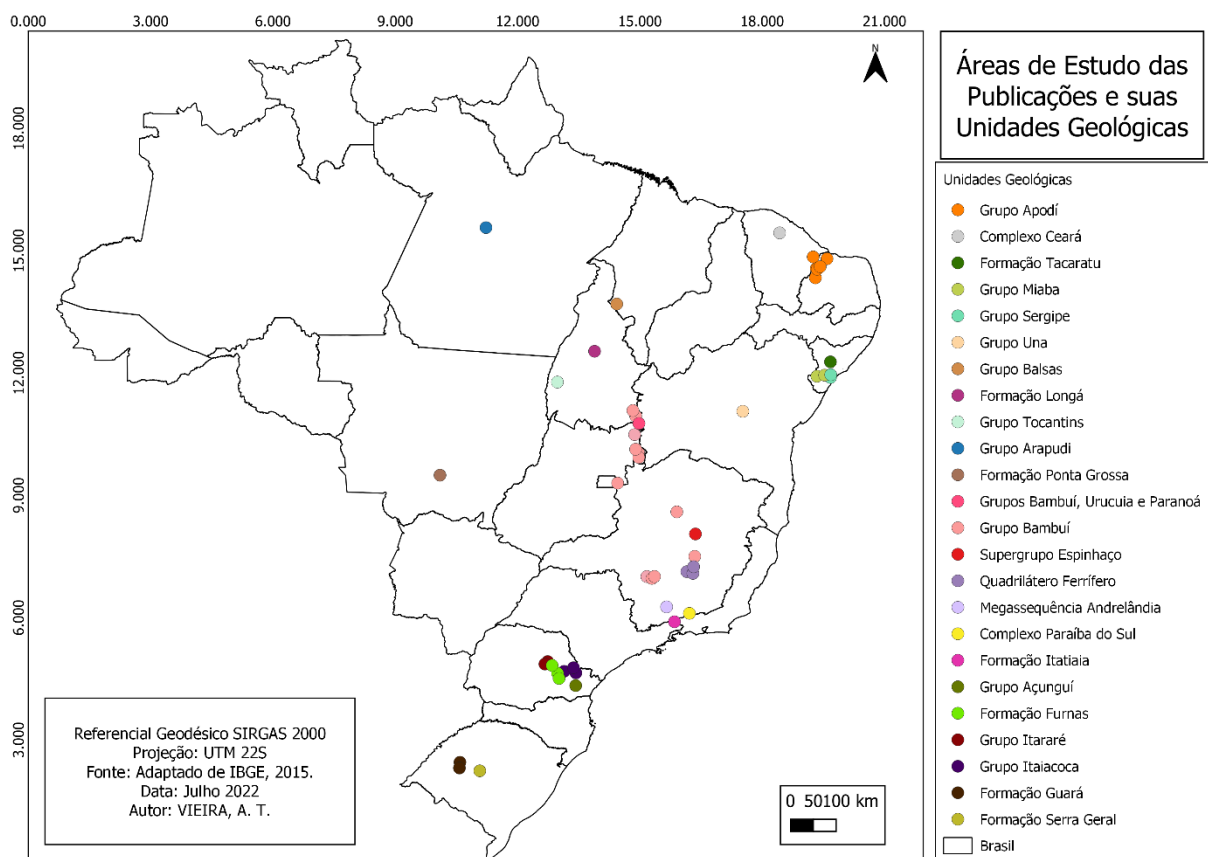
<sup>12</sup> SIMPOSIO MINEIRO DO CARSTE. O Carste em suas múltiplas dimensões. Disponível em:< <http://simposiomineirodocarste.blogspot.com>>. Acesso em: 24 jul. 2022.

<sup>13</sup> BRASIL ESCOLA. Universidades brasileiras sobrem no ranking 2023 de melhores do mundo. Disponível em:< <https://vestibular.brasilecola.uol.com.br/noticias/universidades-brasileiras-sobem-no-ranking-2023-de-melhores-do-mundo/352800.html>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

facilidade. Primeiramente percebe-se a grande frequência de áreas dispostas no Grupo Bambuí, abrangendo os estados de Minas Gerais, Goiás e Tocantins. O segundo grupo a aparecer com maior recorrência é o Apodi, no Rio Grande do Norte e no Ceará. Além dele, vale o realce de áreas tanto na região do Quadrilátero Ferrífero, quanto nos Campos Gerais no Paraná. Lembrando que neste mapa foi utilizado um ponto para cada área citada, independentemente da quantidade de vezes com que aparece ao longo das 54 publicações contabilizadas.

Ao longo dos anos, a concepção a respeito do que é carste, onde ocorre e quais seus processos, vem sofrendo alterações (tópico 2.2). Estudos investigativos continuam sendo realizados, como demonstra as doze publicações de revisão bibliográfica (tabela 2). De forma mais concreta é possível compreender isto ao identificar as unidades geológicas de cada área de estudo e sua predominância litoestratigráfica.

**Figura 11** – Distribuição das áreas de estudo das publicações e suas Unidades Geológicas.



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Segundo Sallun Filho e Karmann (2012), devido sua cobertura cratônica, o Grupo Bambuí possui a área de maior expressividade do carste brasileiro. Não surpreendentemente, foram treze as áreas de estudos nesta unidade geológica, sendo cinco em Minas Gerais, seis em Goiás e duas no Tocantins. Dentre estas, a grande maioria dos estudos discute tanto feições exocársticas quanto endocársticas, enquanto carste em rochas carbonáticas é abordado de forma unânime.

As cinco áreas em Minas Gerais consistem em: região cárstica de Arcos, Pains e Doresópolis, com duas publicações; Jequitai e Serra do Cipó, com uma cada. Comumente, ambientes cársticos carbonáticos são associados a calcários e dolomitos, inclusive isto foi ressaltado no tópico 2.1. Entretanto, por mais incomum que seja a ocorrência de carste em mármore, cuja classificação os inclui em rochas carbonáticas, Souza, Salgado e Auler (2019) se propuseram a investigar as feições existentes na borda oeste da Serra do Cipó, assim como seus processos dominantes.

Em Goiás, as áreas estudadas são: a bacia do Alto Rio Preto, Buritinópolis, Posse, São Domingos, aquífero cárstico do nordeste de Goiás e a Serra Geral de Goiás. No mapa (figura 11), o ponto representante da Serra Geral de Goiás encontra-se com uma cor diferente, isto porque nesta área de estudo há mais duas unidades geológicas, os grupos Urucuia e Paranoá. Apesar do Grupo Paranoá possuir formações com carbonatos, nesta área de estudos tanto ele quanto o Grupo Urucuia contribuem com feições cársticas em arenito, reservando ao grupo Bambuí as formas do carste tradicional (CHEREM; VARAJÃO, 2014).

De acordo com Rubbioli *et al.* (2019), somente nos últimos anos que a região de Aurora do Tocantins, uma das áreas demarcadas no mapa (figura 11), passou a receber a atenção de pesquisadores, mais especificamente espeleólogos. Sendo a exceção dos trabalhos no Grupo Bambuí, Morais (2013) se propões a estudar o endocarste da região supracitada, porém fazendo menções também ao exocarste. Isto colabora com a primeira afirmativa, pois apesar de Morais não ser espeleólogo<sup>14</sup>, escolheu cavernas como tema de seu estudo.

