

**CARSTE EM ROCHAS CARBONÁTICAS E NÃO CARBONÁTICAS:
CONTRIBUIÇÕES NA INVESTIGAÇÃO DAS MÚLTIPLAS FORMAS
ESCULTURADAS EM TERRITÓRIO BRASILEIRO**

Renata Jordan **HENRIQUES**

Mestranda em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

renatajhques@gmail.com

RESUMO: O território brasileiro possui variabilidade de formas esculturadas, sobretudo, em subsuperfície que podem ter sua gênese associada a processos de dissolução geoquímica juntamente à hidrodinâmica e condicionantes litoestruturais. O carste mais conhecido é formado sobre rochas sedimentares carbonáticas, bem como compreendem os maiores desenvolvimentos de condutos. As demais litologias compreendem feições que possam estar mais relacionadas à porosidade secundária das rochas, que também é definido como carste em rochas não carbonáticas. Sem se ater às definições conceituais do carste, este trabalho objetiva mostrar a contribuição para o meio técnico e científico de se investigar as múltiplas cavidades formadas no país, cujas dimensões espaciais podem variar. Para isso, utiliza-se de dados sobre o registro de cavidades, revisão em literatura de seus principais fundamentos e expedições em campo. A contribuição deste trabalho é mostrar como a investigação dessas feições favorecem tanto a compreensão evolutiva de dado ambiente, quanto o conhecimento sobre a maneira de serem geridos os recursos naturais à sociedade.

Palavras-chave: Denudação. Espeleologia. Recursos naturais. Geomorfologia.

KARST IN CARBONATE AND NON-CARBONATE ROCKS: CONTRIBUTIONS IN THE INVESTIGATION OF MULTIPLE SCULPTED FORMS IN BRAZILIAN TERRITORY

ABSTRACT: The Brazilian territory has a variability sculptured features, especially in the subsurface, that may have their genesis associated to geochemistry dissolution processes together with hydrodynamics and lithostructural conditions. The best known karst is formed on carbonate sedimentary rocks and comprise the major developments of conduits. The other lithologies comprise forms that may be more related to the secondary porosity of the rocks, also defined as karst in non-carbonate rocks. Without entering to the concept of karst definitions, this paper aims to show the contribution to the scientific and technical to be investigating the multiple cavities formed in the country, whose spatial dimensions can vary. For it makes use the data registration of cavities, literature review and its main fundamentals and expeditions in the field. The contribution of this work is to show how the investigation of these forms favor both evolutionary understanding an environment, and the knowledge on how to be managed natural resources to society.

Keyword: Denudation. Speleology. Natural resources. Geomorphology.

KARST EN LAS ROCAS CARBONATADAS Y NO-CARBONATADAS: CONTRIBUCIONES EN LA INVESTIGACIÓN DE MÚLTIPLES FORMAS ESCULPIDAS EN TERRITORIO BRASILEÑO

RESUMEN: El territorio brasileño tiene una variabilidad de formas esculpidas, especialmente en el subsuelo, que pueden tener su origen asociado a los procesos de disolución geoquímica, junto con la hidrodinámica y condiciones lithostructural. El karst más conocido se forma en rocas sedimentarias carbonatadas y comprenden las principales desarrollos de conductos. Las otras litologías comprenden las formas que pueden estar más relacionadas con la porosidad secundaria de las rocas, también definido como karst en rocas que no son carbonatos. Sin entrar al concepto de definiciones karst, el presente trabajo tiene como objetivo mostrar la contribución a los medios técnicos y científicos a estar investigando las múltiples cavidades formadas en el país, cuyas dimensiones espaciales pueden variar. Para ello, hace uso del registro de datos de cavidades, revisión de la literatura y sus principales fundamentos y expediciones en el campo. La contribución de este trabajo es mostrar cómo la investigación de estas formas favorece tanto la comprensión de la evolución de un entorno, y el conocimiento sobre la forma de gestionar los recursos naturales para la sociedad.

Palabras-clave: Denudación . Espeleología. Recursos naturales. Geomorfología.

INTRODUÇÃO

O território brasileiro é um país de dimensões continentais, sendo considerados 8.515.767,049 km² de área (IBGE, 2016) e compreende uma extensa porção crustal da Plataforma Sul-Americana (SHOBBENHAUS, 1984). Neste contexto, o país revela um mosaico de arcabouços geológicos, formações superficiais e variadas formas de relevo esculpturadas.

Dada a variabilidade geológica, climática e de coberturas superficiais que integram o território brasileiro, este pode revelar também um mosaico de formas esculpturadas que tenham forte contribuição de processos geoquímicos associados à hidrodinâmica. Notadamente essas formas, também definidas como cavidades, cavernas, grutas, lapas, entre outras terminologias, são comumente associadas ao contexto do sistema cárstico. Neste trabalho é utilizado o termo cavidade, considerado como qualquer feição que possui desenvolvimento, sobretudo, subterrâneo, no qual o homem não necessariamente possa se adentrar (CECAV, 2014).

De acordo com Piló (2000) o sistema cárstico corresponde a um tipo de sistema físico associado a um conjunto de processos que favorecem transformações geoquímicas de rochas, sobretudo, carbonáticas como calcários e dolomitos. Desse modo, condicionam um modelado do relevo com particularidades inerentes à sua manifestação espacial. Todavia, também há uma variabilidade de arcabouços geológicos integrados por rochas ígneas, metamórficas e sedimentares que também podem condicionar o modelado do relevo e a formação de cavidades (MORAIS e ROCHA, 2011; STÁVALE, 2012; VASCONCELOS, 2014; SOUZA, 2014). A esses estudos comumente é chamado por carste em rochas não carbonáticas, isto é, as transformações geoquímicas podem se manifestar de tal maneira que a depender do contexto espacial, bem como outros fatores como descontinuidades crustais, pode ter forte contribuição na esculpturação das formas e suas feições de cavidade.

É neste contexto que este trabalho objetiva indicar a potencialidade das investigações das diversas cavidades distribuídas no país e o quão diverso podem ser seus fatores condicionantes. A definição de carste, por vezes, pode restringir as pesquisas a um determinado ambiente geológico, para isso, verifica-se em literatura clássica e contemporânea uma breve perspectiva sobre as origens fundantes do conceito carste, sua evolução histórica conceitual e como progressivamente cresce os estudos da geoquímica associada à hidrodinâmica nos mais variados contextos espaciais que formam o território brasileiro.