---

<sup>14</sup> FERNANDO DE MORAIS. Escavador. Disponível em: <<https://www.escavador.com/sobre/7168835/fernando-de-morais>>. Acesso em: 14 jul. 2022.



É evidente que o Grupo Bambuí oferece diversas fontes de interesse e de estudo. Contudo, sua recorrência coloca em destaque a falta de estudos aqui analisados cujo ambiente se dê nas regiões pertencentes ao Grupo Una, outra área com importantes ocorrências cársticas. Foi contabilizado somente um artigo, situado na Chapada Diamantina, Bahia, cujo foco foi investigar o funcionamento do aquífero cárstico e sua interação com a morfologia do relevo (SALLES *et al.*, 2018). Nele foi constatado que a evolução do relevo se deu de forma hipogênica, assim como mencionado por Auler e Smart (2003) em seus estudos sobre o carste de Campo Formoso, também na Bahia.

Apesar de já comentado, se faz pertinente abordar mais uma vez a respeito dos trabalhos no Grupo Apodi. Ocupando uma área extensa do norte do Rio Grande do Norte e um trecho do nordeste do Ceará, dentre as áreas demarcadas no mapa (figura 11), cinco foram estudadas pela UFC em dois trabalhos, incluindo os municípios potiguares de Lajedo da Soledade, Casa de Pedra de Martins, Apodi e Felipe Guerra. O quinto ponto demarcado está disposto na porção central da área de estudo delimitada pelos pesquisadores da UFRN como Bacia Potiguar. O texto de Maia *et al.* (2012) é interessante devido seu objetivo de analisar as feições cársticas de uma região com baixa pluviosidade, o que dificultaria o processo de dissolução química da rocha. Os autores, além de salientarem a possibilidade de um paleoclima, relatam que as formas cársticas seguem a direção das falhas e fraturas ali encontradas, o que sustenta a importância da existência de falhas e fraturas para o desenvolvimento do relevo cárstico.

Além dos trabalhos em regiões de rochas carbonáticas, observa-se uma quantidade interessante de áreas de estudo com foco em localidades com feições de carste não tradicional.

Percebe-se a presença de três áreas dispostas no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. No mapa estão dispostos três locais: a Serra da Gandarela, a Serra do Rola Moça e a Serra da Piedade. Segundo Pereira, Stávale e Salgado (2012), a unidade geológica mais importante da Serra do Rola Moça e da Gandarela é o Grupo Itabira, o qual se subdivide nas formações Cauê e Gandarela. A Formação Cauê é a unidade basal do grupo, sendo uma formação ferrífera com possibilidade de lentes dolomíticas; já a Formação Gandarela é composta por dolomitos (PEREIRA;

STÁVALE; SALGADO, 2012). Os autores ainda destacam que na Serra do Rola Moça a camada de canga recobre praticamente toda a superfície, enquanto na Serra da Gandarela elas sustentam grande parte da superfície de crista.

Com relação a Serra da Piedade, afloram diversos tipos de rochas, pertencentes a diversos grupos. Pereira, Rodet e Salgado (2012) ressaltam a existência de rochas do Supergrupo Rio das Velhas em seu embasamento e do Supergrupo Minas. Segundo os autores, as rochas do primeiro consistem em granito-gnaisses, xistos e filitos; e do segundo quartzitos ferruginosos da Formação Moeda; itabiritos, da Formação Cauê; filitos e xistos da Formação Sabará e filitos e quartzitos ferruginosos da Formação Cercadinho. Por fim, uma camada de canga recobre boa parte dos itabiritos da Formação Cauê (PEREIRA; RODET; SALGADO, 2012).

Os dois artigos cuja as áreas de estudo pertencem ao Quadrilátero Ferrífero procuraram investigar cavidades naturais subterrâneas ali encontradas, sendo o da Serra da Piedade cavernas em formações ferríferas bandadas e canga, e o das Serras da Gandarela e do Rola Moça em dolomito hematítico, itabirito e canga. Além disso, os dois trabalhos buscaram identificar quais foram formadas a partir do processo de dissolução da rocha.

Para Rubbioli *et al.* (2019), o interesse em estudar as cavernas em formações ferríferas aumentou a partir de 2005, em decorrência do aumento do preço do minério entre os anos de 2005 e 2012, o que resultou não somente em mais pesquisas espeleológicas, como no aumento de abertura de novas minas de minério de ferro. Com isso, novas cavernas começaram a ser cadastradas, destacam os autores, chegando a 3 mil cavernas contabilizadas até o final de 2017. Com a queda e estabilização do preço do minério, assim como o esgotamento gradual das áreas de extração, Rubbioli *et al.* (2019) acredita que o número de cavidades naturais subterrâneas em formações ferríferas tende a se estabilizar.

Ao sul do país é possível observar um aglomerado de áreas de estudo no estado do Paraná, principalmente na região dos Campos Gerais. Destas destacam-se as áreas situadas nos arenitos quartzosos da Formação Furnas, nas quais encontram-se formas tipicamente cársticas, como dolinas, cavernas verticais, espeleotemas, sumidouros, ressurgências, lapiás, caneluras, dentre outras (PONTES *et al.*, 2021).

O município de maior recorrência foi Ponta Grossa, com três pesquisas: investigando a morfoestrutura e características gerais das depressões de Furnas Gêmeas; identificando processos endocársticos e apontando os problemas decorrentes da disposição dos aterros sanitários do município e, por último, um levantamento preliminar do potencial espeleológico do Parque Nacional dos Campos Gerais - PARNA. Este também abrange áreas dos municípios de Carambeí e Castro, porém, a pesquisa não identificou cavernas em Castro (PONTES; MASSUQUETO; BARBOSA, 2012).

Demonstrando a variedade do substrato das áreas de interesse, falemos, por fim, das demarcadas no Rio Grande do Sul (figura 11). Os municípios de Nova Esperança do Sul e Santiago abrigam, respectivamente, a Gruta Subterrânea de Nossa Senhora de Fátima e a Gruta de Nossa Senhora de Fátima, ambas pertencentes a uma província arenítica-basáltica (ROBAINA; BAZZAN, 2008). Sendo duas cavidades voltadas para o uso religioso, os autores se propuseram a realizar uma descrição das grutas, além de uma proposta de gênese para suas formações. Já o município de São Martinho da Serra está disposto sobre as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Nesta pesquisa, os autores buscaram compreender os mecanismos responsáveis pelo desenvolvimento em rochas vulcânicas de feições associadas ao relevo cárstico, além de mapeá-las. Guaresch e Nummer (2012) identificaram que a maioria das feições encontradas se desenvolveram em rochas vulcânicas ácidas, cuja abundância de sílica dificulta sua intemperização. Os autores concluíram que apesar dos dados levantados indicarem que seja uma área com potencial cárstico, há necessidade de mais estudos quanto a petrografia das rochas vulcânicas, além de análises geoquímicas visando uma maior compreensão a respeito da gênese e da evolução das feições ali encontradas.