A partir dos arquivos disponibilizados pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV, 2014) associados ao mapa de potencialidade de cavidades de Jansen *et al.* (2012) é elaborado um mapa sobre a distribuição espacial de cavidades no país.

A partir da verificação das principais cavidades registradas em território brasileiro, são apontadas as principais particularidades de sua esculturação. Por fim, sugerem-se, também, as principais potencialidades de serem investigadas feições de cavidades modeladas nos mais variados contextos espaciais do país.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho são verificadas as principais cavidades registradas em território brasileiro. Os dados, por sua vez, foram extraídos dos arquivos disponibilizados pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV, 2014) e pelo mapa de potencial de formação de cavidades no Brasil de Jansen *et al.* (2012). Por meio do *software* ArcGIS 10.1 (ESRI, 2009) se distribui espacialmente as cavidades catalogadas em território brasileiro.

Há a discussão na literatura sobre o conceito do que seja o carste, isto é, um conjunto de formas esculturadas por processos geoquímicos associados à hidrodinâmica. Bem como se é necessário representar um sistema complexo de interações superficiais e/ou subsuperficiais, fato este que geralmente ocorre em maiores proporções no carste em rochas carbonáticas.

Neste contexto, é realizada a consulta a acervos em literatura clássica e contemporânea como maneira de apontar as principais direções quanto ao que seja definido como carste. Direções estas que para este trabalho são como uma contextualização histórica de sua definição conceitual, no qual é subsídio para a principal objetivação deste estudo, isto é, mostrar as potencialidades de serem investigadas quaisquer esculturação de cavidades sem se atrelar às discussões do que seja o carste.

As cavidades apresentadas neste trabalho são o compilado de consultas em literatura, trabalhos em campo realizados em expedições de congressos científicos e por observações *in situ* de própria autoria.

As expedições em campo realizadas por meio de congresso científico ocorreram em Minas Gerais nas seguintes formações: (i) Gruta da Piedade, em Caeté, formada em arcabouço litológico composto por itabirito e formações ferríferas bandadas; (ii) Gruta da Morena e Gruta de Maquiné, em Cordisburgo, ambas inseridas em um extenso maciço

formado por rochas carbonáticas; e (iii) Gruta Kiwa, inserida no município de Ouro Preto e modelada em quartzitos.

Essas expedições foram concretizadas durante o 6º e 7º Encontro Mineiro de Espeleologia realizado em Belo Horizonte (2012) e Ouro Preto (2014), e pelo Encontro Nacional de Geógrafos, em Belo Horizonte (2012).

As demais cavidades modeladas em arenito, mármore, granito, por exemplo, são apresentadas de acordo com bibliografia de estudos publicados como periódicos, dissertações e teses.

CARSTE E SUA EVOLUÇÃO HISTÓRICA CONCEITUAL

Notadamente os primeiros estudos sobre a maneira como o relevo é esculpado por meio da geoquímica se finda desde meados do final do século XIX. Jovan Cvijic, considerado pai da Geomorfologia Cárstica e Hidrogeologia, nasceu em 1865 na aldeia de Loznica ao oeste da Sérvia (FORD, 2007). Foi geógrafo e geólogo de seu tempo e doutor pela Escola de Viena cujo tutor foi o Professor Albrecht Penck (FORD, 2007). Desde sua graduação, conforme Ford (2007), Cvijic esteve inserido no contexto de exploração de formas de relevo decorrentes de processos de dissolução geoquímica.

Das Karstphänomen, sua principal contribuição publicada em 1893 em alemão, foi escrita a partir de investigações na região de krš ou Kras que, em tradução literal, significa “terreno pedregoso” conforme Kranjc (2006). *Karst*, por sua vez, é uma palavra germanizada de Kras adaptada pela descrição massiva de formas de relevos pela equipe de Cvijic que possuía quase majoritariamente nacionalidade germânica (KRANJC, 2006). Pela contínua utilização do termo *Karst*, Ford (2007) menciona que este foi incorporado posteriormente por diversos autores como Davis em 1901, Katzer em 1909 e Herak em 1972. Sendo Carste uma tradução para o português.

Kras, por sua vez, corresponde a um planalto modelado em litologia calcária situado no noroeste da Cordilheira dos Alpes Dináricos, na Eslovênia (KRANJC, 2006). Essa cordilheira representa um dos relevos mais movimentados do continente europeu e sua geologia é composta por rochas sedimentares e metassedimentares datadas do Mesozoico (CELET, 1977).

O estudo de formas características do processo de carstificação no planalto de Kras, em particular, é reconhecido na literatura como carste clássico, para os demais contextos atribui-se como carste tradicional (TRAVASSOS e VARELA, 2008). O conceito de carste

atribuído por Cvijic (1960) citado por Hardt *et al.* (2010) é posto conforme sua compreensão do sistema em sua área de estudo, isto é, a combinação entre elevada solubilidade dos componentes minerais por meio de oferta hídrica, permeabilidade secundária (descontinuidades crustais) associada a rochas calcárias ou compostas por alguma proporção de carbonato de cálcio.

A evolução do termo carste durante a história, conforme Hardt *et al.* (2010), pode ser categorizada em três principais seguimentos: (i) levantamento de feições superficiais por pesquisadores alemães entre o final do século XIX a meados do século XX; (ii) incrementos de investigações no contexto da Segunda Guerra Mundial motivado por reconhecimentos territoriais e, (iii) difusão de estudos de ambientes no âmbito da análise geomorfológica em contexto global.

Em razão de suas origens fundantes, o carste foi por um longo período considerado como um sistema desenvolvido essencialmente em rochas carbonáticas, ou seja, formadas por calcários e dolomitos. Vasconcelos (2014) recapitula uma variabilidade de autores que abordaram o carste e como conclusão, o designa como sistema que se desenvolve sob qualquer litologia associada a condicionantes como tectônica, clima, hidrologia e vegetação. Nesse sistema a relação entre processos geoquímicos e hidrodinâmicos são fatores essenciais para a ocorrência ou não do carste em uma dada temporalidade e contexto espacial.

Apesar deste trabalho não objetivar definir o quanto o carste se restrinja a um sistema atrelado ao arcabouço geológico integrado por rochas carbonáticas ou se também são considerados contextos não carbonáticos, recapitular suas definições é essencial, visto que as maiores contribuições são de origem de rochas carbonáticas.

A evolução histórica conceitual de Hardt *et al.* (2010) mostra a gama de estudos relacionados à formação de cavidades em áreas compostas por rochas sedimentares. Cherem *et al.* (2012) é um autor que aponta que a denudação geoquímica desempenha um papel importante na morfogênese das formas de relevo, sendo que a compreensão da dinâmica global de evolução geomorfológica de um dado contexto ambiental perpassa por investigações quanto à gênese de feições em subsuperfície.

A variabilidade de cavidades existentes em território brasileiro possui um elevado potencial de estudos, sendo que não é preciso necessariamente enquadrar tais feições como carste.

GEOMORFOLOGIA: BREVES CONSIDERAÇÕES

Geomorfologia é uma linha científica que tem como objetivo a análise e compreensão dos mais variados modelados de relevo quanto à sua gênese, processos e formas. Faz parte dessa ciência a discussão acerca de concepções teórico/conceituais de diversos fatores endógenos e exógenos envolvidos na esculturação das formas sob as diferentes escalas espaciais e temporais (BARROS, 2013).

Na análise da esculturação das formas de relevo, de acordo com Valadão *apud* Barros (2013), variados fatores são relacionados, dentre eles: (i) recorte e dimensão espacial; (ii) escala temporal; (iii) materiais (rocha e materiais inconsolidados em superfície) e (iv) processos geomorfológicos.

Cavidades, também chamadas de cavernas, são feições que compõem uma dada espacialidade na superfície, logo, reflete sua importância para a análise de sua gênese e evolução. Cvijic em sua principal obra publicada em 1893 - *Das Karstphänomem* - estava imerso no contexto que William Morris Davis preconizava. Isto é, Davis em *The Geographical Cicle* (1899) imprime um caráter cíclico à evolução da paisagem. O relevo, para o autor, passa por uma sucessão de estágios evolutivos - juventude, maturidade, senilidade - que culminam em um estado final de equilíbrio. A essa superfície foi designado o termo peneplano onde seu ciclo evolutivo é, então, reiniciado a partir de pulsos tectônicos de soerguimento que resultam em novas sucessões de ciclos erosivos (DAVIS, 1899).

Inevitavelmente Cvijic foi influenciado por essa concepção e se debruçou à busca pela compreensão de um modelo cíclico evolutivo aplicado ao contexto de Kras na Eslovênia (FORD, 2007). Penteado (1983), Valadão (1998), Christofolletti (1999) e Barros (2013), por sua vez, mostram que a evolução geomorfológica de uma área, sobretudo, de longo-termo ocorre de forma complexa. Os fatores envolvidos que promovem a esculturação e evolução de uma dada paisagem variam consideravelmente no tempo/espazo/escala de análise em um contexto histórico-evolutivo poligenético (BARROS, 2013).

Essa perspectiva acíclica e aleatória das transformações do relevo na superfície pode ser atribuída na investigação quanto à morfogênese e morfodinâmica tidas como responsáveis pela esculturação de cavidades modeladas nos mais variados contextos espaciais. Cada cavidade reflete especificidades e seus estudos devem ser conduzidos conforme processos e recorrências inerentes de cada contexto geomorfológico em que estejam localizadas.

FEIÇÕES CÁRSTICAS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO

A esculturação de formas promove o desenvolvimento de fascinantes paisagens nos mais variados arcabouços litoestruturais. Cavidades são formas mais expressivamente desenvolvidas em rochas carbonáticas em virtude da elevada velocidade de reações químicas do carbonato de cálcio ao entrar em contato com as moléculas de água (SILVA, 1995). É em contexto de rochas carbonáticas que há maior variabilidade de feições subsuperficiais (endocarste) nas mais variadas escalas de grandeza que resulta, também, em paisagens únicas e peculiares.

Para além das rochas carbonáticas, são diversas as tipologias litológicas que podem originar cavidades, desse modo, conforme Figura 1 observa-se que o território brasileiro possui diversas feições desenvolvidas nas mais variadas composições litológicas de origem sedimentar, ígnea ou metamórfica.

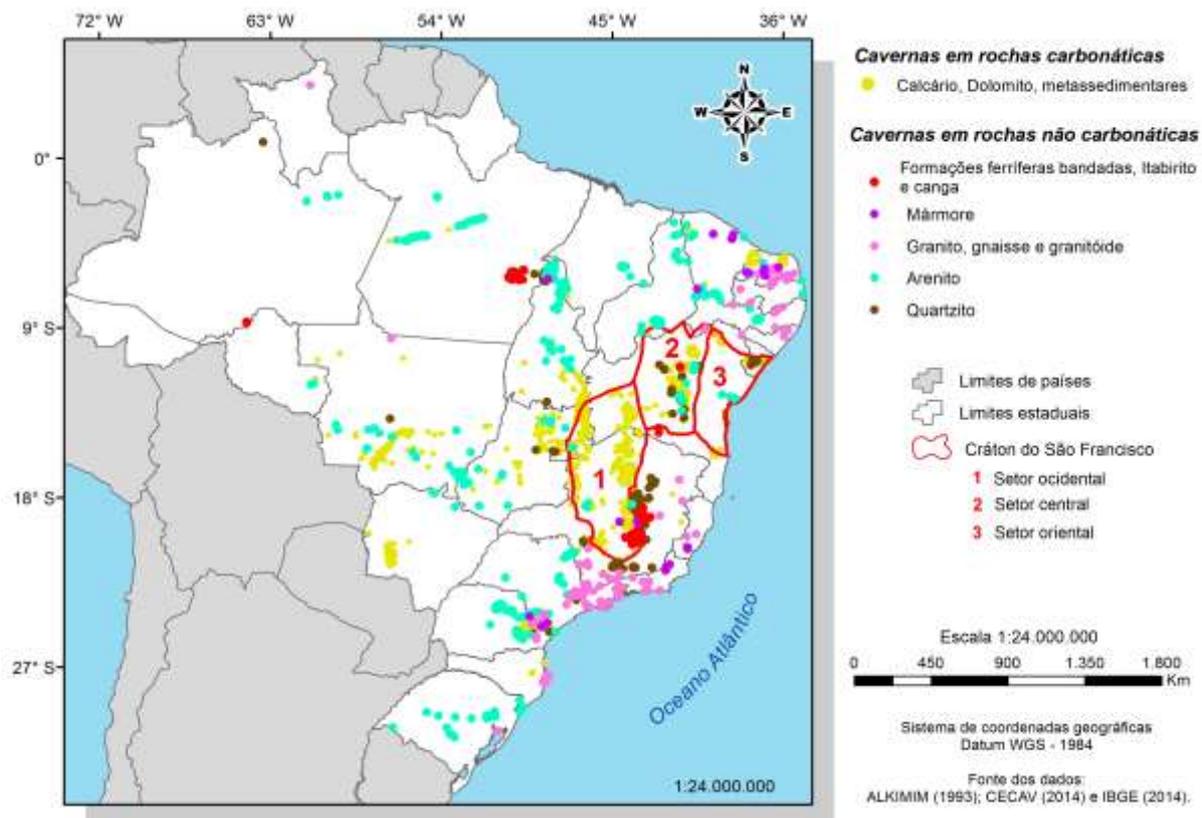


Figura 1: Distribuição espacial de cavidades em território brasileiro e sua relação litológica. Fonte dos dados: Jansen *et al.* (2012), CECAV (2014) e IBGE (2014). Elaborado pela autora.