Apesar do relevo cárstico em carbonatos ser abordado com grande frequência, percebe-se que vem sendo cada vez mais aceita a ocorrência de carste em rochas não carbonáticas, abrindo-se inclusive a possibilidade para rochas vulcânicas. Na tabela de subtemas (tabela 2), pode-se verificar de forma mais concisa esta afirmação.

**Tabela 2** – Subtemas identificados nas publicações sobre Geomorfologia Cárstica analisadas – uma mesma publicação pode conter mais de um subtema.

Subtemas	Número de Ocorrências	% de Publicações
Revisão bibliográfica	12	22,2%
Mapeamento e compartimentação	12	22,2%
Morfologia cárstica	17	31,5%
Discussão metodológica	1	1,8%
Legislação	2	3,7%
Processos e dissolução em ambientes cársticos em rochas carbonáticas	21	38,9%
Processos e dissolução em ambientes cársticos em rochas não carbonáticas	27	50,0%
Exocarste	34	62,9%
Epicarste	3	5,5%
Endocarste	37	68,5%
Falhas e fraturas em rochas carbonáticas	18	33,3%
Falhas e Fraturas em rochas não carbonáticas	22	40,7%
Metodologia	41	75,9%

**Fonte:** Autoria própria (2022).

Das 54 publicações, 50,0% discutem processos e dissolução em ambientes cársticos em rochas não carbonáticas, assim como 40,7% mencionam falhas e fraturas também em rochas não carbonáticas. Os valores para as mesmas discussões em rochas carbonáticas são substancialmente menores. Além disso, percebe-se a recorrência do termo “Carste não tradicional” nas palavras-chave dos artigos analisados (figura 12). É um tema ainda em debate, cujas nuances continuam sendo estudadas, como abordado no tópico 2.2 e demonstrado através dos 22,2% de artigos cujo objetivo consiste em realizar uma revisão bibliográfica. Contudo, torna-se evidente o que vem se desenhando ao longo desta pesquisa: a cada vez maior aceitação da inclusão de rochas não carbonáticas como substrato para a ocorrência da morfologia cárstica.

O estudo do endocarste também chama atenção por sua frequente aparição, onde 37 de 54 trabalhos abordam feições do carste subterrâneo. Estudos de

exocarste não estão muito atrás em quantidade, porém se faz pertinente destacar que dos 34 textos, quatorze também fazem referência ao endocarste. Na nuvem de palavras (figura 12) é possível ver a palavra “cavernas” com o mesmo tamanho que “endocarste”, enquanto “exocarste” está somente um pouco menor. Isto demonstra a quantidade de vezes com que foi utilizada no texto escolhido para analisar, neste caso, entre as palavras-chave de cada publicação. Desde muito tempo as cavernas vêm despertando grande interesse no ser humano, sendo vistas como abrigo, lugar de nascimento e renascimento, fazendo parte da evolução da nossa espécie (ANDREYCHOUK; TRAVASSOS; BARBOSA, 2010). Talvez por serem ambientes tão diferentes do que a humanidade está acostumada, por ser imbuído de certo mistério, ou pela possibilidade de encontrar algo valioso, é indiscutível que esta é a feição cárstica que causa maior fascínio. Além disso, Travassos (2019) traz a interessante constatação de que o estudo da paisagem cárstica no Brasil começou sob a ótica da espeleologia, ciência cujo objeto de estudo são cavernas. Com isto, percebe-se a influência da espeleologia até os dias atuais.

Dentre os artigos contabilizados, 75,9% fizeram uso de *softwares* como *Microsoft Excel*, ou de SIG, como *QGis* ou *ArcGis*. Isto demonstra a necessidade de espacialização das pesquisas, principalmente no campo da Geografia. Entretanto, não necessariamente um trabalho geográfico precisa ser espacializado, como os de revisão bibliográfica.

Entre os menores índices, estão os trabalhos de discussão metodológica e legislação. Ademais, identifica-se entre as palavras-chave a maior frequência na utilização de “processos”, “evolução” e “feições”; em contrapartida, se fez pouco uso da palavra “extração”. Estas escolhas podem indicar uma Geomorfologia cujas prioridades vem sendo conhecer e entender os processos de formação do relevo cárstico e suas feições, em detrimento a uma Geomorfologia que busca se posicionar em contraposição à exploração de ambientes cársticos. Pouco se falando sobre sua vulnerabilidade tanto física quanto perante a legislação vigente.



estado com significativas ocorrências de feições cársticas, além da existência do Simpósio Mineiro do Carste. Com isto, percebe-se a importante relação existente entre o estado em questão e o relevo cárstico ali contido. Já a presença da UnB, considera-se a influência de Uagoda em seus textos, devido seu histórico como pesquisador de ambientes cársticos. Além disso, a pouca contribuição numérica de trabalhos de instituições conhecidas por sua excelência em pesquisa foi interessante constatar. Destaca-se a USP por contar com dois trabalhos de revisão bibliográfica.

Originalmente, o relevo cárstico foi associado a rochas consideradas solúveis, ou seja, rochas carbonáticas. Dos trabalhos tratando do carste tradicional, um número significativo está situado no Grupo Bambuí. Afinal, nele encontram-se feições cársticas com bom desenvolvimento, o que oferece interessantes áreas para estudo, seja do exocarste ou do endocarste. Contudo, percebe-se tanto através das palavras-chave utilizadas, quanto dos subtemas identificados, a recorrência com que carste em rochas não carbonáticas vem aumentando.

Sendo uma área da geomorfologia cuja discussão a respeito de seus processos e produtos continua em andamento, a geomorfologia cárstica pode ser considerada de difícil pesquisa, resultando no seu descarte como área de interesse. Entretanto, por mais desafiador que possa ser, observa-se uma cada vez maior aceitação da ocorrência de carste em diferentes litotipos, assim como um grande interesse em contribuir para a discussão através de pesquisas de revisão bibliográfica.

Ao longo deste trabalho foi apresentado o que é o relevo cárstico e qual sua origem primariamente aceita, além de suas contradições vinculadas aos termos adotados e a relação com os processos de sua formação. Nas análises, foi demonstrado como os estudos contabilizados se relacionam com estas discussões, demonstrando o caminho seguido pela comunidade científica brasileira. Em decorrência, pode-se dizer que a constatada prioridade da geomorfologia por entender e conhecer as feições cársticas e seus processos, em detrimento a buscar se posicionar em oposição à exploração de seus ambientes, se dá pela necessidade evidente de se chegar a um entendimento comum do que é o relevo cárstico e como ele é formado. Por fim, chama-se a atenção para que além destas importantes discussões epistemológicas urge a necessidade de uma pesquisa geomorfológica aplicada, para se contrapor aos retrocessos recentes que a legislação ambiental vem

assistindo. Visto que regiões cársticas possuem um relevante patrimônio geológico e geomorfológico e são consideradas ambientalmente sensíveis e vulneráveis, necessitam de um planejamento de uso e proteção ambiental que façam um contraponto com a visão puramente economicista e mercadológica de exploração de recursos minerais.



## Referências

ALMEIDA, C. B. A.; MACHADO, A.; PASSOS, L. H. EVIDÊNCIAS DE MINGLING NA UNIDADE GENTILEZA, DOMÍNIO CANINDÉ, FAIXA DE DOBRAMENTOS SERGIPANA. **Revista Geociências Unesp**, São Paulo, v. 39, n.4, p. 885-901, 2020.