Conforme Figura 1, há uma distribuição generalizada de cavidades em território brasileiro, sendo as maiores concentrações em áreas cujo arcabouço litológico é integrado por rochas carbonáticas, mais especificamente na zonalidade que compreende a província geológica do Cráton do São Francisco. Esta província, de acordo com Hasui (2012), é uma unidade geotectônica correspondente a uma bacia sedimentar compartimentada em três setores: ocidental, central e oriental. Tem seus limites marcados pelo contato com os seguintes orógenos: Borborema, ao norte; Faixa Rio Preto, a noroeste; Tocantins a oeste e, Mantiqueira a leste (HASUI, 2012).

Sua sequência estratigráfica é formada por rochas sedimentares do Grupo Bambuí pertencente ao Supergrupo São Francisco e são compostas por calcários, pelitos e dolomitos. Estão dispostas sob o embasamento cristalino que, por sua vez, corresponde a rochas arqueanas de alto grau metamórfico (CODEMIG e CPRM, 2014).

A principal característica de um cráton é sua relativa quiescência tectônica que, no caso do São Francisco, remonta do Éon Proterozoico (HASUI, 2012). Há a presença de lineamentos que correspondem a falhas ou fraturas herdadas da tectogênese das Faixas móveis adjacentes aos limites da porção crustal do cráton. As cavidades e, por ventura, os sistemas cársticos existentes foram formados nessas sequências sedimentares atreladas ao componente morfoestrutural onde a água aproveitou discontinuidades crustais (SILVA, 1995).

Fatores hidrogeológicos são significativos na esculturação das formas do relevo nesse contexto geoambiental. O alinhamento de estalactites no teto reflete aspectos de seu arcabouço litoestrutural (Figura 2) e são indicativos de discontinuidades existentes nas rochas que podem ser derivadas por falhas, fraturas, diaclases ou planos de clivagem (SILVA, 1995). De modo geral são litologias carbonáticas que derivam as maiores galerias, formas e variabilidade de feições.

Para além do cráton do São Francisco e demais áreas compostas por rochas carbonáticas, há cavidades desenvolvidas em formações geológicas constituídas por rochas ígneas, metamórficas e em outras formações sedimentares como arenitos. Neste caso, o condicionante morfoestrutural é mais evidenciado ao derivar feições a partir de discontinuidades como fraturas e diaclases. Nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, bem como no Rio Grande do Norte, há cavidades modeladas em rochas do escudo cristalino (granito/gnaiss). Cavidades esculpidas nesse tipo de litologia possuem um aspecto caracterizado por alvéolos graníticos (Figura 3).

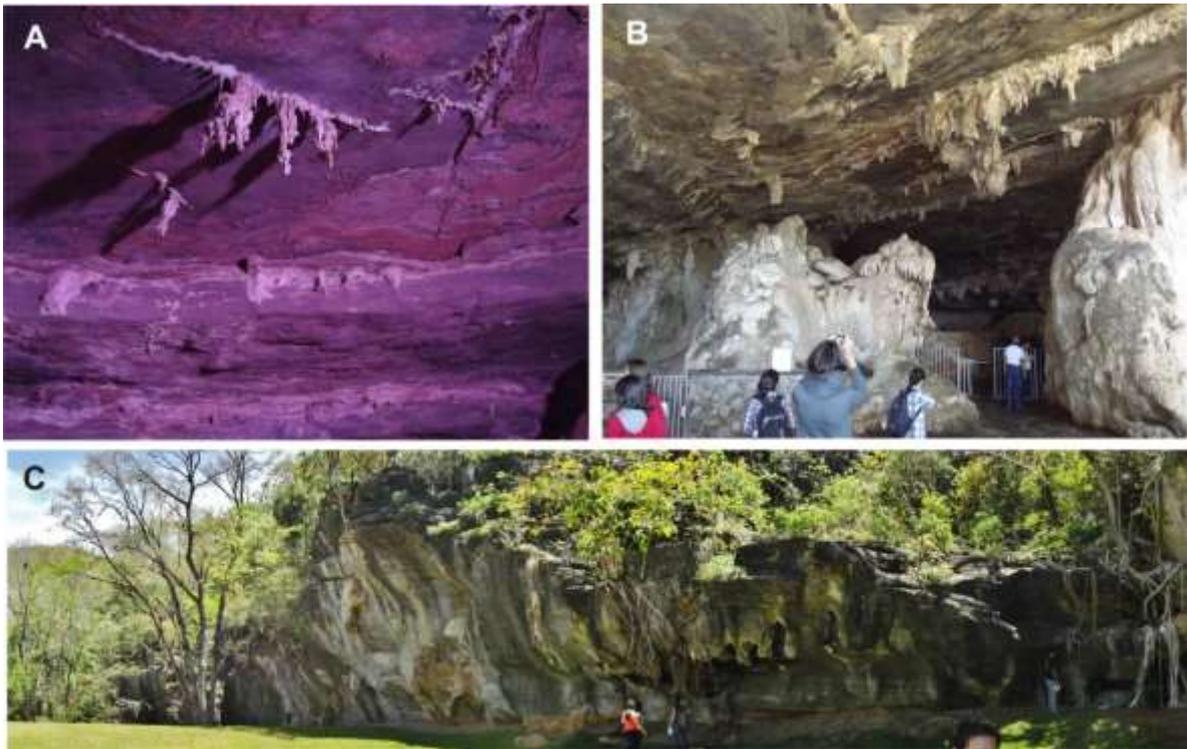


Figura 2: Em A e B seguimentos lineares de estalactites no teto da Gruta de Maquiné em Cordisburgo, em C o maciço rochoso que compreende a Gruta da Lapinha em Lagoa Santa, MG. Fonte: Autora.

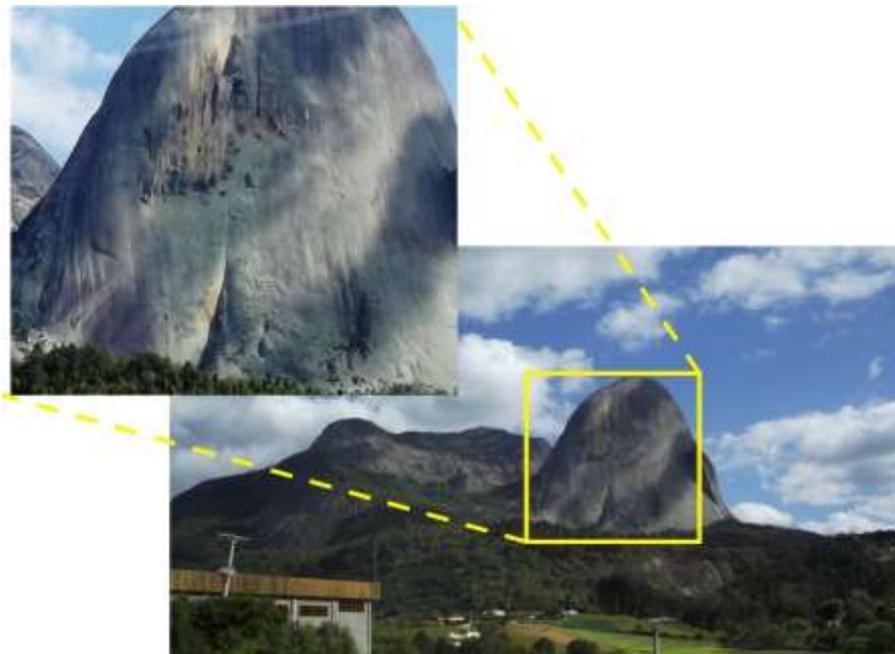


Figura 3: Alvéolos formados em maciço granítico da Pedra Azul próximo de Vitória no estado do Espírito Santo. Fonte: Autora.

Segundo Cordeiro (2014), a alveolização seria o produto da interação de fatores morfoclimáticos referentes a fases de alterações químicas em regime climático tropical úmido

e fases de ablação em clima subtropical seco. Condicionantes morfoestruturais também são responsáveis pela alveolização e correspondem a descontinuidades existentes no maciço granítico oriundas de sua fase de cristalização mineral.

Na porção crustal correspondente à antiga faixa orogênica que hoje representa o Planalto do Espinhaço, em Minas Gerais, há a concentração de cavidades modeladas em rochas siliciclásticas, sobretudo quartzitos (VASCONCELOS, 2014; SOUZA, 2014).

A esculturação dessas formas está associada a alterações químicas da rocha pela hidrólise e posterior remoção mecânica de materiais (VASCONCELOS, 2014). Descontinuidades provenientes de falhas, fraturas, diaclases e zonas de fraqueza derivados de dobramentos são condicionantes morfoestruturais que contribuem à formação das galerias (OSTANELLO *et al.*, 2013).

A Gruta Kiwa (Figura 4) é um exemplo de formação condicionada, sobretudo, pelo componente litoestrutural. Está situada no contexto do Quadrilátero Ferrífero na região de Ouro Preto no Parque Estadual do Itacolomi. Modelada em rochas quartzíticas, possui um desenvolvimento em diagonal de sua principal galeria condicionado por uma extensa fratura (OSTANELLO *et al.*, 2013).

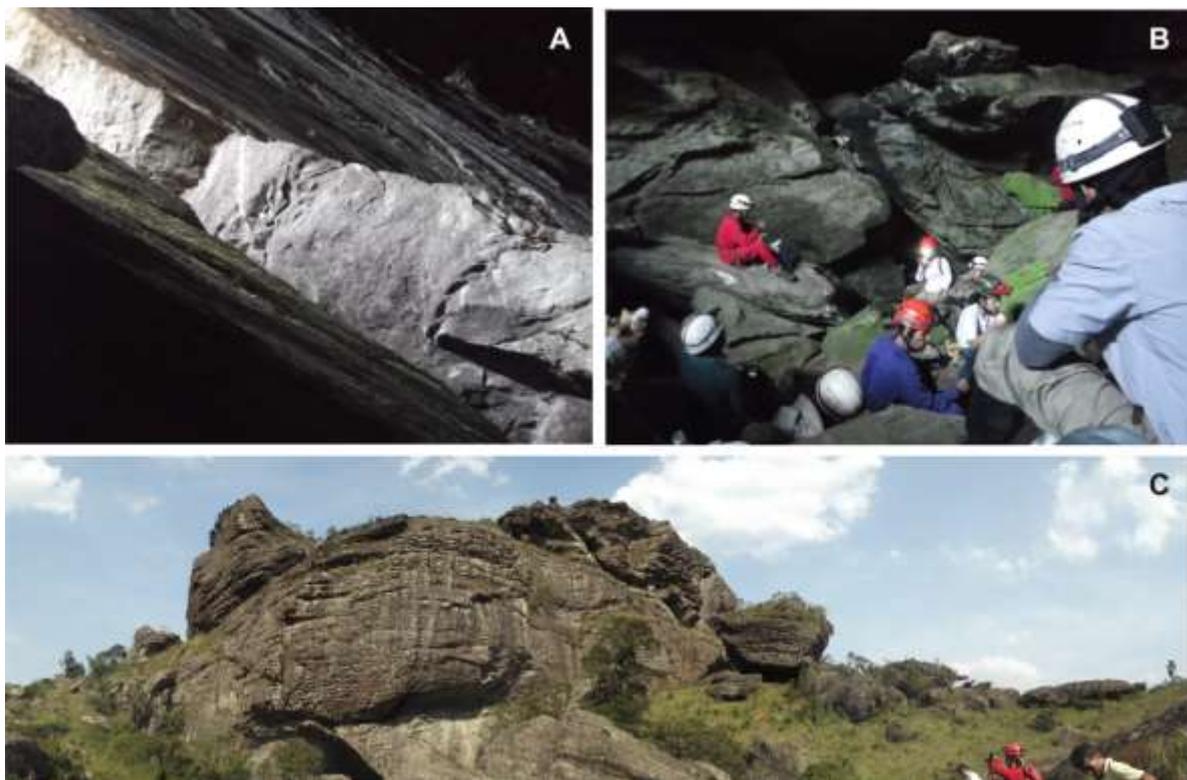


Figura 4: Gruta Kiwa no Parque Estadual do Itacolomi em Ouro Preto, Minas Gerais. Em A vista da entrada da caverna condicionada por uma fratura e em C maciço externo. Fonte:

Autora.