ANDRADE L.S. **Fácies e estratigrafia da parte superior da Formação Pedra de Fogo, Permiano da Bacia do Parnaíba, Região de Filadélfia - TO**. MS Dissertation, Universidade Federal do Pará, Belém, 87 p. 2012.

ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y.; EZHOV, Y.; LYSENIN, G. **Karst in the Earth's Crust: its distribution and principal types**. Poland: university of Silesia/ Ukrainian Academy of Sciences/ Tavrichesky Nacional University-Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, 2009.

ANDREYCHOUK, V.; TRAVASSOS, L. E. P.; BARBOSA, E. P. As cavernas como objetos do turismo religioso em diferentes crenças religiosas: alguns exemplos mundiais. In: TIMO, M. B.; RODRIGUES, B. D. (Org.). **Diferentes olhares sobre o carste e as cavernas: coletânea de trabalhos**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2017.

BAGGIO, H; RODRIGUES, F. C; TRINDADE, E. M. Morfologia Cárstica do Maciço Quartzítico da Gruta do Salitre, Diamantina–MG. **Caminhos de Geografia**, v.13, n. 43, 2012.

BARBOSA, É. N.; CORDOBA, V. C.; SOUSA, D. do C. Evolução estratigráfica da Sequência Neocarbonífera-Eotriássica da Bacia do Parnaíba, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 46, n. 2, p. 181-198, jun. 2016.

BARROS, L. F. P.; REIS, R. A. P. A produção científica em geomorfologia fluvial na Revista Brasileira de Geomorfologia: panorama bibliográfico, tendências e lacunas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 673-680, jul. 2019. Bimestral. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/www.ugb.org.br/rbg.v20i3.1553>. Acesso em: 10 mar. 2021.

BRAGA, L., ROSA E SOUSA, C., MÔNICO, T. e UAGODA, R. Controle de vazão em rios e cavernas de um sistema cárstico não carbonático: bacia hidrográfica do ribeirão Santana/MG. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro**, 9, Anais, v.1, 2012.

BORGES, S. V. F. **Calcretes pedogênicos ao longo de sistema de fraturas e acamamentos em carbonatos neoproterozoicos da Bacia de Irecê, Estado da Bahia**. Tese (Doutorado). Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2016.

BORGES, S. V. F.; BALSAMO, F.; VIEIRA, M. M.; IACUMIM, P.; SRIVASTAVA, N. K.; STORTI, F.; BEZERRA, F. H. R. Pedogenic calcretes within fracture systems and beddings in Neoproterozoic limestones of the Irecê Basin, northeastern Brazil. **Sedimentary Geology**, 341: 119-133. 2016.

CAMPOS, J.E.G, DARDENNE, M.A., FREITAS-SILVA, F.H., MARTINS-FERREIRA, M.A.C. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. *Revista Brasileira de Geociências* 43, 461–476, 2013.

CARVALHO, B. P. **Mapeamento geológico-estrutural de uma porção da unidade independência do complexo Ceará localizada no distrito de São José dos Guerra, no município de Lagoa do Mato - CE.** Monografia (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017

CARVALHO JUNIOR, O. A. *et al.* Ambientes Cársticos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

CARVALHO, I. S.; MELO, J. H. G. Bacias Interiores do Nordeste. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Orgs.). **Geologia do Brasil.** São Paulo: Beca, 2012. p. 502-513.

CASSETI, V. **Geomorfologia.** [S.l.]: 2005.

CAVALCANTE, D.R.; BASTOS, F.H. Patrimônio Geomorfológico do Parque Ecológico Furna dos Ossos – CE. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processo e dinâmica**, 11, Anais, v. 1, 2016. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2016/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CAVALCANTE, D.R.; BASTOS, F.H. Formas Cársticas no Semiárido Cearense: O Caso do Município de Tejuçuoca. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processo e dinâmica**, 11, Anais, v. 1, 2016. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2016/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CAVALCANTE, D.R.; SILVA, I.B.; BASTOS, F.H. Geologia e Geomorfologia do Município De Tejuçuoca, Estado Do Ceará. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Paisagem e Geodiversidade: a valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro**, 12, Anais, v. 1, 2018. Disponível em:< <https://www.sinageo.org.br/2018/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CAZARIN, C. L. **Tectônica, controle estratigráfico e circulação de fluidos na formação do carste hipogênico - Bacia de Irecê, Cráton São Francisco.** Tese (Doutorado) – Curso de Geologia, Geologia, Universidade de Brasília. Brasília. 2021.

CHEREM, L.F.S.; VARAJÃO, C.A.C. O papel da lito-estrutura do carste na morfodinâmica cenozóica da Serra Geral de Goiás (GO/TO/BA): aproximações iniciais. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: geomorfologia, ambiente e sustentabilidade**, 10, Anais, v. 1, 2014. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2014/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CODATO, A. Uma história política da transição brasileira: da ditadura militar à democracia. **Revista de Sociologia e Política**, Curitiba, n. 25, p. 83-106, nov. 2005.

COLLARES, G. **Perfil estratigráfico da Formação Irati nas jazidas de Santa Terezinha, Chico-lomã e Morungava no estado do Rio Grande do Sul – avaliação**

**preliminar do potencial de gás de folhelho na região.** Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. 2015.

CORDEIRO, B. M. **Planalto carbonático do André Lopes (SP): geomorfologia cárstica e geoespeleologia da Gruta da Tapagem (Cavernado Diabo).** Dissertação (Mestrado). São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 2013.

COSTA, M. S. **A SEDIMENTAÇÃO NEOPROTEROZÓICA NA BACIA DO ITAJAÍ, LESTE DE SANTA CATARINA: PALEOAMBIENTES, COMPOSIÇÃO E DIAGÊNESE DE ARENITOS.** 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil - texto, mapas & SIG.** BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Ed.) Brasília: CPRM, 2003.

CRUZ, J.B.; BENTO, D. M.; BEZERRA, F. H. R.; FREITAS, J. I.; CAMPOS, U. P., SANTOS, D. J. Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v. 01, p. 01-24, 2010.

CRUZ, E. M. A. **Análise estratigráfica da sequência siluriana da Bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil.** 2016. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

CUNHA, J. A. O. **Evolução estratigráfica da sucessão drifte regressiva da Bacia Potiguar (NE do Brasil).** 2018. 121f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

DANTAS, R. B. Análise de Feições da Paisagem Cárstica na Área de Proteção Ambiental de São Desidério-BA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 3, p. 848-858, 2018.

DARDENNE, M.A., FREITAS-SILVA, F.H., SOUZA, J.C.F., CAMPOS, J.E.G. Evolução tectono-sedimentar do Grupo Vazante no contexto da Faixa de Dobramentos Brasília. In: **Congresso Brasileiro Geologia**, 40, Anais, p. 113-122. 1998.

DARDENNE, M.A. The Brasília Fold Belt. In U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (eds.). **Tectonic Evolution of South America.** Rio de Janeiro, 31st International Geological Congress, p. 231–263, 2000.

DIAS, J. A região cárstica de Bonito, MS: uma proposta de zoneamento geoecológico a partir de unidades de paisagem. **Ciência Geográfica.** Bauru: [s.n.], n. 1, jan./abr. 2000.