Na região do Quadrilátero Ferrífero revelam-se cavidades desenvolvidas em formações ferríferas bandadas e cangas. Essas cavidades também são encontradas no estado do Pará. O contexto espacial que estas cavidades estão inseridas corresponde a regiões de intensa atividade extrativista de jazidas de minerais como ferro, bauxita, estanho, manganês, prata, ouro, cobre, níquel, dentro outros minerais de alto valor agregado. Devido a esse componente econômico essas cavidades possuem maiores pressões e dificuldades quanto a sua preservação (PEREIRA *et al.*, 2012).

Dutra (2013) e Pereira *et al.* (2012) atribuem a morfogênese dessas cavidades derivada de processos mecânicos de desagregação de blocos e por erosão no contato entre concreções de ferro e sua rocha subjacente que, por processos mecânicos, resulta na desagregação de materiais. Nesse tipo de cavidade, isto é, em contexto de formações ferríferas, as dimensões são consideravelmente menores quando comparadas a cavidades formadas em rochas carbonáticas (Figura 5). O maior desenvolvimento horizontal desse tipo de cavidade, no contexto do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, possui 300 metros e se encontra na Serra da Piedade na qual é chamada de Gruta Piedade (PEREIRA *et al.*, 2012).

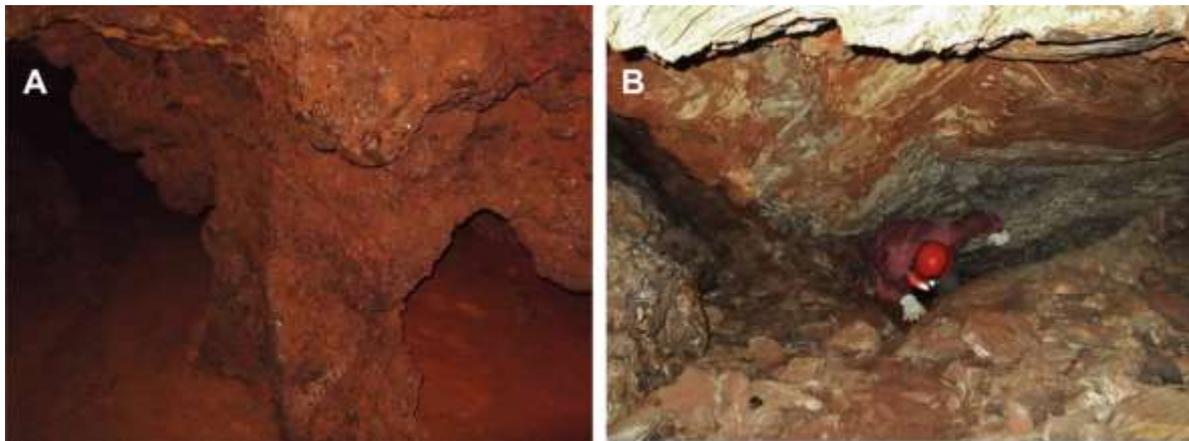


Figura 5: Cavidades em concreções ferríferas na Serra da Piedade em Caeté, Minas Gerais.

Fonte: Autora.

Cavidades em arenitos se expressam generalizadamente por diversas partes do território brasileiro, dentre elas, nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, Mato Grosso, Tocantins e Piauí (Figura 1). Morais e Rocha (2011) apresentam o intemperismo químico, erosão por corrasão, fragmentação da rocha e movimentos de massa gravitacionais como elementos responsáveis pela esculturação de cavernas em arenitos.

Os autores mencionados identificaram na região do Tocantins diversas cavernas areníticas. Essas cavernas estão dispostas sobre o arcabouço morfoestrutural da bacia sedimentar do Parnaíba cujo modelado do relevo corresponde ao conjunto de feições do Planalto Residual do Tocantins, conforme o mapa de unidades de relevo do IBGE (2006). Em linhas gerais, a bacia sedimentar do Parnaíba onde os autores identificaram as cavernas é formada pelo Grupo Canindé, este composto por arenitos de granulometria fina a grossa, siltitos foliáceos ferruginosos, argilitos e níveis conglomerados (MORAIS e ROCHA, 2011).

Na região Norte no estado do Amazonas também dispõe-se uma sequência linear de cavidades desenvolvidas em arcabouço litológico arenítico. Na região Centro-Oeste, no estado do Mato Grosso, Hardt (2009) identificou cavernas desenvolvidas em arenitos e indica a presença de diaclases e contatos litológicos que condicionam a esculturação das galerias (Figura 6).

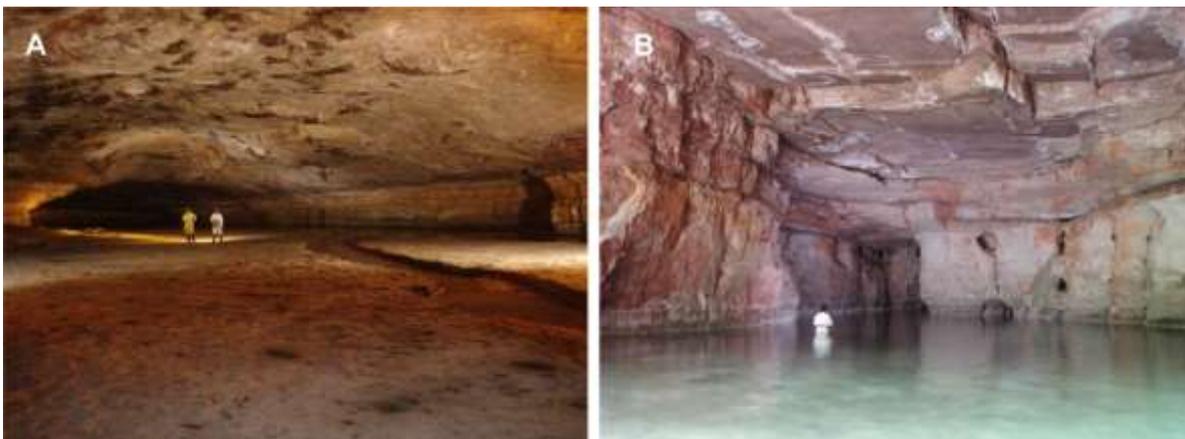


Figura 6: Caverna em litologia arenítica no Mato Grosso. Em A galeria da caverna Lago Azul, em B detalhe para planos de estratificação marcadas nas rochas. Fonte: Hardt (2009).

Hardt (2009) identificou, também, cúpulas de dissolução em alguns condutos, isto é, condutos completamente inundados que favorecem a dissolução geoquímica do teto rochoso. Frisa-se que no Mato Grosso está presente a maior caverna arenítica do Brasil - Arôe-Jari - na qual possui cerca de 1.400m de projeção horizontal situada na Chapada dos Guimarães. Borghi e Moreira (2012) identificaram um possível processo de *piping* responsável por modelar seus condutos. Por *piping*, conforme Augustin e Aranha (2006), entende-se como um processo geomorfológico erosivo subsuperficial no qual formam-se dutos por meio do carreamento de materiais em solução.

No estado do Rio Grande do Sul, estado este que também ocorrem cavernas areníticas, Robaina e Bazzan (2006) também identificaram diaclases como elemento estrutural condicionante na formação de condutos, bem como planos de estratificação litológica.

A importância ambiental dessas cavernas em arenito, para além de suas particularidades geológico-geomorfológicas, também se deve à presença recorrente de pinturas arqueológicas. Pinturas estas que foram encontradas no Tocantins por Morais e Rocha (2011) e no Rio Grande do Sul por Robaina e Bazzan (2006).

Cavernas em mármore também estão catalogadas pelo CECAV (2014), essas estão dispostas de forma pontual nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Piauí, Pernambuco e Rio Grande do Norte (Figura 1). Em Minas Gerais a aproximadamente 100 km de Belo Horizonte na borda oeste quartzítica da Serra do Cipó, Stávale (2012) identificou uma concentração de cavidades modeladas em mármore. O maciço modelado em mármore é mostrado na Figura 7.



Figura 7: Morro da Pedreira próximo da Serra do Cipó em Minas Gerais. Em A e B, conforme Silva (2011), maciços que compreendem cavidades em mármore. Fonte: Autora.

Souza (2011) atribui a formação dessas cavidades a atributos geológicos e o tipo de sistema de recarga. Neste contexto, há forte condicionante estrutural que favorece a circulação hídrica no interior do maciço favorecendo o processo de dissolução geoquímica das rochas. Adjacente a essa zona de cavidades em mármore se localiza um extenso planalto que forma a Serra do Espinhaço Meridional em Minas Gerais. Este planalto, por sua vez, representa um forte gradiente hidráulico e contribui para o fornecimento hídrico nesse maciço de mármore, responsável por intensificar seu processo de carstificação.

Dentre as mais variadas configurações espaciais do território brasileiro e múltiplas formas subsuperficiais que podem ser esculpidas, podem ser apresentadas uma série de

potencialidades de investigação que favorecem tanto a perspectiva científica de subsídio, como aplicações práticas de planejamento, gestão e conservação do meio ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Registrar, reconhecer e investigar as formas esculturadas, sobretudo, em subsuperfície nos mais variados contextos ambientais do território brasileiro permitem maior compreensão de seu quadro geodinâmico, que, por sua vez, contribui ao planejamento e gestão dos recursos naturais. Os estudos sobre tais cavidades, estas formadas a partir de processos hidrodinâmicos e geoquímicos, estejam elas modeladas em litologias carbonáticas ou não, representam importante contribuição para os mais variados seguimentos científicos e técnicos. Ressalva-se que apesar de diferentes perspectivas sobre a definição do conceito de carste, o meio teórico/conceitual e os principais fundamentos estruturadoras na Geomorfologia são alicerce para a condução do saber científico atribuído aos estudos da formação de cavidades.

Da perspectiva do conhecimento, a investigação dessas diversas cavidades é um auxílio à compreensão do quadro geomorfológico e particularidades quanto a sua morfodinâmica ou mesmo pistas de sua morfogênese, isto é, a compreensão de fenômenos que interferem nas atividades humanas ou registros de um passado pretérito. Também é uma maneira de reconhecimento territorial do país que permite a preservação, por exemplo, de fauna e flora endêmica ou do estudo sobre múltiplas variações de temperatura em subsuperfície. O comportamento hidrogeológico, ou seja, o caminho que a água perfaz pela porosidade primária e secundária das rochas, tem as cavidades como elemento que auxilia nas investigações.

Os reflexos para a sociedade também podem indicar a prevenção a desastres naturais decorrentes de processos morfodinâmicos como abatimentos de terreno. Fenômeno este característico de áreas de cársticas em rochas carbonáticas. Pelo reconhecimento territorial é possível melhor definição e delimitação de áreas de proteção ambiental quanto ao que seja prioritário preservar. Bem como aproveitamento do potencial da oferta ecoturística pelas belezas cênicas que condutos subterrâneos possam formar ou mesmo pela rusticidade de determinados ambientes.

O conteúdo de base produzido no meio principalmente acadêmico e universitário é um tipo de conhecimento que não se distancia, ou pelo menos não deveria, tão enormemente das práticas à sociedade. Por exemplo, a evolução paleogeográfica de determinado ambiente, no qual o resultado dessa investigação possa ser subsídio à maneira como a sociedade ocupa e

utiliza seu espaço. Quer dizer que enquanto o sujeito objetiva tentar compreender o modo como seu objeto evoluiu em uma dada escala espaço-temporal, isto pode indicar o quanto um determinado ambiente resguarda registros de tempos passados e indicar potencialidades bióticas ou abióticas e particularidades únicas.

É esta via de mão-dupla que este trabalho pretende apontar, ou pelo menos tentar, a aproximação do conhecimento de base com reflexos diretamente para a sociedade nos mais variados âmbitos como a exploração, preservação ou reconstituição de um dado ambiente. O termo carste que, por vezes, é massivamente associado a um tipo de sistema típico de rochas carbonáticas, para este trabalho revela-se como um conceito que não necessariamente deva ser seguido para caminhar com as discussões sobre feições esculpidas. A maior contribuição deste estudo é indicar a importância tanto científica quanto cotidiana de serem investigadas as feições escuradas nos mais variados contextos geoambientais no Brasil.