DUARTE, R. H. Por um pensamento ambiental histórico: o caso do Brasil. **Luso-Brazilian Review**, v.41, n.2, p.144-62, 2005.

EGYDIO-SILVA, M.; TROMPETTE, R.; KARMANN, I.; UHLEIN, A. A tectônica do Grupo Rio Pardo no contexto cinemático do Cráton do São Francisco. In: **SBG, II Simpósio do Cráton do São Francisco.** Salvador, SBG/SGM, Anais, p. 249-251. 1993.

FABRI, F. P., AUGUSTIN, C. H. R. R., AULER, A. S. Relevo cárstico em rochas siliclásticas: uma revisão com base na literatura. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 3, 339–351, 2014.

FAMBRINI, G.L.; NEUMANN, V.H.M.L.; BARROS, C.L.; GALM, P.C.; AGOSTINHO, S.M.; ARAÚJO J.T.; MENESES-FILHO, J.A.B. Análise estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. **Geologia USP, Série Científica**, vol. 13, n.4, pp. 3-28. 2013.

FARIA, K. M. S.; SOARES NETO, G. B. GEOTURISMO COMO ESTRATÉGIA PARA CONSERVAÇÃO DA GEODIVERSIDADE NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NASCENTES DO RIO VERMELHO (GO). **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 101-111, dez. 2019. ISSN 1982-5528. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/582>>. Acesso em: 26 jan. 2022. doi: <https://doi.org/10.22411/rede2019.1301.09>.

FÉ, M. M. M. **EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA IBIAPABA SETENTRIONAL, CEARÁ: GÊNESE, MODELAGEM E CONSERVAÇÃO**. 2015. 309 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FERREIRA, C., UAGODA, R. Mapeamento de dolinas: desafios e possibilidades do uso de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 21 (3) 549-570, 2020.

FIGUEIREDO, L. A. V.; RASTEIRO, M. A.; RODRIGUES, P. C.. Legislação para a proteção do Patrimônio Espeleológico Brasileiro: mudanças, conflitos e o papel da Sociedade Civil. SBE – Campinas, SP | **Espeleo-Tema**. v. 21, n. 1, p. 49-65. 2010.

FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. **Karst Hydrogeology and Geomorphology**. Wiley: Chichester, 2007.

FREIRE, L. M. *et al.* Carste em Rochas Não Carbonáticas: contribuição ao estudo geomorfológico em cavernas de arenito da Amazônia Paraense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 06, p. 1829-1845, out. 2017. Bimestral.

FREIRE, L.M.; LIMA, J.S. Província Espeleológica Altamira-Itaituba, Estado Do Pará: Um Exemplo De Carste Em Rochas Não Carbonáticas. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro**, 9, Anais, v.1, 2012. Disponível em:<<http://www.sinageo.org.br/2012/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

FREIRE, L.M.; VERÍSSIMO, C.U.V.; SILVA, E.V. Estudo de cavernas em rochas não carbonáticas da Amazônia: contribuição da análise geoecológica sobre a geomorfologia cárstica da Província Espeleológica Altamira - Itaituba (Pará). In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: geomorfologia, ambiente e sustentabilidade**, 10, Anais, v. 1, 2014. Disponível em:<<http://www.sinageo.org.br/2014/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

GAMS, J. The Polje: the problem of definition. Z. **Geomorphol.**, v.55, p. 170-181, 1978.

GUARESCHI, V.; NUMMER, A. Feições De Carste Em Rochas Vulcânicas No Município De São Martinho Da Serra - Rs. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia:**

**Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro**, 9, Anais, v.1, 2012. Disponível em: < <http://www.sinageo.org.br/2012/anais.html> >. Acesso em: 20 fev. 2021.

GONÇALVES, F. A. A.; RODET, J. G. M. A.; JUNIOR, A. P. M. Carste suspenso e geomorfologia de longo termo. A região cárstica dos currais de pedras, Jequitaiá–MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 2, 2017.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para Entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

HARDT, R. **Aspectos da morfologia cárstica da Serra do Calcário – Cocalinho – MT**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Organização do Espaço) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2004.

HARDT, R. **Da carstificação em arenitos. Aproximação com o suporte de geotecnologias**. Tese (Doutorado). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2011.

HARDT, R.; RODET, J. O primocarste. Um novo paradigma de carstificação e sua importância no carste não carbonático. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro**, 9, Anais, v.1, 2012. Disponível em: < <http://www.sinageo.org.br/2012/anais.html> >. Acesso em: 20 fev. 2021.

HARDT, R.; RODET, J.; FERREIRA PINTO, S. A. O carste: Produto de uma evolução ou processo? Evolução de um conceito. **Revista de Geografia (Recife)**, Volume Especial, p.100- 111, 2010.

HARDT, R.; RODET, J.; PINTO, S.A.F.; WILLEMS, L. Exemplos Brasileiros de Carste em Arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaqueri (SP). **Espeleo-Tema**, v.20, n.1/2, p.07-23. 2009.

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

HARDT, R. Carste em Arenito: considerações gerais. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia**. Januária: SBE, 2003, 163-167.

HASUI, Y. Sistema Orogênico Borborema. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Orgs.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 254-288.

HASUI, Y. Sistema Orogênico Tocantins. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Orgs.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p.289-325.

HUILLCA, C. A. L. **Estudo experimental do comportamento geomecânico do travertino**. 2014. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Cap. 2.

KARMANN I. **Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto Vale do Rio Ribeira de Iguape, sudeste do estado de São Paulo.** Tese (Doutorado). São Paulo: Inst. Geoc. USP. 241p, 1994.

KARMANN, I.; SANCHEZ, L. E. Speleological provinces in Brazil. In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY**, 9, 1986, Barcelona. Anais. Barcelona: UIS, 1986.

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L.E. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. **Espeleo-tema**, v. 13, p. 105-167, 1979.

KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C. Types of karst and evolution of hydrogeologic Settings. In: KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C.; PALMER, A. N.; DREYBRODT, W. (Ed.) **Speleogenesis: Evolution of karst aquifers**. Huntsville: National Speleological Society, 2000.

KOHLER, H.C. Geomorfologia cárstica. In: CUNHA, S.B. da; GUERRA, A J.T. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. cap. 7, p.309-334.

KUHN, C. E. S.; PIRES, R. R.; REIS, F. A. G. V.; CORRÊAS, C. V. S. SUSCETIBILIDADE AO COLAPSO DE DOLINAS CÂRSTICAS EM ROCHAS SILICICLÁSTICAS NO MUNICÍPIO DE CHAPADA DO GUIMARÃES (MT, BRASIL). **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 22, n. 2, 2021.

LAUREANO, F. V.; KARMANN, I. Sedimentos clásticos em sistemas de cavernas e suas contribuições em estudos geomorfológicos: uma revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 1, p. 23-33, 2013. (DOI: 2050/rbg.v14i1.306).

LEITE, P. F. Fragmentos históricos Radam/RadamBrasil. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Org.). **Desbravar, conhecer, mapear: memórias do Projeto Radam / RadamBrasil / IBGE**, Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

LIMA, G.M., ROSA, L.E., ZANCOPÉ, M.H.C. e CHEREM, L.F.S. Densidade De Drenagem Das Bacias Hidrográficas Associadas Aos Poljes Do Carste Do Parque Estadual De Terra Ronca (Peter) – (Go): Resultados. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Paisagem e Geodiversidade: a valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro**, 12, Anais, v. 1, 2018. Disponível em:< <https://www.sinageo.org.br/2018/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

LIMA, P. S. **PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA E POTENCIAL GEOTURÍSTICO DO CARSTE DE NATIVIDADE E CHAPADA DA NATIVIDADE, SUDESTE DO TOCANTINS**. 2021. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Geografia, Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2021.

LINO, C. F. **Cavernas: o fascismo Brasil subterrâneo = caves: the fascination of underground Brazil**. – 2ª ed. Rev. e atualizada. – São Paulo: Gaia, 2009.

MACEDO, H. S.; ARAÚJO, H. M.; LIMA, L. P. Carste em Litologias Não Carbonáticas na Região do Domo de Itabaiana-Sergipe. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia**:

**complexidade e interesclaridade da paisagem**, 13, Anais, v. 1, 2021. Disponível em:< <https://sinageo.org.br/2020/anais/>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MACEDO, H. S.; ARAÚJO, H. M.; LIMA, L. P. Cavernas de Sergipe: Uma Nova Delimitação e Caracterização em Áreas do Carste Tradicional. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: complexidade e interesclaridade da paisagem**, 13, Anais, v. 1, 2021. Disponível em:< <https://sinageo.org.br/2020/anais/>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MACEDO, H. S.; ARAÚJO, H. M.; LIMA, L. P. Carste Não-Traducional no Território do Alto Sertão Sergipano - Brasil. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: complexidade e interesclaridade da paisagem**, 13, Anais, v. 1, 2021. Disponível em:< <https://sinageo.org.br/2020/anais/>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MACEDO, H. S.; ARAÚJO, H. M.; DONATO, C. R.; BEZERRA, G. S.; CARVALHO, I. S. M. Considerações Sobre o Ambiente Cárstico em Sergipe. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro**, 9, Anais, v.1, 2012. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2012/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MAIA, R. P.; SOUSA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R.; XAVIER NETO, P.; LIMA, E. N. M.; SILVA, C. C. N.; SANTOS, R. D. A importância do controle tectônico para a formação da paisagem cárstica na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 431-456, 2012.

MASSUQUETO, L.L., PONTES, H.S. e MOREIRA, J.C. Considerações sobre a geomorfologia cárstica na região de Pinheiro Seco, Municípios de Castro, Doutor Ulysses e Cerro Azul - Paraná. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro**, 9, Anais, v.1, 2012.

MARQUES, C.S.S.; Uhlein, A.; Oliveira, G.D.; Uhlein, G.J.; Sial, A.N.& Alvarenga, C.J.S. Geologia e quimioestratigrafiaisotópica do Grupo Vazante em Lagamar (MG). **Revista Geonomos**, 23(1): 26-41, 2015.

MARQUES NETO, R. O FENÔMENO CÁRSTICO EM SÃO THOMÉ DAS LETRAS (MG) E A MINERAÇÃO: EVOLUÇÃO E DEGRADAÇÃO DE CAVERNAS EM QUARTZITO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 4, 2013.

MARTÍNEZ, M. I. **Estratigrafia e tectônica do Grupo Bambuí no norte do estado de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. IGC/UFMG. Belo Horizonte, MG. 2017.

MARTINS, F. P.; SALGADO, A. A. R.; BARRETO, H. N. Morfogênese da Chapada das Mesas (Maranhão-Tocantins): paisagem cárstica e poligenética. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.18, n.3, p.623-635, 2017.

MARTINS, F., SALGADO, A., BARRETO, H. e LIMOEIRO, B. Chapada Das Mesas, Uma Paisagem Paleocárstica? In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processo e dinâmica**, 11, Anais, v. 1, 2016. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2016/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MARTINS, T.I.S.; PEDROSA, A.S. Considerações a Respeito do Ecomuseu como Forma de Conservação da Geodiversidade e Diversidade Cultural: Estudo de Caso na Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, Minas Gerais. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processo e dinâmica**, 11, Anais, v. 1, 2016. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2016/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MARTINS, T. I. S.; RODRIGUES, S. C. Compartimentação geomorfológica da Folha Piumhi, região do alto São Francisco, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 145-162, 2016.

MILANI, E.J. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (Orgs), **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, Beca, p. 265-279. 2004.

MORAIS, F. Caracterização geomorfológica da região de Aurora do Tocantins, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 14, nº 2, p. 163-170. 2013.

MORAIS, F. O Papel Das Feições Cársticas Na Dinâmica Geomorfológica De Lagoa Da Confusão - Tocantins. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Paisagem e Geodiversidade: a valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro**, 12, Anais, v. 1, 2018. Disponível em:< <https://www.sinageo.org.br/2018/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MORAIS, F.; PEREIRA, G.C.; LIMA, P.S.; COSTA, H.G. Geomorfologia e Geofísica Aplicadas ao Estudo da Espeleogênese da Caverna da Fumaça, Miracema do Tocantins, TO. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processo e dinâmica**, 11, Anais, v. 1, 2016. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2016/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021

MOURA, P.E.F., ALVES, R.H.C., CAPISTRANO, F.R.B. e MAIA, R.P. Caracterização Geral Do Carste Em Felipe Guerra-RN. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processo e dinâmica**, 11, Anais, v. 1, 2016. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2016/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

MOURA, P.E.F.; FERRO, I.M; LIMA, T.R.S.L.; MAIA, R.P. As Paisagens Cársticas do Lajedo de Soledade, Apodi-RN, Casa de Pedra de Martins-RN e Vertente Ocidental da Bacia Potiguar Quixeré-CE: Indicadores de Degradação. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processo e dinâmica**, 11, Anais, v. 1, 2016. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2016/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

NASCIMENTO, P.; MORAIS F. Análise morfométrica em Ipucas em carste encoberto na Depressão do Médio Araguaia, estado do Tocantins. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro**, 9, Anais, v.1: p. 1-6, 2012.



NASCIMENTO, E.R.; REIS NETO, J.M.; REBELO, A.M.A. Aplicação do índice de concentração da rugosidade do relevo no entendimento do nível de exposição dos sistemas cársticos ocorrentes na região norte do município de Curitiba, PR. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 11(2): 61-68. 2010.

PEDREIRA, A.J. Evolução sedimentar e tectônica da Bacia do Rio Pardo. **Revista Brasileira de Geociências**, 29:339-344. 1999.

PEREIRA M. C.; RODET, J. G. M. A.; SALGADO A. A. R. Aspectos genéticos e morfológicos das cavidades naturais da Serra da Piedade, Quadrilátero Ferrífero/MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n.4, p.465-476, 2012.

PEREIRA, M. C., STÁVALE, Y. O.; SALGADO, A. A. R. Estudo da gênese das cavidades e depressões em minério de ferro – Quadrilátero Ferrífero/MG: Serras do Rola Moça e do Gandarela. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 13(3): 245-253, 2012.

PILÓ, L. B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 88-102, jan. 2000. Bimestral.