Trabalho enviado em Junho de 2016
Trabalho aceito em Novembro de 2016

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTIN, C.H.R.R.; ARANHA, P.R.A. *Piping* em área de voçorocamento, noroeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.7, n.1. p. 9-18, 2006.

BARROS, P.H.C.A. **Controvérsias Geomorfológicas: Dialética Entre Teoria E Produção Do Conhecimento – As Múltiplas Perspectivas Do Pensar E Fazer Geomorfologia**. 2013. 140 f. Tese (Doutorado em Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

BORGHI, L.; MOREIRA, M. I. C. Caverna Aroe Jari, Chapada dos Guimarães, MT - Raro exemplo de caverna em arenito. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (Edits.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v.01, p. 481-489, 2002. Disponível em <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio030/sitio030.htm>> Acesso em: 12 jan. 2015.

CELET, P. The Dinaric and Aegean arcs: The geology of the Adriatic. In NAIRN, A.E.M.; KANES, W.H.; STEHLI, F.G. **The Ocean Basins and Margins**. New York and London: Plenum Press. Cap. 5, p. 215-257, 1977.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS - CECAV. **Base de dados geoespacializados das cavernas do Brasil**. 2014. Disponível em <www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>. Acesso em: 5 Jan. 2015.

CHEREM, L.F.S.; VARAJÃO, C.A.C.; SALGADO, A.A.R.; VARAJÃO, A.F.D.C.; BRAUCHER, R.; BOULÉS, D.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.; NALINI JÚNIOR, H.A. Denudação química e rebaixamento do relevo em bordas interplanálticas com substrato granítico: dois exemplos no SE de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13. n.1. p. 73-84, 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999

CVIJIC J. La Geographie des Terrains Calcaires. **Académie Serbe des Sciences et des Arts**. Belgrado, 212 p. 1960.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS – CODEMIG; COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**, 2014, Escala 1:1.000.000.

CORDEIRO, A.M.R. Os alvéolos graníticos do Portugal Central: morfogênese e análise tipológica do modelado de degradação das superfícies aplanadas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n. 4, p. 601-618, 2014.

DAVIS, W. M. The Geographical Cycle. **The Geographical Journal**: Blackwell, v. 14, n. 5. P. 481-504, 1899. Disponível em: <http://www.ugb.org.br/home/artigos/classicos/Davis_1899.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

DUTRA, G.. Síntese dos processos de gênese de cavidades em litologias de ferro. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE

ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. **Anais...** Campinas: SBE, 2013. p.415-426. Disponível em: <www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_415-426.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2015.

FORD, D. Jovan Cvijic´ and the founding of karst Geomorphology. **Environ Geology**, v. 51, p. 675-684, 2007.

HARDT, R. Caracterização morfológica das cavernas Aroê-Jari, Lago Azul e Kiogo-Brado – MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009. **Anais...** Montes Claros, p. 95-100.

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

HASUI, Y. Cráton do São Francisco. In: HASUI, Y.; . São Paulo: Beca, Cap. 4. P. 200-227, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de Unidades de Relevo do Brasil**. [Rio de Janeiro]. Escala 1:5.000.000, 2. ed. 2006. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/relevo_2006.pdf> Acesso em 21 fev. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; BARTONELLI. **A Geologia do Brasil** – IBGE. Tamanho do Brasil. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em 12 ago. 2016.

JANSEN, D.C.; CAVALCANTI, L.F.; LAMBLÉM, H.S. Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v.2, n.1, p. 42-57, 2012.

KRANJC, A. Kras – Classical Karst (Slovenia – Italy). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7., 2006, Goiânia. **Anais...** UFG, p. 1-1. Disponível em: <www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/232.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2015.

MORAIS, F. ROCHA, S. Cavernas em arenito no Planalto Residual do Tocantins. **Espeleo-Tema**, v.22, n.1, p. 127-137, 2011.

OSTANELLO, M.C.P.; DANDARFER, A.; CASTRO, P.T.A.; Caracterização de lugares de interesse geológico e trilhas geoturísticas no Parque Estadual do Itacolomi – Ouro Preto e Mariana, Minas Gerais. **Geociências**: São Paulo, UNESP, v. 32, n.2, p.286-297, 2013.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 3º Ed. 1983. 185p. (Biblioteca Geográfica Brasileira, 3).

PEREIRA, M.C.; RODET, J. 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. 465-478, 2012.

PILÓ, L. B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.1, n1, p. 88-102, 2000.

ROBAINA, L. E. S.; BAZZAN, T. Cavernas em Arenito: Oeste do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA e I.A.G CONFERÊNCIA REGIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. **Anais...** p. 1-9.

SHOBBENHAUS,C. CAMPOS,D.A. A evolução da Plataforma Sul-Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. In: SHOBBENHAUS,C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS,H.E. coords. 1984. **Geologia do Brasil. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais**. Escala 1:2.500.000, Brasília: DNPM, p.9-53.

SILVA, A.B. **Hidrogeologia de Meios Cársticos**. Cap. 3.2, 1995. Disponível em: <www.nehma.ufba.br/cursos/apostilas_monografia/Graduacao/LIVROtexto.pdf> Acesso em: 15 fev. 2015.

SOUZA, F.C.R.; Caracterização de cavidades desenvolvidas em quartzito na região sudeste de Diamantina/MG. **Caderno de Geografia**, v.24, n.42, p. 20-38, 2014.

SOUZA, T.A.R. **O carste em mármore na borda oeste da Serra do Cipó, MG: investigações acerca da morfodinâmica cárstica**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

STÁVALE, Y.O. **Espacialização do patrimônio espeleológico da reserva da biosfera Serra do Espinhaço: geossítios selecionados e sua importância para a geoconservação**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

TRAVASSOS, L.E.P.; VARELA, I.D. Aspectos legais do uso da água em regiões cársticas. **OLAM – Ciência & Tecnologia**, Rio Claro: São Paulo. v. 8, n. 3, p. 386-400, 2008.

VALADÃO, R. C. **Evolução de longo-termo do relevo do Brasil oriental: desnudação, superfícies de aplainamento e soerguimentos crustais**. 1998, 242 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador. 1998.

VASCONCELOS, A.M.C. **O criptocarste como interface entre o solo e o substrato rochoso: comparação entre os ambientes siliciclásticos e o carbonático na região entre Rodeador e Diamantina – MG**. 2014. 151 f. Tese (Doutorado em Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.