PILÓ, L. B.; AULER, A. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. **Congresso Brasileiro de Espeleologia**, 30, Montes Claros. Anais. Montes Claros: SBE, p.181-186, 2009.

PINHEIRO, R.V.L.; MAURITY, C.W. PEREIRA, E. Cavernas em arenito da Província Espeleológica Altamira Itaituba: dados espeleogenéticos com base no exemplo da Gruta das Mãos (PA), Amazônia, Brasil. **Espeleo-Tema**. v.26, n.1, Campinas: SBE, 2015. p.5-18.

PONTES, H. S. **Patrimônio geológico cárstico em rochas areníticas e políticas públicas de geoconservação, com base em estudo de caso do município de Ponta Grossa (PR)**. 2019. 260 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia Ambiental, Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

PONTES, H.S.; MASSUQUETO, L.L. Riscos Eminentemente Ao Patrimônio Cárstico Não Carbonático Dos Campos Gerais Do Paraná: Conflitos Na Conceituação, Lacunas Na Legislação Ou Negligência? In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Paisagem e Geodiversidade: a valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro**, 12, Anais, v. 1, 2018. Disponível em:< <https://www.sinageo.org.br/2018/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

PONTES, H.S.; MASSUQUETO, L.L.; BARBOSA, T.A. Levantamento preliminar do potencial espeleológico do carste não carbonático do Parque Nacional dos Campos Gerais (Paraná). In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro**, 9, Anais, v.1, 2012. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2012/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

PONTES, H.S.; MASSUQUETO, L.L.; FLÜGEL FILHO, J.C.; BARBOSA, T.A. Mapeamento morfoestrutural e características gerais das Furnas Gêmeas, Município de Ponta Grossa, Campos Gerais do Paraná. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e**

futuro, 9, Anais, v.1, 2012. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2012/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

PONTES, H.S.; PINTO, M.L.C.; MELO, M.S; MASSUQUETO, L.L. Análise das Depressões do Terreno como Forma de Identificação de Processos Endocársticos na Formação Furnas e os Problemas da Localização dos Aterros Sanitários em Ponta Grossa (PR). In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processo e dinâmica**, 11, Anais, v. 1, 2016. Disponível em:< <http://www.sinageo.org.br/2016/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

PÔSSAS, I.B.; CHEREM, L.F.S. Diferenças Morfológicas Do Exocarste Da Borda Noroeste Do Grupo Bambuí E Suas Relações Com A Morfodinâmica Regional Do Vão Do Paranã (Go): Resultados Preliminares. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Paisagem e Geodiversidade: a valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro**, 12, Anais, v. 1, 2018. Disponível em:< <https://www.sinageo.org.br/2018/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

ROBAINA, L. E. de S.; BAZZAN, T. Feições cársticas em rochas siliciclásticas no oeste do Rio Grande do Sul. **Revista brasileira de Geomorfologia**, a. 9, n. 8, p. 53 – 64, 2008.

RUBBIOLI, E.; AULER, Augusto; MENIN, D.; BRANDI, R. **Cavernas**: atlas do brasil subterrâneo. Brasília: ICMBio, 2019.

RODET, J., MACHADO, M. M. M., AZEVEDO R. Ú., CAMPELLO, M. **Diversidade do carste mineiro e seu valor patrimonial**. 2010.

ROCHA, H.S., CAVALCANTE, D.R., MAIA, R. E HOLANDA, F. Elementos Da Geodiversidade Da Furna Dos Ossos, Tejuçuoca - Ceará. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Paisagem e Geodiversidade: a valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro**, 12, Anais, v. 1, 2018. Disponível em:< <https://www.sinageo.org.br/2018/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

SALES A. M. F. 2005. **Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil**: significado estratigráfico e paleoambiental. São Paulo, 2005. (Tese de doutorado, USP-IGC), 131 p.

SALLES, L. Q.; BASTOS LEAL, L. R.; PEREIRA, R. G. F. de A.; LAUREANO, F. V. & Gonçalves, T. dos S. Influência dos Aspectos Hidrogeológicos de Aquíferos Cársticos na Evolução do Relevo: Porção Central da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, p. 94-106, 2018.

SANTANA, A. V. A. (2011). **Estratigrafia, Sedimentologia e proveniência das unidades superiores do Grupo Vazante na região da Fazenda Gafundes, Paracatu, MG**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 160p.

SANTOS, R. M. O.; RODRIGUES, A. G.; DAL' BÓ, P. F. Caracterização Petrográfica dos Calcários Ornamentais da Formação Caatinga (BA). **ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (UFRJ. IMPRESSO)**, v. 43, p. 139-149, 2020.

SANTOS, T. C.; PIMENTEL, M. M.; NEVES, B. B. BRITO. Proveniência de Sedimentos Detríticos da Porção Nordeste do Grupo Una/Bambuí, Chapada Diamantina-BA: Dados U-Pb SHRIMP. In: **XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica**. 2011. p. 1263-1266.

SALLUN FILHO, W; KARMANN, I. Províncias Cársticas e Cavernas no Brasil. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Orgs.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 629-641.

SCHRAGE, T. J.; NORONHA, E.; UAGODA, R. Considerações iniciais sobre a distribuição de dolinas e sua relação com a hidrografia, relevo e litologia na bacia do alto rio Preto, Goiás. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.101-106, 2014.

SCHRAGE, T. J., UAGODA, R. E. S. Distribuição espacial de depressões na bacia do alto Rio Preto (GO, DF, MG) e suas relações com controles geológicos e pedogeomorfológicos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 18(2),379–395, 2017.

SCHRAGE, T. E UAGODA, R. Investigação dos Controles Litológicos e Pedológicos de uma Dolina com o Uso de Métodos Geofísicos. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Paisagem e Geodiversidade: a valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro**, 12, Anais, v. 1, 2018. Disponível em:< <https://www.sinageo.org.br/2018/anais.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

SCHROEDER, G. S. **Análise Tectônica da Bacia do Itajaí**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2006.

Secretaria do Planejamento (Seplan). Superintendência de Planejamento e Gestão Central de Políticas Públicas (SPL). Diretoria de Zoneamento Ecológico Econômico (DZE). Companhia de Mineração do Tocantins (Mineratins). Diretoria Técnica-Administrativa. **Catálogo de Rochas Ornamentais do Estado do Tocantins**. Org. por Ubiraci dos Reis Freitas. Palmas: Seplan/Mineratins, 2008.

Silva, F.J.L.T.; Ribeiro, K.V.; Aquino, C.M.S. Panorama da Produção Geomorfológica no Âmbito do Simpósio Nacional de Geomorfologia. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia: Compartimentação de Paisagens, Processos e Dinâmica**. Maringá: Eduem, 2016. v. XI. p. 1-7.

SILVA JÚNIOR, J. R. S. **Estudo GPR de rochas carbonáticas fraturadas e carstificadas da Formação Salitre no município de Morro do Chapéu/BA**. 2021. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

SILVA, V. A. F. **ARCABOUÇO MAGNÉTICO-ESTRUTURAL E CARACTERIZAÇÃO GAMAESPECTROMÉTRICA DA REGIÃO DE BRUSQUE, ESTADO DE SANTA CATARINA**. 2016. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SOUZA, F. C. R. de *et al.* Caracterização de depressões fechadas no vão do Paranã, a oeste da Serra Geral de Goiás. **Geografia Ensino e Pesquisa**, Santa Maria, v. 22, p. 1-8, 2018. Anual.

SOUZA, F.; SALGADO, A. A. R. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO DE OCORRÊNCIA DE CAVIDADES EM QUARTZITO NA REGIÃO SUDESTE DE DIAMANTINA/MG. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, V. 15, N. 4, 2014. (<https://doi.org/10.20502/rbg.v15i4.510>)

SOUZA-SILVA, M. & FERREIRA, R.L. Caracterização Ecológica de algumas cavernas do Parque Nacional de Ubajara (Ceará) com considerações sobre o turismo nestas cavidades. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 9(1):59-71. 2009.

SOUZA, T. A. R.; SALGADO, A. A. R.; AULER, A. S. O carste em mármore na borda oeste da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil, **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 20, p. 53-68, 2019.

SUGUIO, K.; BARCELOS, J.H.; MATSUI, E. Significados paleoclimáticos e paleoambientais das rochas calcárias da Formação Caatinga (BA) e do Grupo Bauru (MG/SP). In **Congresso Brasileiro de Geologia**, 31, Balneário Camboriú/SC, SBG. *Anais*, 1: 607-617. 1980.

TALIM H.C., BUENO G.T. Análise das Feições Cársticas Desenvolvidas no Maciço das Agulhas Negras - Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 15(3):327-338, 2014.

TAVARES, A. S., UAGODA, R. Avaliação de Parâmetros de Qualidade de Água Superficial e Subterrânea em Aquífero Cárstico no Cerrado Brasileiro. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: complexidade e interesclaridade da paisagem**, 13, Anais, v. 1, 2021. Disponível em: < <https://sinageo.org.br/2020/anais/>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

TRAVASSOS, L. E. P. **A importância cultural do carste e das cavernas**. Belo Horizonte, MG: Tese (Doutorado em Tratamento da Informação Espacial) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2010b.

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

TRAVASSOS, L. E. P. **PRINCÍPIOS DE CARSTOLOGIA E GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA**. Brasília: Editora labs, 2019. 246 p.

TRAVASSOS, L. E. P.; GUIMARÃES, R. L. & VARELA, I. D. Áreas Cársticas, Cavernas e a Estrada Real. **Pesquisa em Turismo e Paisagens Cársticas**, 1(2): 107-120, 2008.

TRAVASSOS, L.E.P. Carstologia e a pesquisa científica. **Revista Territorium Terram** 2, São João Del Rei. 2-14. 2014.

VESTENA, L. R.; KOBAYAMA, M.; SANTOS, L. J. C. Considerações Sobre Gestão Ambiental em Áreas Carste. **RA' EGA (UFPR)**, v. 4, n. 6, p. 81-94, 2002.

VIANA, A. M. G. **Aspectos Mineralógicos e Geoquímicos do Tipo Crosta em Cavernas Ferríferas/ Lateríticas de Serra Norte, Carajás, Pará**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia Exploratória, Geologia, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2016.

VIEIRA, A. T; SANTOS, G. B. Panorama da Produção Científica Sobre Geomorfologia Cárstica no Brasil. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia: complexidade e interesalaridade da paisagem**, 13, Anais, v. 1, 2021. Disponível em:< <https://sinageo.org.br/2020/anais/>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

VIOLA, E. O movimento ecológico no Brasil (1974-1986): do ambientalismo à ecopolítica. In: PÁDUA, J. A. (Org.) **Ecologia & política no Brasil**. Rio de Janeiro: IUPERJ, Espaço & Tempo, 1987. p.63-110.

WHITE, W. B. **Geomorphology and hydrology of karst terrains**. New York: Oxford University Press, 1988.

XAVIER, F.V.; RIBAS, R.D.; BRAZ, A.M. Avaliação de impactos socioambientais na Gruta da Lapinha, Lagoa Santa/MG e seu entorno pela atividade turística. **Geografia (Londrina)**. v.26. n.1. p.19–33, 2017.

UAGODA, R.; COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. S. Morfologia de depressões fechadas em domínio cárstico-quartzítico na bacia do Ribeirão Santana/MG: datações absolutas iniciais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. 10, 2009, 91-98.

UHLEIN, G.J., CARVALHO, J.F.M.G., UHLEIN, A., CAXITO, F.A., HALVERSON, G.P., SIAL, A.N. Estratigrafia e sedimentologia da Formação Carrancas, Grupo Bambuí, nas regiões de Belo Horizonte e Pitangui, MG. **Geonomos** 20 (2), 79–97. 2012a.

UHLEIN, A., FONSECA, M.A., SERR, H.J., DARDENNE, M.A. Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília – setores setentrional e meridional. **Revista Geonomos** 20, n.2: 1-14, 2012b.

## APÊNDICE A – Quadro das Áreas de Estudo.

**Quadro 1 – Áreas de estudo das publicações analisadas e suas unidades correspondentes.**

Localidades	Unidades geológicas	
Apodi - RN	Grupo Apodi	
Lajedo da Soledade - RN		
Felipe Guerra - RN		
Casa de Pedra de Martins - RN		
Bacia Potiguar		
Quixeré - CE		
Tejuçuoca - CE	Complexo Ceará	
Alto Sertão Sergipano	Formação Tacaratu	
Divina Pastora - SE	Grupo Sergipe	
Laranjeiras - SE		
Itabaiana - SE	Grupo Miaba	
Simão Dias - SE		
Chapada Diamantina - BA	Grupo Una	
Chapada das Mesas - TO/MA	Grupo Balsas	
Miracema do Tocantins - TO	Formação Longá	
Lagoa da Confusão - TO	Grupo Tocantins	
Província Altamira-Itaituba - PA	Grupo Arupadi	
município de Chapada dos Guimarães - MT	Formação Ponta Grossa	
Serra Geral de Goiás - GO	Grupos Bambuí, Uruçuia e Paranoá	
Aurora do Tocantins - TO		
Taguatinga - TO	Grupo Bambuí	
São Domingos - GO		
Posse - GO		
Buritinópolis - GO		
Nordeste de Goiás - GO		
Bacia do Alto Rio Preto - GO		
Jequitai - MG		
Serra do Cipó - MG		
Doresópolis -MG		
Arcos - MG		
Pains - MG		
São Tomé das Letras - MG		Megassequência Andrelândia
Rio Preto - MG		Complexo Paraíba do Sul
Serra da Gandarela - MG	Quadrilátero Ferrífero	
Serra do Rola Moça - MG		
Serra da Piedade - MG		
Diamantina - MG	Supergrupo Espinhaço	
Itatiaia - RJ	Formação Itatiaia	
Doutor Ulysses - PR	Grupo Itaiacoca	
Cerro Azul - PR		
Castro - PR		
Carambéi - PR	Formação Furnas	
Ponta Grossa - PR		
Tibagi - PR		
Telêmaco Borba - PR		
Imbaú - PR	Grupo Itararé	
Curitiba - PR	Grupo Açunguí	
Santiago - RS	Formação Guatá	
Nova Esperança do Sul - RS		
São Martinho da Serra - RS	Formação Serra Geral	

**Fonte:** Autoria própria (2022).